

Eğitim Yapılarında Sürdürülebilir Aydınlatma Tasarımı Yaklaşımı

Kasım ÇELİK^{*1}, F. Rengin ÜNVER²

¹Çukurova Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Adana
²Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul

Geliş tarihi: 08.07.2019

Kabul tarihi: 30.09.2019

Öz

Bir okul tasarlanırken yalnızca mekan büyüklükleri ve derslik sayıları özelinde kalınmamalı, okulun tüm bileşenleri dikkate alınmalı, aydınlatma başta olmak üzere fiziki konfor koşulları göz önünde tutulmalıdır. Bu çalışmada eğitim yapılarında yer alan mekanların aydınlatma sistemlerinin sürdürülebilirlik çerçevesinde kurgulanması ve yeterlilik durumunun geliştirilen yöntemlerle belirlenmesi, iş akış şemaları ve aydınlatma önerileriyle tasarlanacak veya iyileştirilecek aydınlatma sistemleri açısından tasarımcılara yol gösterecek kılavuz bir çalışma oluşturulması hedeflenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, sürdürülebilir aydınlatma yaklaşımının tasarım ve değerlendirme süreçlerinde yarar sağladığını ortaya koymuştur. Yaklaşımda sunulan iş akış şemaları, kullanılan yöntemler ve hazırlanan değerlendirme araçları ile yeni tasarlanacak ve mevcut eğitim yapılarında sürdürülebilirlik çerçevesinde aydınlatma tasarımı gerçekleştirmenin ve değerlendirmenin olanaklı olduğu ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Aydınlatma, Eğitim yapıları, İyileştirme, Sürdürülebilirlik

Sustainable Lighting Design Approach in Educational Buildings

Abstract

When designing a school, not only the size of the spaces and the number of classrooms should be kept in mind, but also all components of the school should be taken into account and physical comfort conditions, especially lighting, should be taken into consideration. In this study, it is aimed to create a guideline that will guide the designers in terms of lighting systems to be designed or improved with workflow diagrams and lighting proposals, and the construction of lighting systems of the spaces in the educational buildings within the framework of sustainability. The results of the study showed that sustainable lighting approach was beneficial at both design and evaluation process. It is possible to design and evaluate lighting design within the framework of sustainability in the existing training structures and new design with the work flow diagrams, methods used and the evaluation tools presented in the approach.

Keywords: Lighting, Educational buildings, Retrofit, Sustainable

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Kasım ÇELİK, kcelik@cu.edu.tr

1. GİRİŞ

Eğitim yapıları gelecek nesillerin yetişmesinde rol oynamasının yanında sahip olduğu enerji tasarruf potansiyelleri nedeniyle tüm bileşenlerinin titizlikle düşünülmesi gereken ve sürdürülebilirlik çerçevesinde tasarlanarak inşa edilmesi gereken yapı türlerinin başında gelmektedir. Milli Eğitim Bakanlığı'nın 2019 verilerine göre ilk, orta ve lise eğitim kurumlarında öğrenim gören öğrenci sayısı yaklaşık olarak 16 milyon, eğitim hizmeti veren bina sayısı ise 55 bindir [1]. Ülke nüfusunun yaklaşık olarak %20'sinin etkin olarak kullandığı mekanların fiziki konfor koşullarını sağlaması ve enerjiyi etkin olarak kullanması bu açıdan önemlidir.

Aydınlatma konusu, öğrencilerin akademik performanslarını arttırması, göz sağlıklarını koruması ve buldukları mekandan hoşnut olmalarını sağlaması gibi pek çok olumlu etkiye sahiptir. Bu açıdan öğrenme mekanlarındaki eğitim kalitesinin arttırılması açısından eğitim yapılarındaki aydınlatma sistemleri, dikkatle ele alınması gereken bir konudur.

Bu makalede yeni yapılacak okul binalarının aydınlatma sistemlerinin tasarlanması, mevcut okulların ise aydınlatma açısından yetersizliklerinin belirlenmesi ve iyileştirilmesine yardımcı olacak bir yaklaşım çalışmasının açıklanması amaçlanmıştır. Mevcut ve yeni yapılacak okulların aydınlatma sistemlerini ele alması nedeniyle yaklaşımın iki aşaması bulunmaktadır.

Çalışma özelinde yaklaşım genel hatları ile tanıtılmış daha sonra mevcut bir okul binasında yaklaşımın öngördüğü adımlar izlenerek bir alan çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda ilk olarak mevcut okulların aydınlatma sistemlerinin durumunun belirlenmesi ve değerlendirilebilmesi için "Kullanım Sonrası Değerlendirme (KSD)" yöntemleri kullanılmıştır. İyileştirme aşamasında aydınlatma seçenekleri arasından optimum seçimi gerçekleştirebilmek adına Karar Destek Sistemlerinden Analitik Hiyerarşi Sürecinden yararlanılmıştır. Alan çalışması sonucunda elde edilen bilgilerin teoride ortaya konulan bilgileri destekler nitelikte olduğu görülmüştür.

2. EĞİTİM YAPILARINDA SÜRDÜRÜLEBİLİR AYDINLATMA YAKLAŞIMI

Günümüzde binalar kullanıcılarına konforlu, sağlıklı yaşam alanları sunarken, sürdürülebilir mimariye uygun olarak enerji ve doğal kaynakları da verimli bir biçimde kullanılmalıdır. Eğitim yapılarının aydınlatma düzenlerinin sürdürülebilirlik ilkelerine uygun olarak kurulması gereklidir. Sürdürülebilir aydınlatma, Aydınlatma Mühendisleri Topluluğu (Illuminating Engineers Society; IES) ve Uluslararası Aydınlatma Tasarımcıları Birliği (International Association of Lighting Designers; IALD) tarafından görsel çevredeki gereksinimlerin doğal çevreye en az zararlı karşılanması olarak tanımlanmıştır [2,3]. Sürdürülebilir aydınlatma tasarımı, ilk olarak yapının projelendirme aşamasında belirlenen bir dizi hedefle başlar. Bu süreç aydınlatma düzeninin aydınlatma ve enerji performansı ile çevresel etkilerini ve kullanım sonrasında bileşenlerin ömrünü tamamladıktan sonra yok edilmesine kadar geçen süre ile maliyet etkinliğini de içine alır [4]. Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılacağı üzere aydınlatma, çevre ve kullanıcılar üzerindeki etkisi nedeniyle sürdürülebilir bina tasarımının en önemli bileşenlerinden biridir. Bir yapının aydınlatma sisteminin sürdürülebilir nitelikte olabilmesi için belirli ölçütlere göre tasarlanması ve değerlendirilmesi gereklidir.

Çalışmada ortaya konulan aydınlatma yaklaşımıyla, aydınlatma sistemlerinin sürdürülebilirlik açısından tasarlanması ve değerlendirilmesine olanak sağlayacak bir model ortaya konulmuş ve söz konusu yaklaşım modeli iş akış şemaları, gözlem listeleri ve anketlerle desteklenmiştir.

