

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EĞİTİM YAPILARINDA SÜRDÜRÜLEBİLİR AYDINLATMA TASARIMI İÇİN
BÜTÜNCÜL BİR YAKLAŞIM**

KASIM ÇELİK

**DOKTORA TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
YAPI PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. F. RENGİN ÜNVER**

İSTANBUL, 2018

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EĞİTİM YAPILARINDA SÜRDÜRÜLEBİLİR AYDINLATMA TASARIMI İÇİN
BÜTÜNCÜL BİR YAKLAŞIM**

Kasım ÇELİK tarafından hazırlanan tez çalışması 26.06.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. F. Rengin ÜNVER
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. F. Rengin ÜNVER
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Alpin KÖKNEL YENER
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Çiğdem POLATOĞLU
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Hülya KILIÇ
Işık Üniversitesi

Doç. Dr. Şensin YAĞMUR
Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Doktora eğitimim boyunca akademik ve insani anlamda her türlü desteğini esirgemeyen, beni her zaman çalışmalarımda teşvik eden, bilgi ve tecrübesiyle yoluma ışık tutan ve her şartta bizler için uğraşan sevgili danışman hocam Sayın Prof. Dr. Rengin ÜNVER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez izleme komitesindeki hocalarım Sayın Prof. Dr. Alpin KÖKNEL YENER ve Sayın Prof. Dr. Çiğdem POLATOĞLU'na, verdikleri destek ve değerli önerileri ile tezimdaki katkıları için çok teşekkür ederim. Ayrıca, tez savunma jürisinde yer alarak tezime katkılarda bulunan Sayın Doç. Dr. Hülya KILIÇ'a ve Sayın Doç. Dr. Şensin YAĞMUR'a teşekkürlerimi sunarım. Mimarlık eğitimi olarak akademik hayata atılmamda emeği geçen Çukurova Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümündeki değerli Hocalarım ve çalışma arkadaşlarıma, akademik anlamda bana çok önemli katkıları olan, bilgi ve tecrübelerini benden hiçbir zaman esirgemeyen YTÜ Yapı Fiziği Bilim Alanı'ndaki kıymetli Hocalarıma gönülden teşekkür ederim. Ayrıca doktora sürecim boyunca bana her zaman destek olan, her konuda yardıma koşan ve yol gösteren Esra KÜÇÜKKILIÇ ÖZCAN'a, bana daima yardımcı olan ve güler yüzlerini esirgemeyen değerli hocalarım ve çalışma arkadaşlarım Ezgi KORKMAZ, Polat DARÇIN, Serkan USTAOĞLU, Seda YENİDÜNYA ve Deniz TUZCUOĞLU'na en içten teşekkürlerimi sunarım.

Alan çalışmalarım sırasında bana yardım eden ve destek olan Emrah M. GÜLLÜOĞLU'na, doktora çalışmalarımın dolaylı kendilerini ihmal ettiğim ama hiç bana kırılmayan değerli arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Doktora sürecinde bana her zaman destek olan, uykusuz gecelerimde başımdan bir an olsun ayrılmayan sevgili eşim Gökçe ÇELİK'e, beni yetiştirip bugünlere gelmemde çok büyük emeği olan ve haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim annem, babam ve değerli aileme en içten sevgilerimi sunarım.

Haziran, 2018

Kasım ÇELİK

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖZET	xii
ABSTRACT	xv
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	7
1.3 Hipotez	8
BÖLÜM 2	
SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARLIK VE AYDINLATMA	10
2.1 Sürdürülebilir Mimarlık ve Eğitim Yapıları	12
2.2 Sürdürülebilir Aydınlatma	15
2.2.1 Görsel Konfor	17
2.2.2 Enerji Kullanımı	18
2.2.3 Çevresel Etki	23
2.2.4 Maliyet	24
2.3 Bölüm Sonucu	25
BÖLÜM 3	
AYDINLATMA ÖLÇÜT VE SİSTEMLERİ.....	27
3.1 Aydınlatma Ölçütleri	29
3.1.1 Yapay Aydınlatma Ölçütleri	30
3.1.2 Doğal Aydınlatma Ölçütleri.....	35

