

EĞİTİM YAPILARINDA AYDINLATMA DÜZENLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK BİR ÖNERİ

Kasım ÇELİK¹

Rengin ÜNVER²

¹Çukurova Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 01330, Sarıçam, Adana
²Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 34349, Beşiktaş, İstanbul
¹e-posta: kcelik@cu.edu.tr ²e-posta: runver@ytu.edu.tr

ÖZET

Fiziki açıdan gerekli konfor koşullarını yerine getiremeyen eğitim yapıları daha fazla enerji tüketimine ve aynı zamanda eğitim programı uygulamalarının da aksamasına neden olmaktadır. Türkiye’de 2018 verilerine göre ilk, orta, lise olmak üzere yaklaşık 55 bin okul binası bulunmakta olup bunların birçoğu 2000 yılından önce inşa edilmiş ve artık ekonomik ömürlerini doldurmak üzere olan yapılardır. Söz konusu yapıların yenilenerek çağın şartlarına uygun hale getirilmeleri gereklidir. Bu bildiriye, okul binalarının aydınlatma düzenlerinde gerçekleştirilecek iyileştirme (retrofit) çalışmalarından önce yapılması gereken işlemlere ilişkin bazı öneriler sunulmuştur. Söz konusu öneriler iyileştirme işlemlerinin gerçekleştirilme süreleri göz önüne alınarak kısa, orta ve uzun vadeli dönemler olarak üç bölümde ele alınmış ve bu dönemlerde yapılacak iyileştirme sistematiği ile tasarımcı ve uygulayıcılara örnek oluşturmak hedeflenmiştir.

Anahtar Sözcükler: İyileştirme, Retrofit, Aydınlatma, Eğitim yapıları.

1. GİRİŞ

Okulların fiziksel olanaklarını iyileştirmek, eğitim faaliyetlerinin yerine getirilmesi ve öğrencilerin akademik başarısının artırılması açısından en önemli konulardan biridir. Gerekli çevresel koşulları sağlayamayan okullar, öğrenciler için hazırlanan eğitim programlarını olumsuz etkileyerek öğrencilerin akademik başarısının düşmesine neden olabilir. Okul binaları iç ve dış ortamları ile birlikte öğrencilerin gelişimine olumlu katkı sağlayacak, aynı zamanda öğrencilerin ve öğreticilerin gitmekten memnun olacakları bir biçimde ele alınmalı, tasarlanmalı ve inşa edilmelidir. Okulların fiziksel olanaklarının daha iyi duruma getirilmesi iyi bir eğitim için öncelik olmalıdır.

Fiziksel konfor koşullarının yanında okulların yapay aydınlatma için harcadıkları enerji de düşünülmesi

gereken başka bir önemli konudur. Kamu yapıları içinde en fazla üretilen yapı tiplerinden biri olan okul binaları, kullanım sıklıkları ve kullanıcı sayıları nedeniyle önemli bir enerji tasarruf potansiyeline sahiptir. Tüklenen doğal kaynaklarla beraber sürdürülebilir tasarımların öneminin her geçen gün arttığı günümüzde, okul aydınlatma sistemlerinin de sürdürülebilirlik çerçevesinde tasarlanması ve iyileştirilmesi gereklidir. Ayrıca, sürdürülebilirlik bilincinin genç nesillere aktarılması açısından da benzer çalışmaların okullarda yapılması öğrencilere örnek olması ve bilinçli nesiller yetiştirilmesi açısından da faydalı olacaktır.

Bu çalışmada, okullardaki aydınlatma sistemlerindeki iyileştirme (retrofit) işlemlerinin, standartlarda yer alan aydınlatma ölçütleri göz önünde tutularak belirli zaman aralıklarında gerçekleştirilmesini sağlayacak öneriler sunulmuş ve örnek bir derslik üzerinden

söz konusu öneriler sınanmıştır. Çalışmanın amacı, eğitim yapılarındaki aydınlatma düzenlerinin iyileştirme işlemlerinin sistematik bir şekilde gerçekleştirilmesi konusunda, ilgili meslek gruplarındaki kişi ve kurumlara yardımcı olması olarak özetlenebilir.