2.1. Yaklaşımın Amacı ve Yöntemi

Sürdürülebilir aydınlatma tasarımı yaklaşımının amacı, aydınlatma konusuna tasarım aşamasından kullanım aşamasına kadar bütüncül bir bakış sağlayarak aydınlatma sistemleri açısından hem yeni tasarlanacak hem de mevcut okullar için tasarım ve iyileştirme (retrofit) uygulamalarına yol gösterici bilgiler sunmaktır.

Bu amaç doğrultusunda ilk olarak geniş bir literatür taraması yapılarak kuramsal altyapı oluşturulması hedeflenmiş; yurtiçi ve yurtdışında konuyla ilgili yapılmış olan bildiri, makale ve tezler ile çeşitli kurum ve kuruluşlar tarafından yayınlanmış eğitim yapılarına yönelik tasarım, aydınlatma, retrofit, enerji vb. konular hakkındaki kılavuzlar incelenmiştir. Literatür araştırmasıyla eğitim yapılarına yönelik yapılmış çalışmalar ve yöntemler incelenerek konuyla ilgili eksiklikler belirlenmiştir.

Yaklaşım kurgulanırken izlenen yöntem adımları,

1. Yeni tasarlanacak ve mevcut okul binalarının aydınlatma düzeni oluşturma sürecindeki değişik evrelerin belirlenmesi,
2. Süreç evrelerindeki kullanıcı, paydaş, eylem vb. konuların yer aldığı iş akış şemalarının hazırlanması,
3. Aydınlatma sistemlerinin durumlarının belirlenerek değerlendirilmesine ve iyileştirilmesine yardımcı olacak araçların belirlenmesi, geliştirilmesi

olarak sıralanabilir. Söz konusu bu yaklaşımla;

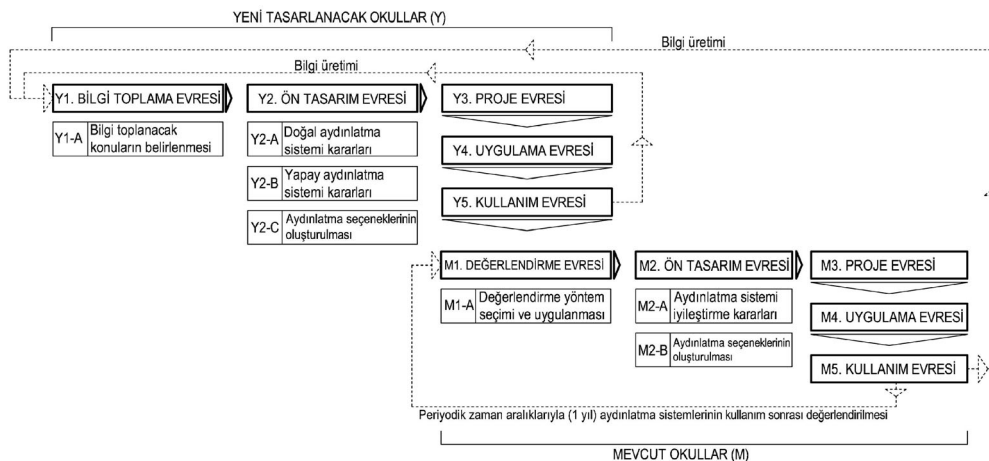
- Tasarımcılar (Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcıları vb.),
- Okul yapımından ve bakımından sorumlu devlet kurumları,
- Okul yönetimleri,
- Öğretmenler

gibi değişik meslek gruplarındaki kişilerin/kurumların okullardaki aydınlatma

sistemlerinin sürdürülebilirlik bağlamında tasarımı ve iyileştirilmesi konusunda yardımcı olması amaçlanmıştır.

2.2. Yaklaşımın Bölümleri

Yaklaşım kapsamında okullar, yeni tasarlanacak ve mevcut olmak üzere iki başlıkta ele alınmıştır. Yeni tasarlanacak okul binalarının, yapımı tamamlanıp kullanıma başladıktan sonra mevcut yapı durumuna geçeceği açıktır. Bu nedenle, yeni tasarlanacak bir okul binasının aydınlatma sisteminin kurgulanması ile aynı işleve sahip mevcut yapının aydınlatma sisteminin iyileştirilmesi işlemleri birbirine belli ölçüde benzerlik göstermektedir. Bu bağlamda, yeni ve mevcut okulların aydınlatma sistemlerinin kurgulanmasının döngüsel bir yapıya sahip olduğu söylenebilir. Bu döngü kısaca, yeni bir yapının inşa edilmesi, eskiyerek mevcut yapı durumuna geçmesi ve ilerleyen yıllarda ihtiyaca göre aydınlatma sistemlerinde iyileştirme işlemlerinin yapılması biçiminde gerçekleşmektedir. Söz konusu işlemlerin, sürdürülebilir aydınlatma düzeni oluşturma sürecindeki evreleri, yeni yapılar için, “bilgi toplama, ön tasarım, tasarım, uygulama ve kullanım” olarak beş bölümde toplanabilir [5]. Yeni tasarlanacak okul binalarının aydınlatma tasarımı süreci ve mevcut okulların aydınlatma sistemi iyileştirme evrelerindeki temel ayırım, bilgi toplama evresindedir. Yaklaşımına ait genel akış şeması Şekil 1’de sunulmuştur.

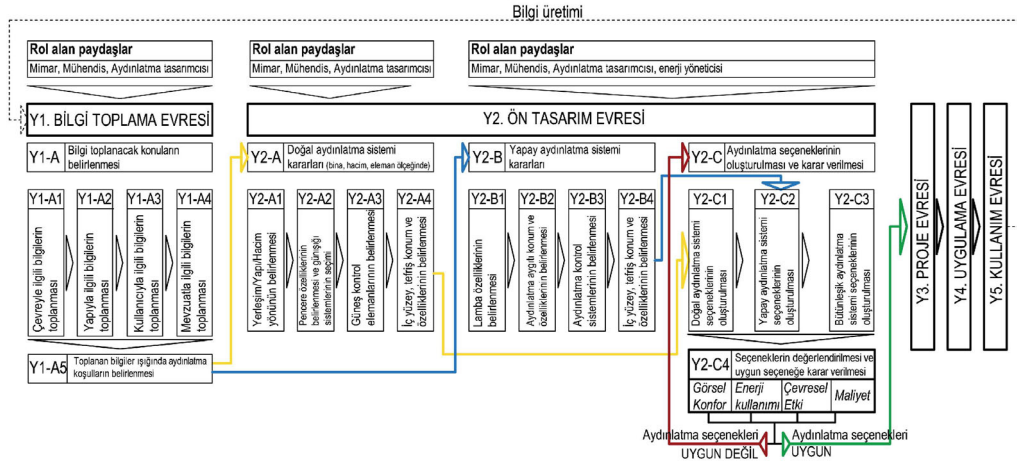


Şekil 1. Sürdürülebilir aydınlatma yaklaşımına genel bakış [5]

2.2.1. Yeni Tasarlanacak Eğitim Yapılarında Sürdürülebilir Aydınlatma Yaklaşımı

Yeni tasarlanacak okul binaları (Y) için sürdürülebilir aydınlatma tasarımına yönelik yaklaşım sürecinin evreleri “Bilgi toplama (Y1), Ön

tasarım (Y2), Proje (Y3), Uygulama (Y4) ve Kullanım (Y5)” olmak üzere beş temel evreden oluşmaktadır ve her evrenin kendine özgü adımları ile adımların alt basamakları bulunmaktadır. Evrelere ilişkin özellikler ve paydaşlar Şekil 2’deki iş akış şemasında gösterilmiştir.