3.1.3	Bütünleşik Aydınlatma Ölçütleri.....	39
3.2	Aydınlatma sistemleri	41
3.2.1	Yapay Aydınlatma Sistemleri	41
3.2.2	Doğal Aydınlatma Sistemleri	45
3.3	Aydınlatma Sistemlerinde İyileştirme (Retrofit)	49
3.4	Aydınlatma Sistemlerinde Yenilenebilir Enerji Kullanımı	51
3.5	Bölüm sonucu	53
BÖLÜM 4		
EĞİTİM YAPILARI KILAVUZLARINDAKİ KONULAR VE DEĞERLENDİRMESİ.....		55
4.1	Eğitim Yapılarında Aydınlatma Alanları	56
4.2	Eğitim Yapıları Kılavuzlarındaki Konular ve Değerlendirmesi	58
4.2.1	Aydınlatma Koşulları.....	76
4.2.2	Yapay Aydınlatma Koşulları	77
4.2.3	Doğal Aydınlatma Koşulları.....	79
4.2.4	Aydınlatma ile İlgili Kaynaklar.....	80
4.3	Bölüm Sonucu	81
BÖLÜM 5		
EĞİTİM YAPILARINDA SÜRDÜRÜLEBİLİR AYDINLATMA TASARIMI İÇİN BÜTÜNCÜL BİR YAKLAŞIM.....		83
5.1	Yaklaşımın Amacı ve Yöntemi	83
5.2	Yaklaşımın Kapsamı.....	85
5.3	Yaklaşımın Bölümleri.....	86
5.3.1	Yeni Tasarlanacak Eğitim Yapılarında Sürdürülebilir Aydınlatma Yaklaşımı	88
5.3.1.1	Y1-Bilgi Toplama Evresi	90
5.3.1.2	Y2-Ön Tasarım Evresi	91
5.3.1.3	Y3-Proje Evresi, Y4-Uygulama Evresi, Y5-Kullanım Evresi.....	95
5.3.2	Mevcut Eğitim Yapılarında Sürdürülebilir Aydınlatma Yaklaşımı	96
5.3.2.1	M1-Değerlendirme Evresi	98
5.3.2.2	M2-Ön Tasarım Evresi	102
5.3.2.3	M3-Proje Evresi, M4-Uygulama Evresi, M5-Kullanım Evresi	105
5.4	Eğitim Yapıları Aydınlatma Kılavuzu Önerisi	106
5.5	Yaklaşımın mevcut bir okul binasında uygulanması	116
5.5.1	Okul özellikleri	116
5.5.2	Yaklaşımın Uygulanması	117
5.5.2.1	M1-Değerlendirme Evresi	118
5.5.2.2	M2 - Ön Tasarım Evresi	129
5.6	Bölüm sonucu	135
BÖLÜM 6		
SONUÇ ve ÖNERİLER.....		138
KAYNAKLAR.....		142

EK-A

UZMAN AYDINLATMA GÖZLEM FORMU (UAG) 152

EK-B

KULLANICI (ÖĞRETMEN) AYDINLATMA GÖZLEM FORMU (KAG) 154

EK-C

KULLANICI (ÖĞRENCİ) AYDINLATMA GÖZLEM ANKET FORMU (KAA)..... 155

EK-D

KULLANICI (İDARİ PERSONEL) AYDINLATMA MÜLAKAT FORMU (KAM) 158

ÖZGEÇMİŞ..... 159



SİMGE LİSTESİ

E_h	Yatay düzlemdeki aydınlık düzeyi
E_v	Düşey düzlemdeki aydınlık düzeyi
E_{min}	Minimum aydınlık düzeyi
E_{ort}	Ortalama aydınlık düzeyi
E_{max}	Maksimum aydınlık düzeyi
E_m	Bakım çarpanı uygulanmış aydınlık düzeyi
E_i	İç ortamdaki aydınlık düzeyi
E_d	Dış ortamdaki aydınlık düzeyi
K	Kelvin (Işık kaynağının renk sıcaklık birimi)
r	Yansıtma çarpanı
R_a	Renksel geriverim indisi (Colour Rendering Index)
T_c	Renk sıcaklığı
U_0	Aydınlığın dağılım düzgünlüğü
U_h	Yatay düzlemdeki aydınlığın dağılım düzgünlüğü
U_v	Düşey düzlemdeki aydınlığın dağılım düzgünlüğü
UGR	Kamaşma

KISALTMA LİSTESİ

AB	Avrupa Birliği
AHS	Analitik Hiyerarşi Süreci
AHP	Analytic Hierarchy Process
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating, Air Conditioning Engineers
CIBSE	The Chartered Institution of Building Services Engineers
CIE	Commission Internationale de L'éclairage
ÇAS	Çok Amaçlı Salon
IES	The Illuminating Engineering Society of North America
ILV	International Lighting Vocabulary
KDS	Karar Destek Sistemleri
KAG	Kullanıcı Aydınlatma Gözlem Formu
KAA	Kullanıcı Aydınlatma Anket Formu
KAM	Kullanıcı Aydınlatma Mülakat Formu
KSD	Kullanım Sonrası Değerlendirme
MEB	Milli Eğitim Bakanlığı
POE	Post-Occupancy Evaluation
PSALI	Permanent Supplementary Artificial Lighting of Interiors
RGS	Renksel geriverim sınıfı
RO	Ramazanoğlu Ortaokulu
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
UAG	Uzman Aydınlatma Gözlem Formu