2. AYDINLATMA SİSTEMLERİNDE İYİLEŞTİRME (RETROFİT)

Dünyadaki fosil yakıtların azalması, dünya nüfusundaki artış ve teknolojik gelişmelerle birlikte enerji ihtiyacının sürekli artması her yıl enerji açığı miktarını artırmaktadır. Günümüzde konutlarda harcanan elektrik enerjisinin yaklaşık %12'si, konut dışı kullanımlarda ise %25-%40'ını yapay aydınlatma için tüketilen enerji miktarı oluşturmaktadır [1]. Yapay aydınlatma için harcanan enerji ise küresel elektrik tüketiminin yaklaşık olarak % 19'unu oluşturmaktadır [2]. Aydınlatma alanındaki teknolojinin gelişmesi ve kullanıcı sayısının artmasıyla, bu alandaki tüketimin ilerleyen yıllarda daha da artması beklenmektedir. Bu nedenle, yapay aydınlatma için tüketilen enerjiyi azaltmak için yapılarındaki sistemleri iyileştirerek enerjiyi daha etkin bir biçimde kullanan sistemlere yer verilmesi güncel bir konu haline gelmiştir.

Binalardaki aydınlatma sistemleri, sahip olduğu enerji tasarruf potansiyelinden dolayı, iyileştirme (retrofit) konusunda en önemli uygulama alanlarından biridir. Bu konuda yapılan çalışmalar enerji-etkin aydınlatma sistemlerine yapılan yatırımların, enerji verimliliğini artırmak ve CO₂ emisyonlarını azaltmak için en uygun maliyetli yollardan biri olduğunu göstermektedir [3]. Aydınlatma alanındaki retrofit uygulamaları kolay uygulanabilir ve ekonomik anlamda geri dönüş hızının

yüksek olmasına rağmen, özellikle ülkemizde yeterince önemsenmemektedir.

Krarti, Erickson & Hillman'a göre, aydınlatma sistemindeki iyileştirme uygulamaları, geri ödeme süresinin kısa olması nedeniyle, diğer alanlardaki iyileştirme uygulamalarına göre daha az maliyetle daha fazla etkiye sahiptir [4]. İyileştirme uygulamaları ile kullanılacak yeni aydınlatma teknolojileri aracılığıyla görsel konforun sağlanması, yapay aydınlatmadan doğan elektrik ve bakım giderlerinin en aza indirgenmesi hedeflenmektedir. Krarti vd. tarafından iyileştirme uygulamalarının sahip olduğu güçlü, zayıf yanlar, fırsatlar ve potansiyel tehditler (SWOT analizi) Tablo 1.'de sunulmuştur.

Tablo 1. Retrofit SWOT analizi [4]

| | |
|---------------------|---|
| Güçlü yanlar | -Yeni aydınlatma teknolojileri ve kontrol sistemleriyle elde edilebilecek yüksek orandaki enerji tasarrufu -Sistemin geri ödeme süresinin kısa olması -Diğer retrofit konuları ile karşılaştırıldığında aydınlatma alanında daha az müdahale ile daha fazla verim elde edilmesi |
| Zayıf yanlar | -Bazı alanlardaki bilgi eksikliği ve deneyimsizlik (aydınlık düzeyinin düşürülmesi, işleve göre aydınlatma yapılmaması, vb.) -Bazı durumlarda kesin olarak tasarruf potansiyelinin belirlenememesi ve kimi kontrol sistemlerinin güvenilirliğinin az olması (kullanım süresi, loşlaştırma vb.) |
| Fırsatlar | -Mevcut binaların zamanla yenilenerek enerji tüketiminin azaltılması ve çevresel sürdürülebilirliğin desteklenmesi -Görsel konforla birlikte iç ortam kalitesini geliştirme ve modernize etme ihtiyacı -Gelişmiş ülkelerdeki mevcut aydınlatma tesisatlarının eskimesi |
| Tehditler | -Yapay aydınlatma için harcanan enerjinin 2030 yılında %40 artma potansiyeli -Tüketici giderlerinin düşmesi ile ortaya çıkabilecek tüketim artışı (Rebound effect) |