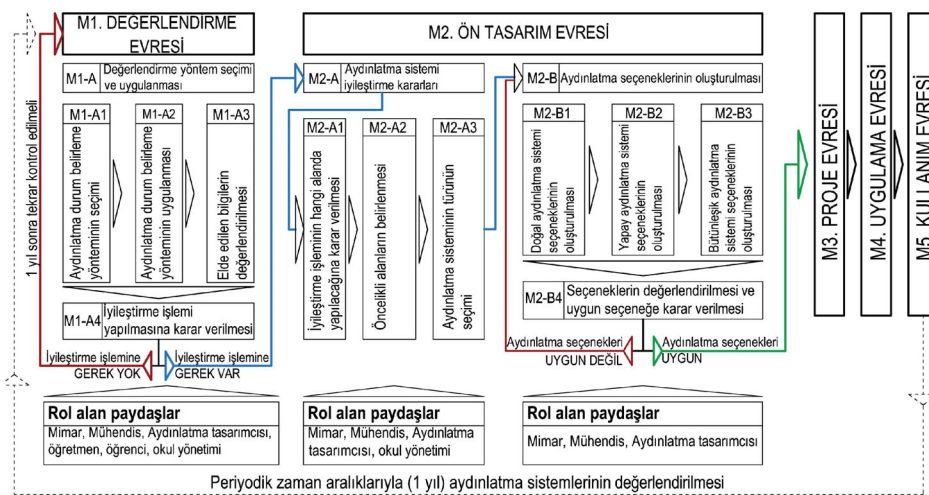


Şekil 2. Yeni yapılacak okullarda sürdürülebilir aydınlatma yaklaşımı [5]

2.3.2. Mevcut Eğitim Yapılarında Sürdürülebilir Aydınlatma Yaklaşımı

Mevcut okul binalarının (M) aydınlatma sistemlerinin sürdürülebilirlik açısından iyileştirilmesine yönelik sürecin evreleri, yeni tasarlanacak okullar için hazırlanan aydınlatma

yaklaşımına paralel olarak “Değerlendirme (M1), Ön tasarım (M2), Proje (M3), Uygulama (M4) ve Kullanım (M5)” olmak üzere beş evreden oluşmaktadır. İş akış şemasındaki adımlarda mevcut eğitim yapılarına yönelik hangi paydaşların rol aldığı ve eylemlere ilişkin açıklamalar Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 3. Mevcut okullarda sürdürülebilir aydınlatma yaklaşımı [5]

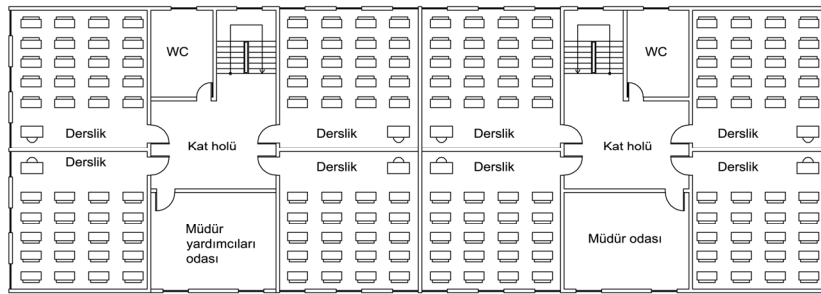
3. ALAN ÇALIŞMASI

Sürdürülebilir aydınlatma yaklaşımının mevcut okul binalarında uygulanabilirliğini ortaya koymak amacıyla, Adana'da yer alan Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı Ramazanoğlu Ortaokulu'nda bir alan çalışması gerçekleştirilmiştir.

Ramazanoğlu Ortaokulu'nda 19 derslik, 5 idari mekan, 1 çok amaçlı salon, 1 bilgisayar laboratuvarı, 1 fen laboratuvarı, 1 öğretmen odası, ıslak hacimler ve servis için kullanılan diğer mekanlardan oluşmaktadır. Okula ait plan ve görseller Şekil 4 ve Şekil 5'te sunulmuştur.



Şekil 4. Ramazanoğlu Ortaokulu (RO)



Şekil 5. Ramazanoğlu Ortaokulu (RO) normal kat planı

Yaklaşımın uygulanmasına yönelik Ramazanoğlu Ortaokulu'ndaki alan çalışmasının kapsamı;

- Bütüncülük sağlaması adına okulun on farklı mekanının görsel konfor ve enerji kullanımı açısından değerlendirilmesi,
 - Değerlendirme sonuçlarına göre aydınlatma açısından yetersiz olduğu saptanan bir mekan için ön tasarımların yapılması,
 - Ön tasarım için oluşturulan aydınlatma sistemleri arasında görsel konfor ölçütleri ve enerji kullanımı açılarından en uygun seçeneğin belirlenmesi,
- olarak sınırlandırılmıştır.

Bu bağlamda, alan çalışmasında Ramazanoğlu Ortaokulu'ndaki dört derslik (GB, GD, KB, KD derslikleri), bilgisayar laboratuvarı (GB Bilg. Lab.), ofis (KD ofis), çok amaçlı salon (GB ÇAS), koridor, kat holü ve merdiven olmak üzere on mekanın mevcut aydınlatma durumu gözlem formları, ölçüm

cihazları ve simülasyon programları aracılığıyla değerlendirilmiş, bir derslik mekanı için iyileştirmeye yönelik ön tasarım seçenekleri oluşturulmuş ve bu seçeneklerden en uygun olanı belirlenmiştir. Söz konusu işlemler sürdürülebilir aydınlatma yaklaşımının adımları izlenerek gerçekleştirilmiştir.

3.1. Değerlendirme Evresi (M1)

Ramazanoğlu Ortaokulu'nun mevcut aydınlatma koşullarının belirlenmesi için;

- Aydınlatma durum belirleme yöntemlerinin seçimi (M1-A) yapılmış;
- Seçilen yöntemler uygulanmış (M1-A2),
- Elde edilen bilgiler değerlendirilmiş (M1-A3),
- Değerlendirme sonuçlarına göre iyileştirme yapılması gereken mekanlar saptanmıştır (M1-A4).