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	Dünyada sürdürülebilirlik konusunda egemen olan gelişim anlayışının değişimi	11
Şekil 2.2	Türkiye’deki başlıca enerji verimliliği düzenlemeleri	19
Şekil 2.3	Bir binanın yaşam döngüsü boyunca değişen süreçleri	23
Şekil 3.1	Işık çevresi-insan performansı ilişkisi	29
Şekil 3.2	Bir derslikteki çalışma düzlemleri	32
Şekil 3.3	Işık akısı, aydınlık düzeyi, ışıklılık ilişkisi (mat/donuk yüzey).....	32
Şekil 3.4	Yayınık, aşağıdan doğrultulu, yayınık-dogrultulu aydınlatma biçimlerinin nesnenin algılanmasındaki etkisi	34
Şekil 3.5	Dış ortamlarla görsel bağlantı katmanları	36
Şekil 3.6	Güneş ışığı çarpanı bileşenleri	38
Şekil 3.7	Saydamlık oranı örnekleri	38
Şekil 3.8	Bütünleşik aydınlatma (PSALI)	39
Şekil 3.9	Aydınlatma kontrol sistemi örnekleri	40
Şekil 3.10	Aydınlatma aygıtı örnekleri ve özellikleri	44
Şekil 3.11	Pencere türleri	46
Şekil 3.12	Anidolik sistem	47
Şekil 3.13	Işık tüpü	48
Şekil 3.14	Holografik optik sistem	48
Şekil 3.15	Yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelleri ve mevcut enerji rezervleri... 52	
Şekil 3.16	Fotovoltaik hücre, modül, panel ve solar dizisi	52
Şekil 3.17	a) Binaya sonradan ilave FV sistem b) Binayla bütünleşik FV sistem	53
Şekil 4.1	Okul binasındaki farklı işlevdeki kullanım alanlarına ilişkin örnekleme.....	58
Şekil 4.2	Kılavuzların yayınlandıkları ülkelerin dünyadaki konumları	60
Şekil 5.1	Sürdürülebilir Aydınlatma Tasarım Yaklaşımı iş akış şeması.....	87
Şekil 5.2	Yeni tasarlanacak okullar için sürdürülebilir aydınlatma tasarım yaklaşımı iş akış şeması	89
Şekil 5.3	Mevcut okullar için sürdürülebilir aydınlatma tasarım yaklaşımı iş akış şeması	97
Şekil 5.4	Ramazanoğlu Ortaokulu (RO) genel görünüm.....	116
Şekil 5.5	Ramazanoğlu Ortaokulu (RO) normal kat planı	117
Şekil 5.6	Örnek dersliklere ait aydınlık düzeyi ölçüm noktaları, aygıt ve pencere konumları	122
Şekil 5.7	Kuzeydoğu dersliği tefriş düzeni	131

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1	MEB 2016-2017 Milli Eğitim istatistikleri 15
Çizelge 2.2	Sürdürülebilir aydınlatma parametreleri ve ilgili standartlar 17
Çizelge 2.3	Avrupa Birliği enerji eylem planı 20
Çizelge 2.4	Çeşitli bakanlıklar tarafından yayınlanan enerji eylem planları 21
Çizelge 3.1	Yapay aydınlatma tasarım ölçütleri 31
Çizelge 3.2	Güneşlenme süreleri için eşik değerler (21 Mart) 36
Çizelge 3.3	Güneşliğine bağlı kamaşmadan (DGP) korunmaya ilişkin eşik değerleri .. 37
Çizelge 3.4	Lamba türleri ve özellikleri 42
Çizelge 3.5	Aydınlatma aygıtlarının ışık dağılımlarına göre sınıflandırılması 43
Çizelge 3.6	Bina retrofit teknolojilerinin temel bölümleri..... 49
Çizelge 3.7	Retrofit SWOT analizi 50
Çizelge 4.1	Milli Eğitim Bakanlığına bağlı ilkokul binalarının temel özellikleri 56
Çizelge 4.2	Milli Eğitim Bakanlığına bağlı ortaokul binalarının temel özellikleri 57
Çizelge 4.3	Milli Eğitim Bakanlığına bağlı lise binalarının temel özellikleri 57
Çizelge 4.4	İncelenen eğitim yapıları kılavuzlarının ülkelere göre tür, adet ve yayımlanma yılları 60
Çizelge 4.5	Farklı ülkelerde yayınlanan “Okullar için Tasarım Kılavuzları” 62
Çizelge 4.6	Farklı ülkelerde yayınlanan “Okullarda Retrofit Kılavuzları” 70
Çizelge 4.7	Farklı ülkelerde yayınlanan “Okullarda Enerji Kullanım Kılavuzları” 72
Çizelge 4.8	Farklı ülkelerde yayınlanan “Okul Aydınlatma Tasarımı Kılavuzları” 74
Çizelge 4.9	Kılavuzlardaki aydınlatma konularına genel bakış 77
Çizelge 4.10	Kılavuzlarda derslikler için önerilen yapay aydınlatma koşulları 78
Çizelge 4.11	Kılavuzlarda derslikler için önerilen doğal aydınlatma koşulları 79
Çizelge 4.12	Kılavuzlarda yer alan kaynaklar 80
Çizelge 5.1	Yeni tasarlanacak okullarda sürdürülebilir aydınlatma sistemi tasarımı paydaş listesi 90
Çizelge 5.2	AHS değerlendirme ölçeği 94
Çizelge 5.3	AHS ikili karşılaştırma matrisi ile göreceli önem derecelerinin belirlenmesi..... 95
Çizelge 5.4	Mevcut okullarda sürdürülebilir aydınlatma sistemi iyileştirme işlemi aydaş istesi 98
Çizelge 5.5	Aydınlatma sistemi durum belirleme yöntemleri, paydaş ve işlem özellikleri 100