Aydınlatma sistemlerindeki iyileştirme işlemlerini gerçekleştirmeden önce mevcut durumun iyi tanımlanması, çözüm önerilerinin ona göre belirlenmesi gereklidir. Doğru planlanmadan baştan yanlış atılacak

adımlar iyileştirme işleminden beklenen verimi sağlamasını engelleyebilir.

3. EĞİTİM YAPILARINDA İYİLEŞTİRME ÖNERİSİ

Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2018 verilerine göre ülkemizde Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı 55 bin ilk, orta ve

lise binası bulunmaktadır (Tablo 2). Bu okulların yaklaşık olarak %75'i, 20 yıl ve daha öncesinde inşa edilmiştir. Dolayısıyla, bazı okulların aydınlatma sistemlerinde yapım yıllarına paralel olarak hala güncel olmayan teknolojileri kullanılmakta veya yeterli iyileştirme ve bakım çalışmaları yapılmamaktadır.

Tablo 2. Türkiye İstatistik Kurumu 2018 eğitim istatistikleri [5]

| Eğitim-öğretim dönemi | Okul sayısı (İlk+Orta+Lise) | Derslik sayısı (İlk+Orta+Lise) | Öğrenci sayısı (İlk+Orta+Lise) |
|-----------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 2012-2013 | 56 574 | 489 070 | 16 156 519 |
| 2013-2014 | 56 506 | 512 416 | 16 473 493 |
| 2014-2015 | 53 574 | 537 114 | 16 403 328 |
| 2015-2016 | 54 415 | 593 563 | 16 379 852 |
| 2016-2017 | 54.434 | 615.157 | 16.376.815 |
| 2017-2018 | 55.495 | 642.213 | 16.384.160 |

Okul binalarının sayısı ve öğrenci nüfusu düşünüldüğünde, etkilediği çevrenin ne kadar büyük olduğu anlaşılmaktadır. Bu anlamda, eğitim yapılarının enerjisi etkin kullanmasını ve fiziki konfor koşullarının iyileştirilmesini sağlayacak çalışmalar önem kazanmaktadır.

Bu bağlamda ülkemizdeki eğitim yapılarının aydınlatma düzenlerindeki sorunlara çözüm üretilmesinde yardımcı olacak bir iyileştirme öneri takvimi oluşturulmuştur. İyileştirme önerileri hazırlanırken aydınlatma standartları ve yönetmelikler açısından eğitim mekanları için gerekli olan;

• **Görsel konfor ölçütleri** (aydınlık düzeyi (E), aydınlığın düzgün dağılımı (U₀) ve kamaşma (UGR)),

• **Enerji tüketimi** (W/m², W/m²/100 lx)

parametreleri dikkate alınmıştır. Söz konusu parametreler ve çeşitli kısıtlamalar (süre, maliyet, yapısal vb.) göz önünde tutularak bazı iyileştirme önerileri oluşturulmuştur. İyileştirme işlemlerinin uygulama süreleri dikkate alınarak “kısa (≤15 gün), orta (≤90 gün) ve uzun vadeli (>90 gün) iyileştirmeler” başlıkları altında doğal ve yapay aydınlatma ile mekan özellikleri için kurgulanan öneriler Tablo 3.'te sunulmuştur. Bu öneriler ülkemizdeki okul eğitim dönemleri (ara tatil, yaz tatili vb.) dikkate alınarak oluşturulmuştur [6].