3.2. Aydınlatma Durum Belirleme Yöntem Seçimi (M1-A1)

Aydınlatma sistemlerindeki iyileştirme işlemlerinin başarısını arttırmak için öncelikle sistemin eksiklerinin doğru olarak belirlenmesi gereklidir. Mevcut yapılardaki aydınlatma sistemlerinin yeterliliğini değerlendirmek için çeşitli yöntemlerden yararlanılabilir [6]. Bu yöntemlerden biri “Kullanım Sonrası Değerlendirme (KSD, Post-Occupancy Evaluation; POE)” yöntemidir.

Literatürde “Kullanım Sonrası Değerlendirme (KSD)” konusunda çeşitli tanımlar ve açıklamalar bulmak olanaklıdır. Genel olarak KSD, kullarındaki binalar hakkında çeşitli verilerin sistematik olarak işlenerek, bina performansının kullanıcıların bakış açısından değerlendirilmesi şeklinde tanımlanabilir [7]. KSD'nin temel amacı

mekanların sürekli iyileştirme hedefini desteklemek için gerekli bilgilerin sağlanmasıdır [8].

Kullanım sonrası değerlendirme yönteminin başarısını, araştırmacının seçtiği bilgi toplama yöntemi belirler. Friedman, Zimring, and Zube, bilgi toplama yöntemlerini doğrudan gözlem (direct observation), mülakat (interview) ve benzetim (simulation) olmak üzere açıklanan üç grupta toplamışlardır [9]. Söz konusu yöntemlerin tümünde kullanıcıların dolaylı ya da dolaysız olarak etkisi bulunmaktadır.

Değerlendirme işleminde rol alacak paydaşlar uzman (mimar), kullanıcı (idari personel, öğretmen ve öğrenci) olarak iki başlık altında toplanmıştır (Çizelge 1). Bu çalışma özelinde gözlem ve benzetim yöntemleri seçilmiş ve uzman (mimar) tarafından uygulanmasına karar verilmiştir.

Çizelge 1. Aydınlatma sistemi durum belirleme yöntemleri, paydaş ve işlem özellikleri [5]

Yöntem	İlgili, paydaş	Yapılan işlemler/Kullanılan araçlar
Gözlem	Uzman (Mimar) Kullanıcı (İdari personel, öğretmen)	Yerinde gözlem – Uzman aydınlatma gözlem formu (Mimar) Kontrol listesi – Kullanıcı aydınlatma gözlem formu (Öğretmen, idari personel) Ölçme – Ölçme cihazı, ölçme çizelgeleri (Mimar)
Mülakat	Uzman (Mimar) Kullanıcı (İdari personel, öğretmen, öğrenci)	Görüşme – Kullanıcı aydınlatma mülakat formu (İdari personel, öğretmen) Anket – Kullanıcı aydınlatma gözlem anketi (Öğrenci)
Benzetim (Simülasyon)	Uzman (Mimar)	Simülasyon – Dialux aydınlatma programları (Mimar)

3.3. Aydınlatma Durum Belirleme Yöntemlerinin Uygulanması (M1-A2)

Alan çalışmasında ele alınan on mekânın aydınlatma durumunun belirlenmesi işlemlerinde gözlem yöntemi için geliştirilen uzman aydınlatma gözlem formu kullanılmıştır.

Benzetim yöntemi için Dialux 4.13 aydınlatma programı kullanılmış, mekânların doğal ve yapay

aydınlatma performansları bu program aracılığıyla hesaplanmıştır [10].

3.4. Elde Edilen Bilgilerin Değerlendirilmesi (M1-A3)

Uzman aydınlatma gözlem formlarından elde edilen aydınlatma durum bilgileri, sonuçları ve değerlendirmeleri aşağıda açıklanmıştır.

• **Uzman-Gözlem sonuçları ve değerlendirme:**

Uzman tarafından doğal ve yapay aydınlatma sistemlerinin özelliklerine ilişkin yapılan belirlemeler Çizelge 2 ve 3'te sunulmuştur.

Doğal ve yapay aydınlatma özellikleri “gözlem”, mekan ve pencere boyutları “ölçme” yöntemi ile

belirlenmiştir. İç yüzey ve donatıların renksel özellikleri Munsell Renk Atlası aracılığıyla “renk eşleme” yöntemi kullanılarak Munsell Renk Dizgesi'ne göre saptanmıştır. İç yüzeylerin ışık yansıtma çarpanları ise Munsell Renk Dizgesi'nin değer bileşeni bağlamında belirlenmiştir [11].

Çizelge 2. Mevcut doğal aydınlatma düzeni özellikleri

Mekan ismi	Yön	Pencere adedi/boyutu (m)	Pencere yönü-konumu	Bakım durumu	Gölgeleme elemanı
GB derslik	Güneybatı	3 / 1,40x1,45	Güneybatı-sıraların sol tarafı	Kirli	Perde
GD derslik	Güneydoğu	3 / 1,40x1,45 m	Güneydoğu-sıraların arka tarafı	Temiz	Perde
KB derslik	Kuzeybatı	3 / 1,40x1,45 m	Kuzeybatı-sıraların arka tarafı	Kirli	Perde
KD derslik	Kuzeydoğu	3 / 1,40x1,45 m	Kuzeydoğu-sıraların sol tarafı	Kirli	Perde
GB Bilg. Lab.	Güneybatı	3 / 1,40x1,45 m	Güneybatı-sıraların arka tarafı	Kirli	Stor perde
GD ÇAS	Güneydoğu	6 / 1,40x1,45 m	Güneydoğu-sıraların sol tarafı	Kirli	Perde
KB Ofis	Kuzeybatı	2 / 1,40x1,45 m	Kuzeybatı	Kirli	Stor perde
Koridor	-	-	-	-	-
Merdiven	-	1 / 0,6x3,00 m	Güneydoğu	Kirli	-
Kat holü	-	-	-	-	-

Çizelge 3. Mevcut yapay aydınlatma düzeni özellikleri

Mekan ismi	Lamba türü	Aygıt türü	Aygıt konumu	Lamba sayısı/çalışan lamba sayısı	Bakım durumu	Kontrol durumu
GB derslik	36W-765 Flüoresan	Açık aygıt	Bakış yönüne dik	12/12	Bakımsız	Manuel
GD derslik	36W-765 Flüoresan	Açık aygıt	Bakış yönüne dik	12/10	Bakımsız	Manuel
KB derslik	36W-765 Flüoresan	Açık aygıt	Bakış yönüne dik	12/10	Bakımsız	Manuel
KD derslik	36W-765 Flüoresan	Açık aygıt	Bakış yönüne dik	12/10	Bakımsız	Manuel
GB Bilg. Lab.	36W-765 Flüoresan	Açık aygıt	Bakış yönüne dik	12/9	Bakımsız	Manuel
GD ÇAS	36W-765 Flüoresan	Açık aygıt	Bakış yönüne dik	24/15	Bakımsız	Manuel
KB Ofis	23W Flüoresan	Açık aygıt	-	4/4	Bakımsız	Manuel
Koridor (Zemin)	18W-765 Flüoresan	Açık aygıt	Bakış yönüne dik	4/3	Bakımsız	Manuel
Merdiven (Zemin)	36W-765 Flüoresan	Açık aygıt	Bakış yönüne dik	2/2	Bakımsız	Manuel
Kat holü (Zemin)	36W-765 Flüoresan	Açık aygıt	-	4/4	Bakımsız	Manuel