Çizelge 5.6	Aydınlatma açısından yetersiz mekanların önceliklerinin belirlenmesi örneği	103
Çizelge 5.7	Aydınlatma ölçütleri açısından iyileştirme önerileri	104
Çizelge 5.8	Aydınlatma tasarım önerilerine yönelik genel bilgiler(Ne-Neden-Nasıl)	107
Çizelge 5.9	Derslikler için aydınlatma kılavuz çizelgesi	108
Çizelge 5.10	Koridor için aydınlatma kılavuz çizelgesi	109
Çizelge 5.11	Ofis için aydınlatma kılavuz çizelgesi	110
Çizelge 5.12	Kütüphane için aydınlatma kılavuz çizelgesi	111
Çizelge 5.13	Fen laboratuvarı için aydınlatma kılavuz çizelgesi	112
Çizelge 5.14	Bilgisayar laboratuvarı için aydınlatma kılavuz çizelgesi	113
Çizelge 5.15	Görsel sanatlar dersliği için aydınlatma kılavuz çizelgesi	114
Çizelge 5.16	Çok amaçlı salon için aydınlatma kılavuz çizelgesi	115
Çizelge 5.17	Ramazanoğlu Ortaokulu (RO) genel özellikleri	116
Çizelge 5.18	Aydınlatma sistemi durum belirleme işlemi	118
Çizelge 5.19	Mevcut doğal aydınlatma düzeni özellikleri	119
Çizelge 5.20	Mevcut yapay aydınlatma düzeni özellikleri	120
Çizelge 5.21	Mekanların iç yüzey özellikleri	121
Çizelge 5.22	Aydınlık düzeyi ölçme sonuçları (6 Aralık 2016, 12 Aralık 2017)	123
Çizelge 5.23	Adana ili gök koşulları.....	124
Çizelge 5.24	Adana ili için ilgili hesap tarihlerindeki gök model sonuçları	125
Çizelge 5.25	Kuzeydoğu dersliği doğal aydınlatma benzetim sonuçları	125
Çizelge 5.26	Kuzeydoğu dersliği mevcut yapay aydınlatma benzetim sonuçları	125
Çizelge 5.27	Öğretmenler tarafından verilen cevaplar	126
Çizelge 5.28	Öğrenci anket formlarının değerlendirilmesinde kullanılan puan aralıkları.....	127
Çizelge 5.29	Öğrenci gözlem anket formu aydınlık düzeyi sonuçları	127
Çizelge 5.30	Öğrenci gözlem anket formu kamaşma sonuçları	128
Çizelge 5.31	Öğrenci gözlem anket formu rahatsızlık veren durumlar	128
Çizelge 5.32	Kısa vadeli aydınlatma iyileştirme önerileri	130
Çizelge 5.33	Mevcut durum ve doğal aydınlatma iyileştirme seçenekleri	131
Çizelge 5.34	Mevcut durum ve yapay aydınlatma iyileştirme seçenekleri	132
Çizelge 5.35	Yapay aydınlatma iyileştirme seçenekleri	133
Çizelge 5.36	Enerji kullanımı ve görsel konfor ölçütlerinin göreceli önem dereceleri..	134
Çizelge 5.37	Parametrelerin puan aralıkları	134
Çizelge 5.38	Aydınlatma seçeneklerinin toplam puanları	135

EĞİTİM YAPILARINDA SÜRDÜRÜLEBİLİR AYDINLATMA TASARIMI İÇİN BÜTÜNCÜL BİR YAKLAŞIM

Kasım ÇELİK

Mimarlık Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. F. Rengin ÜNVER

Eğitim uzmanları onlarca yıl başarılı bir eğitim programının bileşenlerini tartışırken, fiziksel ortamı genellikle değerlendirme dışında tutmuşlardır. Eğitimin geliştirilmesine yönelik yapılan çalışmalarda, okul binalarının fiziksel özelliklerinin akademik performans üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı düşünülmüştür. Bu nedenle yapılan araştırmalardan istenilen sonuçlar elde edilememiştir. Daha sonra yapılan çalışmalar bu görüşün aksine bilgiyi elde etmenin en önemli parçalarından birisinin eğitim programının yanında, öğrenme ortamının fiziksel koşulları olduğunu göstermiştir. Okulların fiziksel özelliklerinin eğitim üzerinde etkili olduğu pek çok çalışmada ele alınmış ve deneysel olarak da kanıtlanmıştır. Bu bakımdan, okul yapıları da tasarlanmış bir çevre olarak, eğitsel faaliyetleri etkiler ve içinde bulunan sosyal grubun davranışını belirler. Bu bağlamda okul öncesinden başlayarak ilk, orta, lise ve yükseköğrenime kadar değişik yaş gruplarına kadar tüm öğrenci kitlesine hizmet veren eğitim yapılarının çağın şartlarına ayak uydurması, nitelikli bireylerin yetişmesi açısından önemli bir koşuldur. Hangi öğrenci grubuna hizmet verirse versin, bir toplumun geleceğini inşa edecek bireylerin yetiştirildiği eğitim yapılarında kullanıcıların tüm eylemlerini verimli ve konforlu bir biçimde gerçekleştirmesini sağlayacak ortamlar oluşturulmalıdır.

Eğitim standartlarını ve öğrencilerin öğrenme performansını yükseltmek için mevcut okulların nasıl daha iyi duruma getirilebileceği ve yeni okul binalarının nasıl tasarlanması gerektiği önemle düşünülmesi gereken bir konudur. 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. Aydınlatma konusu, öğrencilerin akademik performanslarını arttırması, göz sağlıklarını koruması ve bulundukları mekandan hoşnut olmalarını sağlaması gibi pek çok olumlu etkiye sahiptir.