Tablo 3. Aydınlatma ölçütleri açısından iyileştirme önerileri

| | Uygulama süreleri | Ölçütler | | | |
|-------------------|---------------------------------------|--|---|---|--|
| | | Aydınlık Düzeyi (E) | Aydınlığın dağılımı (U ₀) | Kamaşma (UGR) | Enerji tüketimi (W/m ²) |
| Doğal Aydınlatma | Kısa vadeli iyileştirmeler (≤ 15 gün) | -Pencerelerin bakımı ve temizlenmesi -Yapı dışındaki bitkilerin budanması | -Tefriş düzeninin değiştirilmesi | -Yapı içi güneş kontrol elemanlarının (Perde ve jalu vb.) eklenmesi | -Pencerelerin bakımı ve temizlenmesi -Yapı dışındaki bitkilerin budanması |
| | Orta vadeli iyileştirmeler (≤ 90 gün) | -Cam ve doğramalarının iyileştirilmesi | -Işık rafı vb. elemanların kullanımı | -Cepheye güneş kontrol elemanlarının eklenmesi | -Cam ve doğramaların değişimi |
| | Uzun vadeli iyileştirmeler (> 90 gün) | -Pencerelerin boyut, konum, sayısı vb. özelliklerin yeniden düzenlenmesi -Yapı kabuğu ve saydam alanların yeniden tasarımı/değiştirilmesi | | | |
| Yapay Aydınlatma | Kısa vadeli iyileştirmeler (≤ 15 gün) | -Lamba ve aygıtların bakımı ve temizlenmesi -Lamba değişimi (lm/W, renk vb açılardan) | -Aygıt değişimi (Işık yeğinlik diyagramı açısından) -Aygıt değişimi (Yansıtıcı, montaj tipi vb. açısından) -Tefriş düzeninin değiştirilmesi | | -Lamba ve aygıt bakımı ile temizlenmesi -Lamba ve aygıt değişimi |
| | Orta vadeli iyileştirmeler (≤ 90 gün) | | -Lamba ve aygıt türlerinin değişimi -Aygıtların konumunun değişimi | | |
| | Uzun vadeli iyileştirmeler (> 90 gün) | | -Aydınlatma sisteminin yeniden tasarımı | | |
| Mekan Özellikleri | Kısa vadeli iyileştirmeler (≤ 15 gün) | -İç yüzeylerin temizlenmesi, boyanması, tefriş düzeninin değiştirilmesi | | | |
| | Orta vadeli iyileştirmeler (≤ 90 gün) | -İç yüzey ve kaplamaların ışık yansıtma çarpanlarının düzenlenmesi | -Aydınlatma sisteminin çalışma düzenine göre kurgulanması | -İç yüzey ve kaplamaların ışık yansıtma çarpanlarının düzenlenmesi -Aydınlatma sisteminin çalışma düzenine göre kurgulanması | |
| | Uzun vadeli iyileştirmeler (> 90 gün) | -İç mekanın yeniden tasarımı | | | |

Sunulan iyileştirme önerileri çerçevesinde görsel konfor anlamında oluşabilecek sorunlara çözümler sunarak, belirlenen zaman aralıklarında bu sorunlara sistematik çözümler üretebilmek amaçlanmıştır.

4. ÖRNEK ÇALIŞMA

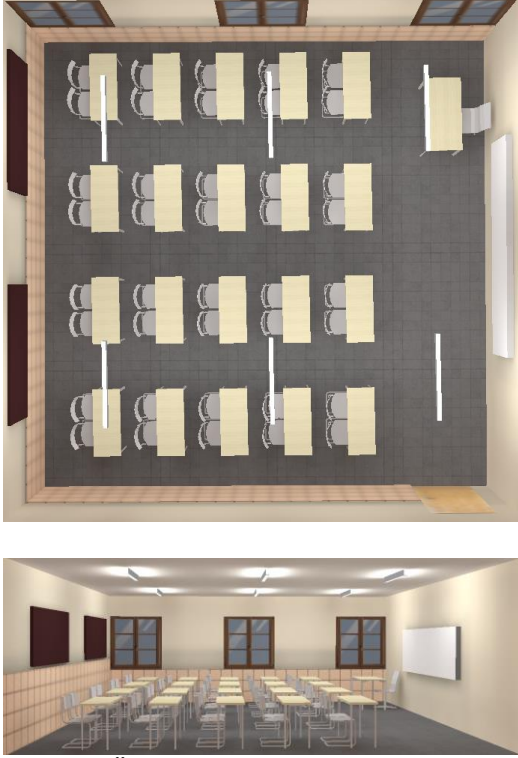
İyileştirme önerilerinin test edilebilmesi için mevcut bir tip ortaokul dersliği Dialux 4.13 aydınlatma simülasyon