• **Uzman-Aydınlık düzeyi ölçme sonuçları ve değerlendirme:**

Ramazanoğlu Ortaokulu'ndaki doğal ve bütünsel (doğal ve yapay) aydınlık düzeyi ölçümleri uzman tarafından, 15 Aralık 2016 ve 12 Aralık 2017 tarihinde 12:20, 12:50, 13:30, 14:00, 14:40, 15:00 saatlerinde açık gök koşulları altında gerçekleştirilmiştir. Dersliklerdeki aydınlık düzeyi ölçümleri, döşemeden 0,72 m yüksekliğindeki yatay çalışma (sıra) düzlemi üzerinde ülkemizde yürürlükte olan TS EN 12464-1 standardına uygun olarak belirlenen 16 noktada ve düşey düzlemde

(tahta), 1, 1,50 ve 2 m yükseklikte toplam 9 noktada yapılmıştır [12]. Diğer mekanlarda da yine standartlarda belirtilen aralıklar dikkate alınarak ölçme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Ölçmeler Extech HD450 marka aydınlık ölçer gerçekleştirilmiştir.

TS EN 12464-1 standardında verilen sağlanması gereken değerler ile doğal ve bütünsel (doğal ve yapay) aydınlık düzeyi ölçme sonuçları Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Aydınlık Düzeyi Ölçme Sonuçları (6 Aralık 2016, 12 Aralık 2017)

İlgili paydaş	Mekan ismi	Doğal aydınlatma				Bütünsel aydınlatma			
		Yatay Aydınlik (E _h , lüks)	Düşey Aydınlik (E _v , lüks)	Yatay Aydınliğin dağılımı (U _h)	Düşey Aydınliğin dağılımı (U _v)	Yatay Aydınlik (E _h , lüks)	Düşey Aydınlik (E _v , lüks)	Yatay Aydınliğin dağılımı (U _h)	Düşey Aydınliğin dağılımı (U _v)
Uzman (mimar)	TS EN 12464-1	300	150	0,6	0,7	300	150	0,6	0,7
	GB derslik	1089	712	0,29	0,60	1208	813	0,33	0,68
	GD derslik	497	306	0,29	0,72	605	354	0,38	0,85
	KB derslik	274	274	0,39	0,48	348	410	0,40	0,63
	KD derslik	242	121	0,24	0,52	298	196	0,36	0,67
	GB Bil. Lab.	672	513	0,26	0,64	786	584	0,43	0,81
	GD ÇAS	258	86	0,25	0,47	374	135	0,26	0,59
	KB Ofis	219	-	0,43	-	258	-	0,55	-
	TS EN 12464-1	100	-	0,4	-	100	-	0,4	-
	Koridor	35	-	0,12	-	62	-	0,19	-
	TS EN 12464-1	150	-	0,4	-	150	-	0,4	-
	Merdiven	140	-	0,25	-	173	-	0,31	-
	TS EN 12464-1	100	-	0,4	-	100	-	0,4	-
	Kat holü	16	-	0,50	-	46	-	0,62	-

Alan çalışmasında ele alınan mekanların aydınlık düzeyi ölçüm sonuçları ile TS EN 12464-1 standardındaki değerler karşılaştırıldığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Ortaokul binasının Güneydoğu, Güneybatı derslikleri ile Güneybatı bilgisayar laboratuvarı çalışma düzlemi için gerekli yatay aydınlık düzeyi değerlerini (Sıra düzlemi için: 300 lüks) doğal aydınlatma ve bütünsel aydınlatma durumları için ayrı ayrı sağlamışlardır.
- Tahta düzlemindeki düşey doğal ve yapay aydınlık için Güneybatı dersliği ve Güneybatı

bilgisayar laboratuvarı dışında diğer derslikler istenen değerlere ulaşamamıştır.

- Aydınliğin dağılımı için standartlarda istenen değerler yalnızca kat holünde sağlandığı, diğer mekanlarda ise düzgün bir aydınlık dağılımının söz konusu olmadığı görülmüştür.

• **Uzman-Benzetim sonuçları ve değerlendirme:**

Uzman tarafından benzetim yöntemi için Dialux 4.13 programı ile Ramazanoğlu Ortaokulu'ndaki on mekan modellenmiş, mevcut durum için yapay ve doğal aydınlatma koşulları ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Hesaplamalarda Güvenkaya'nın [13] çalışması bağlamında ayların 15. günü karakteristik gün olarak kabul edilmiştir.

Çalışmada 2016-17 eğitim dönemi içindeki Eylül, Aralık, Mart ve Haziran ayları ve bu ayların 15. günlerindeki 08, 12 ve 16 saatleri için gök koşulları

dikkate alınarak Dialux 4.13 aydınlatma programı aracılığıyla hesaplanmıştır.

Doğal aydınlatma benzetim sonuçları, alan çalışmasında ele alınan Ramazanoğlu Ortaokulu'nun Kuzeydoğu (KD) dersliği için Çizelge 5'te örneklendirilmiştir.

Çizelge 5. Benzetim yöntemiyle elde edilen doğal aydınlatma koşulları

Tarih-Saat	Gök durumu	Yatay aydınlık (sıra) (E_h ; lüks)	Yatay aydınlık dağılımı (sıra) (U_h)	Düşey aydınlık (tahta) (E_v ; lüks)	Düşey aydınlık dağılımı (tahta) (U_v)
TS EN 12464-1		300	0,6	500	0,7
15 Eylül Saat 08:00	Ortalama	151	0,15	92	0,63
15 Eylül Saat 12:00	Açık	161	0,18	126	0,59
15 Eylül Saat 16:00	Ortalama	153	0,16	108	0,56
15 Aralık Saat 08:00	Kapalı	93	0,14	87	0,61
15 Aralık Saat 12:00	Ortalama	202	0,20	107	0,63
15 Aralık Saat 16:00	Kapalı	102	0,17	75	0,61
15 Mart Saat 08:00	Ortalama	99	0,15	89	0,63
15 Mart Saat 12:00	Ortalama	234	0,22	146	0,65
15 Mart Saat 16:00	Ortalama	167	0,17	123	0,56
15 Haziran Saat 08:00	Açık	298	0,17	152	0,63
15 Haziran Saat 12:00	Açık	182	0,23	125	0,6
15 Haziran Saat 16:00	Açık	167	0,18	137	0,56

Ele alınan mekanların yapay aydınlatma koşulları uzman gözlem sonuçlarından elde edilen bilgiler kullanılarak Dialux 4.13 programı aracılığıyla

hesaplanmıştır. Mevcut yapay aydınlatma benzetim sonuçları Kuzeydoğu (KD) dersliği için Çizelge 6'da sunulmuştur.