Tez kapsamında yeni yapılacak okul binalarının aydınlatma sistemlerinin tasarlanması, mevcut olanlarının ise durumunun değerlendirilmesi ve iyileştirilmesine yönelik bilgi ve öneriler sunulmuştur. Bu amaçla ilk olarak eğitim yapılarının aydınlatma sistemleri ilgili temel ölçüt ve sistemler açıklanmış, mevcut aydınlatma sistemlerinin durumunun belirlenmesine yönelik “Kullanım Sonrası Değerlendirme (KSD)” yöntemleri tanıtılmış ve oluşturulan değerlendirme araçları ile alan çalışması gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, aydınlatma sistemi seçimlerinde tasarımcıların karar vermesini hızlandırmak amacıyla “Karar Destek Sistemi (KDS)” yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Sürecinden (AHS, İng. Analytic Hierarchy Process; AHP) faydalanılmıştır. Okul binalarındaki aydınlatma sistemlerinin tasarımına yönelik olarak aydınlatma kılavuz çizelgeleri oluşturulmuş ve bu kılavuz yardımıyla mevcut bir ortaokul binasının aydınlatma sistemi iyileştirme işlemi için öneriler sunulmuştur. Geliştirilen sürdürülebilir aydınlatma tasarımı yaklaşımıyla, özellikle “eğitim yapıları” gibi gün boyu kullanılan, görsel konforun üst düzeyde olması gereken mekanlarda görme eylemi açısından yetkin, enerjiyi verimli kullanan ve çevreye en az zararı veren aydınlatma çözümleri sunularak tasarımcı ve uygulayıcılara yol gösterilmesi hedeflenmiştir.

Belirlenen amaçlar doğrultusunda tezin ilk bölümünde eğitim yapılarında aydınlatma konusuna yönelik yapılmış çalışmalar ile ilgili literatür araştırmasına yer verilmiş, tezin amacı ve kapsamı açıklanmıştır.

İkinci bölümde sürdürülebilirlik kavramı ve mimari üzerindeki etkileri ile sürdürülebilir okullar konularına değinilmiş, sürdürülebilir aydınlatma ve sürdürülebilir aydınlatma tasarımının ana bileşenleri olan görsel konfor, enerji kullanımı, çevresel etki ve maliyet konuları ele alınmıştır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde aydınlatma ölçütleri ve aydınlatma sistemleri tanıtılmıştır. Ayrıca, işlevini yerine getiremeyen aydınlatma sistemlerinin iyileştirilmesi (retrofit) işlemiyle ilgili tanımlar, gerekli koşullar ve aydınlatmada yenilebilir enerji kullanımı konularına değinilmiştir.

Dördüncü bölümde eğitim yapılarındaki aydınlatma alanları tanımlanmış, eğitim yapılarının tasarımına ya da aydınlatma sistemlerine ilişkin çeşitli kurumlar tarafından hazırlanan kılavuzlar detaylı olarak incelenmiştir. Çeşitli kurum ve kuruluşlar tarafından yayımlanan bu kılavuzlardaki doğal ve yapay aydınlatma koşulları ile referans aldıkları kaynaklar verilmiş, kılavuzlardaki bilgiler çizelgeler halinde sunulmuştur.

Beşinci bölümde çalışmada ortaya konulan sürdürülebilir aydınlatma tasarımı yaklaşımı sunulmuş, yaklaşımın amacı, kapsamı ve bölümleri açıklanmıştır. Yaklaşım kapsamında yeni tasarlanacak ve mevcut okul binalarına yönelik oluşturulan iş akış şeması ve şemanın işlem adımları tanıtılmıştır. Daha sonra oluşturulan sürdürülebilir aydınlatma tasarımı yaklaşımı kapsamında okul yapılarına yönelik hazırlanmış aydınlatma kılavuz önerileri sunulmuştur. Mevcut okul yapılarının aydınlatma sistemlerinin durumlarının belirlenmesi ve iyileştirilmesine yönelik değerlendirme araçları (ölçme, gözlem ve anket formları) oluşturulmuş, yaklaşımın uygulanması amacıyla Adana’da yer alan bir

ortaokul binasında alan çalışması gerçekleştirilmiştir. Ele alınan okul binasının aydınlatma sisteminin durumu “Kullanım Sonrası Değerlendirme (KSD)” yöntemleri ile belirlenip, oluşturulan aydınlatma kılavuzu ışığında aydınlatma önerileri sunulmuştur. Elde edilen bilgiler değerlendirilip “Karar Destek Sistemleri (KDS)” yöntemleri kullanılarak en uygun aydınlatma sistemi önerisinin seçimi gerçekleştirilmiştir.

Altıncı bölümde çalışma sonucundaki çıkarımlar ile sürdürülebilir aydınlatma yaklaşımıyla elde edilen kazanımlar açıklanmış ve çalışma kapsamında üretilen bilgiler, öneriler sunulmuştur. Ayrıca, gelecek çalışmalara altlık oluşturması amacıyla öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Eğitim yapıları, Sürdürülebilir aydınlatma, Bütüncül aydınlatma tasarımı, Retrofit.