programında modellenerek gerekli hesaplamalar yapılmıştır. İyileştirme yapılacak örnek dersliğe ilişkin aydınlatma düzeni oluşturulurken Tablo 2’de yer alan “kısa vadeli (<15 gün)” öneriler dikkate alınmıştır. Bu bağlamda, kısa vadeli iyileştirmeler için uygulanan işlemler Tablo 4.’te sunulmuştur.

Tablo 4. Kısa vadeli aydınlatma iyileştirme önerileri

| | | Kısa vadeli iyileştirmeler (<15 gün) | | |
|----------|---------------------------------------|--------------------------------------|---|---|
| | | Doğal Aydınlatma | Yapay Aydınlatma | Mekan özellikleri |
| Ölçütler | Aydınlık düzeyi (E) | -Pencerelerin bakımı, temizlenmesi | -Lamba ve aygıtların bakımı ve temizlenmesi -Lamba değişimi (lm/W açısından) | -İç yüzeylerin temizlenmesi, boyanması, -Tefriş düzeninin değiştirilmesi |
| | Aydınlığın dağılımı (U ₀) | -Tefriş düzeninin değiştirilmesi | -Aygıt değişimi (Işık yeğinlik diyagramı açısından) | |
| | Kamaşma (UGR) | - | - | |
| | Enerji tüketimi (W/m ²) | -Pencerelerin bakımı, temizlenmesi | -Lamba ve aygıt bakımı ile temizlenmesi -Lamba değişimi (lm/W açısından) | |

Söz konusu örnek dersliğe ilişkin görseller Şekil 1.'de sunulmuştur.



Şekil 1. Örnek dersliğe ilişkin görseller

Örnek alınan ortaokul dersliği Milli Eğitim Bakanlığı'nın önerdiği mekan özelliklerine bağlı kalınarak oluşturulmuştur. Dersliğin mevcut durumunun üç yıllık bakım döngüsüne sahip kirlenmiş çalışma ortamı olduğu varsayılmıştır. Buna bağlı olarak sürdürülebilir aydınlatma açısından görsel konfor ve enerji kullanımı konularına yönelik ölçütler dikkate alınarak, doğal ve yapay aydınlatmaya yönelik kısa vadeli çözüm önerileri üretilmiştir.

Örnek derslikte, doğal aydınlatma sisteminin kısa vadeli iyileştirilmesine yönelik olarak, pencere konumları ve boyutları değiştirilmeden;

- Derslik iç yüzeylerinin boyanarak ışık yansıtma çarpanı değerlerinin yükseltilmesi,

- Pencerelerin temizliğinin yapılarak camın ışık geçirme çarpanı ve sistem bakım çarpanının yükseltilmesi işlemlerinin yer aldığı bir seçenek (D1) oluşturulmuştur.