Çizelge 6. Benzetim yöntemiyle elde edilen yapay aydınlatma koşulları

	Yatay aydınlık (sıra) (E_h ; lüks)	Yatay aydınlık dağılımı (sıra) (U_h)	Düşey aydınlık (tahta) (E_v ; lüks)	Düşey aydınlık dağılımı (tahta) (U_v)
TS EN 12464-1	300	0,6	500	0,7
KD Dersliği	202	0,48	163	0,61

Mevcut doğal ve yapay aydınlatmaya ilişkin Dialux programıyla elde edilen hesap sonuçları, ölçme yöntemiyle elde edilenlerle benzerlik göstermektedir. Genel olarak ele alınan mekanlarda standartlardaki değerler sağlanmadığı belirlenmiştir.

3.5. İyileştirme İşlemi Yapılmasına Karar Verilmesi (M1-A4)

Mevcut aydınlatma durumu için M1-A3 adımıdaki değerlendirme sonuçları mekanların genelde görsel konfor ölçütleri açısından yetersiz olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle Ramazanoğlu

Ortaokulu'nda incelenen 10 mekanın aydınlatma açısından iyileştirilmesinin gerekli olduğu belirlenmiş ve ön tasarım evresine (M2) geçilmiştir.

3.6. Ön Tasarım Evresi (M2)

Ramazanoğlu Ortaokulu'nun mevcut aydınlatma koşulları açısından yetersiz olan mekanlarına ilişkin ön tasarım evresi için;

- İyileştirme yapılacak alanlara karar verilmiş (M2-A),
- Söz konusu alanlara yönelik doğal, yapay ve bütünsel aydınlatma seçenekleri oluşturulmuş (M2-B1, M2-B2, M2-B3),

- Seçenekler Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi ile değerlendirilmiş (M2-B4) ve en uygun seçenek belirlenmiştir.

3.7. Aydınlatma Sistemi İyileştirme Kararları (M2-A)

Ramazanoğlu Ortaokulu'nun mevcut aydınlatma sistemlerinin değerlendirme sonuçlarına göre incelenen tüm mekanlarda iyileştirmeye yönelik yeni tasarımların yapılması gereklidir. Bu bağlamda, kimi mekanlarda (bölgesel) ya da tüm mekanlarda (genel) iyileştirme işlemi gerçekleştirilebilir. Bu çalışma kapsamında, önerilen yaklaşımın örneklenmesi adına bölgesel iyileştirme yapılması ve olumsuz olduğu belirlenen Kuzeydoğu (KD) dersliği için doğal, yapay ve bütünleşik aydınlatma sistem seçeneklerinin oluşturulmasına karar verilmiştir.

3.8. Aydınlatma Seçeneklerinin Oluşturulması (M2-B)

İyileştirme yapılacak Kuzeydoğu dersliği için öğrenim dönemini aksatmayacak ve kısa sürede gerçekleştirilebilecek aydınlatma düzeni seçenekleri

oluşturulmuştur. Seçenekler, sürdürülebilir aydınlatma açısından görsel konfor ve enerji kullanımı konularına yönelik ölçütler dikkate alınarak oluşturulmuştur. Oluşturulan seçenekler Dialux 4.13 programı ile modellenmiş ve aydınlatma performansları belirlenmiştir.

3.9. Doğal Aydınlatma Seçeneklerinin Oluşturulması (M2-B1)

Kuzeydoğu dersliğinde doğal aydınlatma sisteminin 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 üç seçenek (D1, D2, D3) oluşturulmuştur. Doğal aydınlatma sistemi için dersliğin mevcut durumu ve oluşturulan iyileştirme seçenekleri Çizelge 7'de, tefriş durumu Şekil 6'da sunulmuştur.

Çizelge 7. Mevcut durum ve doğal aydınlatma iyileştirme seçenekleri

Özellikler	Mevcut durum	D1	D2	D3
İç yüzey yansıtma çarpanları (Döşeme/Duvar/Tavan)	0,20/0,30-0,30/0,59	0,40/0,60/0,80	0,50/0,70/0,85	0,40/0,60/0,80
Cam ışık geçirme çarpanı (t)	%74	%80	%80	%80
Tefriş (Sıra düzeni)	4 sıra	4 sıra	4 sıra	4 sıra
Oda bakım çarpanı	0,57 (Kirlenmiş oda)	0,80 (Temiz oda)	0,80 (Temiz oda)	0,80 (Temiz oda)



Şekil 6. Kuzeydoğu dersliği tefriş düzeni

3.10. Yapay Aydınlatma Seçeneklerinin Oluşturulması (M2-B2)





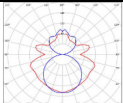
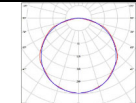
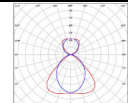
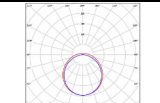
Kuzeydoğu dersliğinde yapay aydınlatma sisteminin kısa vadeli iyileştirilmesine yönelik olarak tefriş düzeni, aygıt konum ve sayıları değiştirilmeden;

- 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

İşlemlerinin yer aldığı üç seçenek (Y1, Y2, Y3) oluşturulmuştur. Söz konusu yapay aydınlatma seçeneklerinin ikisinde flüoresan lambalı, birinde LED lambalı aygıtlar kullanılmış olup tüm ışık kaynaklarının renksel geriverimi (80) mevcut durumla aynı özelliktedir. Yapay aydınlatma sistemi için dersliğin mevcut durumu ve iyileştirme seçenekleri Çizelge 8’de sunulmuştur.

Çizelge 8. Mevcut durum ve yapay aydınlatma iyileştirme seçenekleri

Özellikler	Mevcut durum	Y1	Y2	Y3
İç yüzey yansıtma çarpanları (Döşeme/Duvar/Tavan)	0,20/0,30-0,30/0,59	0,40/0,60/0,80	0,50/0,70/0,85	0,40/0,60/0,80
Tefriş (Sıra düzeni)	4 sıra	4 sıra	4 sıra	4 sıra
Oda bakım çarpanı	0,57 (Kirlenmiş oda)	0,80 (Temiz oda)	0,80 (Temiz oda)	0,80 (Temiz oda)
Aygıt adedi	6	6	6	6
Aygıt geriverimi	%70	%71	%89	%100
Lamba türü	Doğrusal Flüoresan (Φ 36 mm)	Doğrusal Flüoresan (Φ 26 mm)	Doğrusal Flüoresan (Φ 16 mm)	LED (Φ 16mm)
Lamba adedi	12	12	12	6
Lamba gücü (W)	2 x 36 W	2 x 36 W	2 x 28 W	45 W
Lamba ışık akısı (lm)	3250 lm	3250 lm	2625 lm	4800 lm
Renksel geriverim (Ra)	80	80	80	80
Aygıt türü	Çıplak	Yansıtıcı	Paletli	Opal yayılcı
Aygıt resmi				
İşık yeğnlik dağılımı/aydınlatma biçimi				
	Yarı dolaysız	Dolaysız	Yarı dolaysız	Dolaysız

3.11. Bütünleşik Aydınlatma Seçeneklerinin Oluşturulması (M2-B3)

Ramazanoğlu Ortaokulu (RO) Kuzeydoğu (KD) dersliğinin aydınlatma sistemlerinin iyileştirilmesi için oluşturulan bütünleşik aydınlatma seçenekleri, M2-B1 ve M2-B2 adımlarında doğal ve yapay aydınlatma için belirlenen üçer seçenek aracılığıyla kurgulanmıştır. Bu bağlamda bütünleşik aydınlatma için toplam 9 (S1:D1-Y1, S2:D1-Y2, S3:D1-Y3,

S4:D2-Y1, S5:D2-Y2, S6:D2-Y3, S7:D3-Y1, S8:D3-Y2, S9:D3-Y3) seçenek hazırlanmıştır.