**A HOLISTIC APPROACH TO SUSTAINABLE LIGHTING DESIGN IN
EDUCATIONAL BUILDINGS**

Kasım ÇELİK

Department of Architecture

PhD. Thesis

Adviser: Prof. Dr. F. Rengin ÜNVER

While educators have been discussing the components of a successful educational program for decades, the physical environment has often been excluded from evaluation. Studies aimed at improving education were not able to achieve the desired results because the quality of school buildings was considered to have no effect on academic performance. Later studies have shown that one of the most important parts of getting information is the school buildings. The fact that the physical characteristics of schools are influential on education has been studied and proven experimentally in many studies. In this regard, school settings also determine the behaviour of the social group that influences and interacts with educational activities as a designed environment. In this context, it is an important condition for the education of qualified individuals to keep up with the requirements of the times, starting from the beginning of the school and serving to the whole population of students, ranging from primary, middle, high school and higher education to various age groups.

It is important to think about how the existing schools can be improved and how new school buildings should be designed to raise the educational standards and the learning performance of students. When designing a school, only the room sizes and the number of classrooms should not be reserved, all the components of the school should be considered, and the physical comfort conditions, especially lighting, must be

considered. The lighting issue has many positive effects such as increasing students' academic performance, protecting their eye health and making them satisfied with the place they are in.

The sustainable lighting design approach presented within the scope of the thesis provides information and suggestions for designing, evaluating and improving the lighting schemes of the existing and new designed school buildings. For this purpose, "post-occupancy evaluation (POE)" methods for determining the condition of existing lighting systems of educational buildings were introduced and field studies were carried out with the evaluation tools. In addition, the "Analytical Hierarchy Process" (AHP) method has been utilized from "decision support systems" to make a decision easily in lighting system selection. Lighting guideline charts have been created for the design of lighting schemes in school buildings, and with this guide lighting recommendation for the improvement of the lighting system of an existing middle school building have been presented. With the developed approach, it is aimed to guide the designers and practitioners by providing lighting solutions that are competent, energy efficient, and least harmful to the environment in terms of visual acuity in the places where visual comfort should be used all day long, especially in "educational buildings".

In the first part of the thesis in the direction of the determined aims, the literature research about the studies about the lighting in the educational buildings is given and the purpose and scope of the thesis are explained.

In the second part, the concepts of sustainability and its effects on architecture and sustainable schools are addressed. Sustainable lighting and the main components of sustainable lighting design are the visual comforts, energy use, environmental impact and cost, were considered.

In the third part of the thesis, the characteristics of the lighting in the educational buildings, lighting criteria and lighting systems have been introduced. In addition, the definitions, required conditions, retrofit process, which enable the improvement of non-functioning lighting systems, and use of renewable energy in the lighting have been addressed.

In the fourth part, areas, where should be illuminated in educational buildings, have been defined and the guides prepared by the various institutions for the design of the educational buildings or the lighting systems have been examined in detail. The natural and artificial lighting conditions and reference sources of these guides published by various institutions and organizations are given, and the information in the guides are presented in charts.

In the fifth part of the study, the sustainable lighting approach presented in the study is defined, the scope and parts of the approach are explained. Within the scope of the approach, the workflow diagram for the new and existing education buildings and the steps of the process are introduced. Later on, a proposal guidebook of lighting for new school buildings was presented, which is the first step in the sustainable lighting approach. Measurement, observation and questionnaire forms were prepared for the second step of the approach to the determination and improvement of the conditions of the lighting systems of existing school buildings. In order to implement the

approach, a field study was carried out in a secondary school in Adana. After determining the status of the lighting system of the school building in question and providing the lighting recommendations in the proposal lighting guide, the information provided was evaluated and decision support systems and the lighting system proposal were selected in the most appropriate way.

In the sixth part, the conclusions obtained from the results of the study and the achievements with the approach of sustainable lighting are explained and the information and suggestions are presented. In addition, suggestions were presented to form a base for future works.

Keywords: Educational buildings, Sustainable lighting, Holistic lighting design, Retrofit.



1.1 Literatür Özeti

Eğitim, kişilerin yaşam boyu yeni bilgiler öğrenmesine devam etmesini ve toplum içinde yer almasını sağlayan önemli bir süreçtir. İyi bir eğitim, başta eğitim programı olmak üzere okul içindeki olumlu sosyal iletişim ve nitelikli çevreye bağlıdır. Eğitimin gerçekleştirildiği ortam olan okul yapıları, hem sosyal bir çevre hem de işlevsel bir mekanlar topluluğudur.

İnsanların gelişiminde rol oynaması, bulunduğu çevreyi dolaylı ve dolaysız yönlerden etkilemesi ve enerji tasarruf potansiyeli gibi çeşitli konular eğitim yapılarına yönelik çalışmaların önemini arttırmaktadır. Okulların fiziksel özelliklerinin eğitim üzerinde etkili olduğu pek çok çalışmada ele alınmış ve deneysel olarak da kanıtlanmıştır. Bu açıdan okul binalarının, tasarlanmış bir çevre olarak eğitsel faaliyetleri doğrudan olumlu veya olumsuz yönde etkilediği söylenebilir. İlgili literatürde eğitim yapıları, aydınlatma ve aydınlatmanın öğrenci performansı üzerindeki etkilerinin incelenmesi gibi birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya da devam edilmektedir.