Doğal aydınlatma sistemi için örnek dersliğin mevcut durumu ve oluşturulan iyileştirme önerisi Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5. Mevcut durum ve doğal aydınlatma iyileştirme önerisi


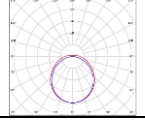
| Özellikler | Mevcut durum | D1 |
|---|----------------------|------------------|
| İç yüzey yansıtma çarpanları (Döşeme/Duvar/Tavan) | 0,20/0,30/0,59 | 0,40/0,60/0,80 |
| Cam ışık geçirme çarpanı (t) | %74 | %80 |
| Tefriş (Sıra düzeni) | 4 sıra | 4 sıra |
| Oda bakım çarpanı | 0,57 (Kirlenmiş oda) | 0,80 (Temiz oda) |

Dersliğin yapay aydınlatma sisteminin kısa vadeli iyileştirilmesine yönelik olarak tefriş düzeni, aygıt konum ve sayıları değiştirilmeden;

- Derslik iç yüzeylerinin boyanarak ışık yansıtma çarpanı değerlerinin yükseltilmesi,
- Yapay aydınlatma sistemi bakım çarpanının yükseltilmesi,
- Aygıt konum ve sayıları değiştirilmeden, lamba ve aygıtların ışıksal özelliklerinin yeniden düzenlenmesi işlemlerinin yer aldığı bir seçenek (Y1) oluşturulmuştur.

Söz konusu yapay aydınlatma önerisinde LED lambalı aygıt kullanılmış olup renksel geriverimi mevcut durumla aynı özelliktedir. Yapay aydınlatma sistemi için dersliğin mevcut durumu ve iyileştirme önerisi Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6. Mevcut durum ve yapay aydınlatma iyileştirme önerisi

| Özellikler | Mevcut durum | Y1 |
|---|---|---|
| İç yüzey yansıtma çarpanları (Döşeme/Duvar/Tavan) | 0,20/0,30/0,59 | 0,40/0,60/0,80 |
| Tefriş (Sıra düzeni) | 4 sıra | 4 sıra |
| Oda bakım çarpanı | 0,57 (Kirlenmiş oda) | 0,80 (Temiz oda) |
| Aygıt adedi | 6 | 6 |
| Aygıt geriverimi | %70 | %100 |
| Lamba türü | Doğrusal Flüoresan | LED |
| Lamba adedi | 12 | 6 |
| Lamba gücü (W) | 2 x 36 W | 45 W |
| Lamba ışık akısı (lm) | 3250 lm | 4800 lm |
| Renksel geriverim (R _a) | 80 | 80 |
| Aygıt türü | Çıplak | Opal yayıcılı |
| Aygıt resmi |  |  |
| Işık yeğinlik dağılımı/aydınlatma biçimi |  |  |
| | Yarı dolaysız | Dolaysız |

5. DEĞERLENDİRME ve SONUÇ

Mevcut durum ve öneri durumların görsel konfor ve enerji kullanımı performansı Dialux 4.13 programı aracılığıyla belirlenmiştir. Oluşturulan iyileştirme önerilerinin görsel konfor ölçütleri (yatay ve dikey aydınlık düzeyi; E_h , E_v , yatay ve dikey aydınlığın dağılım düzgünlüğü; U_h , U_v , kamaşma; UGR) ve enerji kullanımına (W/m^2 , $W/m^2/100 lx$) yönelik hesaplama sonuçları Tablo 7.'de verilmiştir. Derslikteki çalışma alanları yatay ve dikey aydınlık düzeyi ile aydınlığın dağılım düzgünlüğünün değerlendirilebilmesi adına sıra yüzeyi ve tahta yüzeyi olarak iki bölüme

ayrılmıştır. Doğal aydınlatma hesapları İstanbul için 15 Aralık saat 12.00 kapalı gökyüzü durumuna göre gerçekleştirilmiştir.

Tablo 7. Aydınlatma önerilerine ilişkin sayısal sonuçlar

| | Görsel Konfor | | | | | Enerji | |
|-----------------------|---------------|-------|-------------|-------|-----|--------------------|----------------|
| | E_h (lux) | U_h | E_v (lux) | U_v | UGR | Enerji (W/m^2) | $W/m^2/100 lx$ |
| TS EN 12464-1 | 300 | 0,6 | 500 | 0,7 | >19 | - | - |
| Yapay aydınlatma | | | | | | | |
| Mevcut durum | 231 | 0,64 | 142 | 0,76 | 24 | 7,41 | 3,33 |
| Y1 (yapay aydınlatma) | 317 | 0,52 | 191 | 0,72 | 17 | 4,17 | 1,50 |
| Doğal Aydınlatma | | | | | | | |
| Mevcut durum | 127 | 0,11 | 65 | 0,62 | - | - | - |
| D1 (doğal aydınlatma) | 162 | 0,19 | 87 | 0,68 | - | - | - |