3.12. Seçeneklerin Değerlendirilmesi ve Uygun Seçeneğe Karar Verilmesi (M2-B4)

Seçeneklerin değerlendirilmesi işlemi için M2-B3 adımıdaki 9 bütünleşik aydınlatma seçeneğinin görsel konfor ve enerji kullanımı performansı Dialux 4.13 programı aracılığıyla belirlenmiştir.

Bütünleşik aydınlatma açısından oluşturulan aydınlığın dağılımı, kamaşma) ve enerji kullanımına iyileştirme seçeneklerinin görsel konfor ölçütleri (W/m^2) yönelik hesaplama sonuçları Çizelge 9'da (yatay ve düşey aydınlık düzeyi, yatay ve düşey verilmiştir.

Çizelge 9. Bütünleşik aydınlatma seçeneklerine ilişkin sayısal sonuçlar

No	Seçenekler	Görsel konfor ölçütleri					Enerji (W/m^2)
		E_h (lüks)	U_h	E_v (lüks)	U_v	UGR	
TS EN 12464-1		300	0,6	500	0,7	19	8
S1	D1-Y1	291	0,49	264	0,78	22	7,41
S2	D1-Y2	394	0,57	226	0,69	18	6,28
S3	D1-Y3	423	0,59	301	0,62	21	4,63
S4	D2-Y1	410	0,52	278	0,79	21	7,41
S5	D2-Y2	417	0,59	243	0,72	17	6,28
S6	D2-Y3	414	0,61	312	0,67	20	4,63
S7	D3-Y1	403	0,53	266	0,78	21	7,41
S8	D3-Y2	408	0,61	228	0,69	17	6,28
S9	D3-Y3	406	0,66	272	0,71	19	4,63

Aydınlatma sistemlerinin farklı bileşenleri ve çeşitli koşulları göz önüne alındığında, bazı durumlarda birden fazla aydınlatma seçeneği tasarımcının karşısına çıkabilmektedir. Böyle durumlarda hangi ölçütlere göre seçim yapılacağı ve hangi durumların öncelikli olacağı gibi sorular karar verme sürecini uzatmaktadır. Gerekli aydınlatma koşullarını sağlayan birden fazla seçenek arasından amaca/amaçlara en uygun bir veya birkaç alternatifin seçilmesi için “Karar Destek Sistemleri (KDS)”ne ilişkin yöntemlerden yararlanılabilir. Karar destek sistemlerini kısaca karar verme aşamasında, çeşitli bilgilerden yararlanarak karar vermeyi kolaylaştıran sistemler olarak tanımlamak mümkündür. Farklı yöntem ve türleri bulunan KDS sistemlerinden biri olan “Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS, ing. Analytic Hierarchy Process, AHP)” çok ölçütlü karar verme yöntemidir. Belirlenen parametreleri sağlayan birden fazla seçenek elde edildiğinde “Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)” yöntemleri aracılığıyla optimum aydınlatma sistemi seçilebilmektedir. AHS işleminde, ikili karşılaştırmalar ile karar vermede etkili ölçütlerin ve seçeneklerin önem derecelerine göre sıralanmasını gerçekleştirmek mümkündür.

AHS yöntemiyle birbirleriyle karşılaştırılmak istenen parametrelerin önem derecelerini belirlemek amacıyla Saaty (1980) tarafından geliştirilen ve

Çizelge 10’da sunulan sayısal değerler kullanılabilir [14].

Çizelge 10. AHS değerlendirme ölçeği [15]

Önem derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	İki parametre eşit öneme sahip
3	Biraz daha fazla önemli	Bir parametre diğerine göre biraz daha fazla önem taşır.
5	Oldukça önemli	Bir parametre diğerinden oldukça önemlidir.
7	Çok daha önemli	Bir parametre diğerinden çok daha önemlidir.
9	Kesinlikle daha önemli	Bir parametre diğerine göre kesinlikle daha önemlidir.
2, 4, 6, 8	Ara değerler	Tercih değerleri birbirine yakın olduğunda kullanılır.

AHS yöntemine göre aydınlatma seçeneklerinin sıralanması işleminde;

- **Görsel konfor ölçütleri** (yatay aydınlık düzeyi (E_h), yatay aydınlığın dağılımı (U_h), düşey aydınlık düzeyi (E_v), düşey aydınlığın dağılımı (U_v) ve kamaşma (UGR)),
- **Enerji tüketimi** (W/m^2) parametreleri dikkate alınmıştır. Söz konusu parametrelerin ikili karşılaştırma matrisi aracılığıyla hesaplanan

görelî önem dereceleri Çizelge 11’de sunulmuştur.

Çalışmada ayrıca, parametreler standartlarda verilen sağlanması gereken koşullar göz önüne alınarak

sınıflandırılmış ve puan aralıkları saptanmıştır. Seçeneklerin sıralanmasında kullanılan parametrelerin sınıfı ve puan aralıkları Çizelge 12’de verilmiştir.