Çalışma kapsamında literatürdeki eğitim yapılarının aydınlatma sistemlerinin de içinde bulunduğu fiziki ortam koşullarının öğrenciler üzerindeki etkileri, eğitim yapılarındaki aydınlatma sistemlerinin tasarımına ve yenilenmesine yönelik yapılmış çalışmalar ve okullardaki aydınlatma sistemlerinin sahip olduğu enerji tasarruf potansiyelleri gibi konular incelenmiştir. İlk olarak literatürde yer alan eğitim yapılarındaki aydınlatma koşullarına ilişkin çalışmalar, ikinci olarak çeşitli kuruluşların okul aydınlatma

sistemlerine yönelik hazırladıkları kılavuzlar incelenmiştir. Kılavuzlarla ilgili bilgiler Bölüm 4’te, eğitim yapılarına yönelik yapılmış kimi çalışmalar ise aşağıda özetlenmiştir.

Baskan [1], doktora tezinde lise binalarındaki dersliklerin, aydınlatma tasarımının ölçütlerinin belirlenerek, optimum enerji kullanımı ve görsel konfor koşullarına uygunluğunu ölçecek bir değerlendirme yönteminin geliştirilmesini amaçlamıştır.

Çalışmada bir tip lise binasının derslik hacmi ele alınmış, görsel konfor ve optimum enerji kullanımına yönelik olarak, doğal ve yapma aydınlatma düzenleri ile günışığı ve lamba ışığının birlikte kullanıldığı bütünleşik aydınlatma düzenleri incelenmiştir. Belirlenen gün ve saatlerde, hacim içinde sağlanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri verilmiştir. Ayrıca, derslik aydınlatması için uygun, değişik yansıtıcı ve yayıcı özelliklerine sahip, aydınlatma aygıtları seçilerek, tip derslik hacminde on ayrı aydınlatma düzeni kurulmuştur. Bu düzenler, görsel konfor etkenleri olan aydınlığın niceliği ve aydınlığın niteliği ile enerji harcaması yönlerinden değerlendirilmiştir. Seçilen derslikte, mevcut ve öneri aydınlatma düzenleri, yerinde ölçme ve kullanıcı anketleriyle incelenerek, değerlendirilmiştir.

Graça, Kowaltowski ve Petreche [2], yaptıkları çalışmada Brezilya’daki 39 ortaokulun dersliklerini akustik, ısısal, görsel konfor ve işlevsellik açısından değerlendirmiştir. Değerlendirmenin amacı mevcut okullardaki kullanıcıların memnuniyetlerini ölçerek en iyi çözümün hangisi olduğuna karar vermek ve tasarımcılara yol göstermektir. Çalışmada öğrenci performansları ile okulların fiziki ortam koşulları ilişkilendirilmemiştir. Yalnızca kullanıcıların memnuniyetleri “bulanık küme kuramı (fuzzy set theory)” yöntemiyle ölçülerek sonuçlar değerlendirilmiştir. Ele alınan dört parametrenin anket sonuçları değerlendirilmiş ve dört parametre için optimum çözümün eğitim yapıları açısından hangileri olduğu belirlenmiştir. Çalışma konfor koşullarının, bina biçimi, yönlenme, işlevlerin binadaki yeri ve açıklıklarla ilişkili olduğunu göstermiştir.

Kesten [3], yaptığı çalışmada eğitim binalarının enerji etkin aydınlatma tasarımının temel prensiplerine değinmiştir. Avrupa Birliği 6. çerçeve programı kapsamındaki “Sürdürülebilir Mimarinin Kamu Kullanımındaki Binalarda Uygulamaları” (Sustainable Architecture Applied to Replicable Public-Access Buildings) projesi içinde yer alan

Fransa'daki Salvangy Şehir Okulu (Municipal School of La Tour De Salvagny) örnek çalışmasını incelemiş, projenin amacı ve tasarım aşamasında değerlendirilmesi gereken tüm parametreleri belirlemiştir. Belirlediği bu parametreler ışığında seçtiği bir derslikte var olan aydınlatma tasarımına alternatif bir aydınlatma sistemi önermiş ve mevcut durumla karşılaştırmıştır. Öneri durumda dersliğe tepe ışıklıkları ve güneş kontrol elemanları eklenmiştir. Elde edilen sonuçlar günışığından maksimum yararlanmanın aydınlatma için harcanan enerji miktarını düşürdüğünü göstermiştir.

Güvenkaya [4], yaptığı doktora çalışmasında eğitim binalarının enerji etkin tasarım bakış açısıyla değerlendirilmesini amaçlamıştır. Bu nedenle iklimsel ve görsel konfor koşullarının sağlanması ve yapma aydınlatma enerji yüklerinin minimize edilmesinde, yönler göre uygun kabuk ve gölgeleme araçlarının belirlenmesi üzerine bir yaklaşım önerisi getirmiştir. Çalışmada hacim içerisinde günışığı aydınlık düzeylerinin belirlenmesinde "Radiance 2.0 Beta" simülasyon programı kullanılmıştır. İstanbul iline ait bölgesel veriler programa girildikten sonra, mevcut kabuk (A kabuk), Öneri kabuk 1 (B kabuk)-sabit gölgeleme araçları ve Öneri kabuk 2 (B kabuk)-hareketli gölgeleme araçları için derslikteki günışığı aydınlık düzeyleri hesaplatılmıştır. Çalışma sonucunda enerji kullanımı açısından gölgeleme araçları sabit olan öneri kabuk, doğu ve batı yönlerinde mevcut kabuktan daha fazla enerji harcarken güney yönde daha az harcamıştır. Gölgeleme araçlarının hareketli olduğu önerinin ise tüm yönlerde mevcut kabuktan daha az enerji harcadığı görülmüştür.