Sonuçlar incelendiğinde her iki öneri durumunda (Y1, D1) da yatay ve dikey düzlemdeki aydınlık düzeyi (E_h , E_v) değerlerinin yükseldiği görülmektedir. Yapay aydınlatma için yatay düzlemde aydınlık düzeyi gereken koşulları sağlarken, dikey düzlemde sağlayamamıştır. Doğal aydınlatma açısından gerekli aydınlık düzeyi değerleri hem yatay hem de dikey düzlem için sağlanamamış ama mevcut duruma göre artış göstermiştir.

Mevcut durumdaki aydınlatma düzeni kamaşmaya neden olurken, öneri durumda kamaşma değeri (UGR) izin verilen sınır değerinin altındadır.

Aydınlığın dağılım düzgünlüğü yatay ve dikey (U_h , U_v) çalışma düzleminde sağlanamamıştır.

Ayrıca, m^2 başına harcanan enerji miktarı (W/m^2) ve 100 lux elde etmek için harcanan enerji miktarı ($W/m^2/100lx$), mevcut duruma göre düşüş göstermiştir.

Sonuç olarak kısa vadeli için sunulan önerilerin aydınlık düzeylerinin artırılması, kamaşma değerinin düşürülmesi ve enerji tüketiminin azaltılması adına başarılı sonuçlar

verdiği söylenebilir. Ancak, diğer görsel konfor ölçütlerinin de iyileştirilmesi adına daha kapsamlı bir iyileştirme işlemine gerek duyulduğu açıktır. İyileştirme işlemlerinin sadece aydınlık düzeyinin artırılması ve enerji tüketiminin azaltılması olarak düşünülmemesi ve diğer tüm görsel konfor ölçütlerinin de dikkate alınması gereklidir. Yapılan kabuller kapsamındaki özelliklere sahip bir dersliğin iyileştirilmesi adına diğer iyileştirme öneri adımlarına geçilmelidir. Sonuçlar göz önüne alındığında, sunulan iyileştirme önerilerinin dersliklerdeki aydınlatma koşullarının iyileştirilmesine yönelik olarak sistematik çözümler getirdiği söylenebilir.

KAYNAKLAR

1. International Energy Agency, <http://www.iea.org/topics/electricity/publications/> [Erişim tarihi: 26 Nisan 2019].
2. International Energy Agency (2016). “Daylighting and Electric Lighting Retrofit Solutions”, Berlin.
3. Çelik, K., Ünver, R. (2018). “Retrofit Uygulamalarında Aydınlatma Sistem Seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Yöntemiyle Belirlenmesi”, Multi Congress 2018, 4-5 Mayıs 2018, Çukurova Üniversitesi, ISBN:978-605-288-489-8, Ss:366, Adana.
4. Krarti, M., Erickson P.M, Hillman, T.C., (2005). “A Simplified Method To Estimate Energy Savings of Artificial Lighting Use From Daylighting”, Building and Environment, 40(6): 747-754.
5. Türkiye İstatistik Kurumu, Eğitim İstatistikleri, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1018 [Erişim Tarihi 11 Mart 2019]
6. Çelik, K., (2018). “Eğitim Yapılarında Sürdürülebilir Aydınlatma Tasarımı İçin Bütüncül Bir Yaklaşım”, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
7. TS EN 12464-1, (2011). Işık ve Işıklandırma İş Mahallerinin Aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı Alandaki İş Mahalleri, TS EN, Ankara.
8. DIALux 4.13.0.1, <http://www.dial.de/DIAL/en/dialux-international-download.html>