Çizelge 11. Enerji kullanımı ve görsel konfor ölçütlerinin görelî önem dereceleri

	Enerji (W/m²)	Yatay dağılım (U_h)	Düşey aydınlık (E_v)	Düşey dağılım (U_v)	Yatay aydınlık (E_h)	Kamaşma (UGR)
Enerji (W/m ²)	1,00	3,00	0,50	4,00	0,33	2,00
Yatay dağılım (U _y)	0,33	1,00	0,20	2,00	0,17	0,50
Düşey aydınlık (E _d)	2,00	5,00	1,00	6,00	0,33	3,00
Düşey dağılım (U _y)	0,25	0,50	0,17	1,00	0,14	0,33
Yatay aydınlık (E _y)	3,00	6,00	3,00	7,00	1,00	5,00
Kamaşma (UGR)	0,50	2,00	0,33	3,00	0,20	1,00

Çizelge 12. Sıralama parametrelerinin sınıfları ve puan aralıkları

Parametreler	Sınıfı	Puan aralığı
Yatay aydınlık (E_h)		
100-200	Kötü	0,1
200-300	Ortalama	0,3
300-500	İyi	0,6
Aydınlığın yatay dağılımı (U_h)		
0,1-0,3	Kötü	0,1
0,3-0,6	Orta	0,3
>0,6	İyi	0,6
Düşey aydınlık (E_v)		
100-300	Kötü	0,1
300-500	Ortalama	0,3
500-700	İyi	0,6
Parametreler	Sınıfı	Puan aralığı
Aydınlığın düşey dağılımı (U_v)		
0,1-0,4	Kötü	0,1
0,4-0,7	Orta	0,3
>0,7	İyi	0,6
Kamaşma (UGR)		
>19	Kötü	0,3
<19	İyi	0,7
Enerji tüketimi (W/m²)		
>7	Kötü	0,1
5-7	Orta	0,3
<5	İyi	0,6

Seçenek sıralama parametrelerinin, belirlenen görelî önem dereceleri ve puan aralıkları dikkate alınarak,

çalışmada derslik için oluşturulan dokuz aydınlatma seçeneğinin parametrelere göre puanları ayrı ayrı

hesaplanmış ve her seçeneğin aldığı toplam puan belirlenerek Çizelge 13'te sunulmuştur. Çizelge 13'teki toplam puana ilişkin sayısal değerler incelendiğinde, en yüksek toplam puana sahip

S6 (Y2-D3) seçeneğinin sıralama parametreleri açısından en uygun seçenek olduğu ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 13. Aydınlatma seçeneklerinin toplam puanları

Seçenekler	Görsel Konfor					Enerji kullanımı	Toplam Puan
	E_h (sıra)	U_h (sıra)	E_v (tahta)	U_v (tahta)	UGR	W/m ²	
S1	0,30	0,30	0,10	0,60	0,30	0,10	0,38
S2	0,60	0,30	0,10	0,30	0,70	0,30	0,68
S3	0,60	0,30	0,30	0,30	0,30	0,60	0,77
S4	0,60	0,30	0,10	0,60	0,30	0,10	0,59
S5	0,60	0,30	0,10	0,60	0,70	0,30	0,70
S6	0,60	0,60	0,30	0,30	0,30	0,60	0,80
S7	0,60	0,30	0,10	0,60	0,30	0,10	0,59
S8	0,60	0,60	0,10	0,30	0,70	0,30	0,71
S9	0,60	0,60	0,10	0,60	0,30	0,60	0,74

4. SONUÇLAR

Aydınlatma tasarımının öğrencilerin gelişimi ve akademik başarılarının üzerindeki etkisi yadsınamaz bir gerçektir. Ayrıca okulların yapay aydınlatma için tükettikleri enerji göz önüne alındığında ortaya çıkan tasarruf potansiyeli de sürdürülebilirlik açısından göz ardı edilmemesi gereken bir durumdur. Bu açıdan Eğitim Yapılarında Sürdürülebilir Aydınlatma Tasarımı Yaklaşımının temel amacı aydınlatma konusuna bütüncül bir bakış sağlayarak, hem yeni tasarlanacak hem de mevcut okullar için tasarımcılara ve kullanıcılara yol gösterici bilgiler sunmaktır. Söz konusu aydınlatma yaklaşımıyla, tasarım aşamasında konforsuz mekanların önlenmesi, enerji kayıplarının engellenmesi, çevreye minimum olumsuz etki ve en az işletme giderlerine sahip aydınlatma sistemlerinin sürdürülebilirlik çerçevesinde tasarlanması olanaklıdır. Ayrıca, aydınlatma tasarım sürecindeki işlemlerin, oluşturulan iş akış şemaları ile ilgili paydaş grupları tarafından hızlı ve verimli bir şekilde sürdürülmesi mümkündür.

Ramazanoğlu Ortaokulu'nda gerçekleştirilen değişik değerlendirme yöntemlerinin (gözlem, benzetim) sonuçları birbirine benzerlik göstermiş, alan çalışması ile de yaklaşımın uygulanabilirliği kanıtlanmıştır.

Gelecek nesillerin sürdürülebilirlik bilinciyle, gereği gibi aydınlatılan, enerjiyi etkin kullanan, çevreye duyarlı ve maksimum maliyet etkinliğe sahip yapılarda eğitim görmesi akademik performansın yanında toplumsal bilinçlenmeyi de sağlayacaktır. Bu konuda yapılacak çalışmalar sadece mimari ya da binalar özelinde değil genel olarak topluma getirdiği faydalar açısından da ele alınmalıdır. Günümüzde değişen ve gelişen teknolojik koşullar ve okul binalarının bunlara uyum sağlaması gerekliliği önerilen yaklaşım ve benzeri çalışmalara olan gereksinimi arttırmaktadır.

5. KAYNAKLAR

1. MEB Örgün Eğitim İstatistikleri, https://sgb.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2018_09/06123056_meb_istatistikleri_organ_egitim_2017_2018.pdf
2. Yılmaz, F.Ş., 2014. Sürdürülebilir Çevre için Mimari Aydınlatma Tasarımı Yaklaşımı: Türkiye Örneği, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 1-2, İstanbul.
3. IESNA, 2000. The IESNA Lighting Handbook: Reference & Application, New York: Illuminating Engineering Society of North America, ABD.
4. IESNA, 2011. Lighting Handbook, 9th edition, New York.

5. Çelik, K., 2018. Eğitim Yapılarında Sürdürülebilir Aydınlatma Tasarımı İçin Bütüncül Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 87, İstanbul.
6. IEA POE, 1999. Post Occupancy Evaluation of Daylight in Buildings, A Report of IEA SHC TASK 21/ECBCS ANNEX 29.
7. Hadjri, K., Crozier, C., 2009. Post-occupancy Evaluation: Purpose, Benefits and Barriers, Emerald Journal, 27(1-2).
8. Zimmerman, A., Martin, M., 2001. Post-occupancy Evaluation: Benefits and Barriers, Building Research and Information, 29(2), 168-174.
9. Friedman, A., Zimring, C., Zube, C., 1978. Environmental Design Evaluation, Plenum, New York, NY.
10. Dialux 4.13, <https://www.dial.de/en/dialux/>
11. Munsell, A.H., 1971. A Color Notation, Munsell Color Company, Baltimore, ABD.
12. TS EN 12464-1, 2011. Işık ve Işıklandırma İş Mahallerinin Aydınlatılması-Bölüm 1: Kapalı Alandaki İş Mahalleri, Türk Standartları, Ankara.
13. Güvenkaya, R.K., 2008. İlköğretim Dersliklerinde Aydınlatma Enerjisi Yönetimi Açısından Yönlere Göre Uygun Cephe Seçeneklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 69, İstanbul.
14. Saaty, T.L., Vargas, L.G., 2001. Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process, Kluwer's Academic Publishers, Boston.
15. Saaty, T.L., 1980. The Analytic Hierarchy Process, Mc. Graw Hill, USA.