Yener, Güvenkaya ve Şener [5], İstanbul'da 2006-2007 ve 2007-2008 akademik yıllarında eğitim süresi içinde kalan saatlerde 4 özel, 4 resmi okul olmak üzere 8 ilköğretim binasında toplam 18 derslikte mevcut görsel konfor koşullarını incelemişlerdir. Bu incelemelere dayanarak ele alınan dersliklerde yeterli aydınlık düzeyinin sağlanması, doğal ve yapma aydınlatma sistemlerinin bütünleştirilebilmesi, dolaysız güneş ışığının kontrolü ve yapma aydınlatma sisteminin genel olarak bakım durumuna ilişkin değerlendirilmeler gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda, tümü yan pencerelerle günışığı alan derslik hacimlerinde çalışma düzlemi üzerinde sağlanması gereken 300 (lm/m²; lux) değerinin tüm noktalarda günışığı ile sağlanamadığı, ancak yapma aydınlatmanın devreye girmesiyle bu değer sağlanabildiği tespit edilmiştir. Dersliklerde yazı tahtalarına yönelik bir aydınlatma

sisteminin bulunmadığı ve genellikle devlet okullarında bulunan dersliklerinin aydınlatma sistemlerinin bakımsız olduğu belirlenmiştir.

Winterbottom ve Wilkins [6], İngiltere’de bulunan, 11 farklı okuldan seçtikleri 90 derslikte yaptıkları araştırmada, aydınlatma düzeni ve tefrişlerin konumundan dolayı sıra yüzeyi ve tahta üzerinde oluşan kamaşma probleminin öğrencilerin performansı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Yüksek renk sıcaklığındaki (6000 K) ve yüksek frekanstaki (100 Hz) flüoresan lambaların öğrencilerde baş ağrısına neden olduğu belirlenmiştir. Bu lambaların yerine 3500K dolaylarında ve daha düşük frekanslı flüoresan lambaların kullanılması önerilmiştir. Dersliklerde kullanılan projeksiyon aletlerinin yeterli yükseklikte konumlandırılmamasının kamaşmaya neden olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, dersliklerde kullanılan parlak tahta yüzeylerinin de kamaşmaya neden olduğu gözlemlenmiştir.

Hill ve Kathryn [7], yaptıkları çalışmada üniversitelerde yer alan dersliklerin fiziki konfor koşullarının mı yoksa gelişmiş teknoloji araçlarının mı öğrenmede daha etkili olduğunu belirlemeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla mevcut bir derslik ile yenilenmiş bir derslikte öğrenim gören 227 öğrenciye anket uygulanmış ve anket sonuçları değerlendirilmiştir. Öğrenciler bir dönem boyunca, iki ders kapsamında derslerinin ilk bölümüne mevcut derslikte, ikinci bölümüne ise yenilenmiş derslikte devam etmişlerdir. Mevcut derslik kolçaklı sandalyelerden oluşan 60 kişilik bir oturma düzenine, yenilenmiş derslik ise 85 kişilik sıra düzeninden oluşan masalara sahiptir. Mevcut dersliğin, aydınlatma düzeninde kontrol sistemi bulunmazken yenilenmiş dersliğin aydınlatma sisteminde bölgesel olarak açılıp kapanabilen bir kontrol sistemi bulunmaktadır. Yenilenmiş derslikteki sıralarda öğrencilerin laptopları için çalışma alanı bulunmaktadır, mevcut derslikte ise bulunmamaktadır. Bu iki derslik öğrencilerin anketleri sonucu değerlendirildiğinde, üniversitelerdeki dersliklerin fiziki konfor koşullarının öğrenci performansını ilköğretim ve liselerdeki kadar etkilemediği görülmüştür. Öğrenciler tarafından dersliklerin teknolojik olanaklara sahip olmasındansa, rahat sıralara ve iyi bir aydınlatma sistemine sahip olmaları tercih edilmektedir. Ayrıca, yenilenmiş dersliklerdeki öğrenci memnuniyetinin mevcut derslikteki öğrencilerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Erlalelitepe, Aral ve Kazanasmaz [8], yaptıkları çalışmada genel hatlarıyla eğitim yapıları için doğal aydınlatma tasarım ilkeleri ve yaygın olarak kullanılan tasarım elemanlarını incelemişler, mevcut bir eğitim yapısının aydınlatma performansına yönelik ölçmeler ve değerlendirmeler yapmışlardır. Çalışmada İzmir Yüksek Teknoloji Üniversitesi'nde yer alan Makine Fakültesi'ndeki amfi, derslik, laboratuvar, ofis ve galeri olmak üzere 5 hacim ele alınmıştır. Bu hacimlerin günışığı performansları 2011 Kasım ve Aralık aylarında yapılan yerinde ölçmelerle değerlendirilmiştir. Sonuç olarak yapı kabuğunda bulunan balkon şeklindeki güneş kiranların yapının içine günışığının yeterince girmesini engellediği belirlenmiştir. Ayrıca, pencerelerde kullanılan camların ışık geçirme çarpanlarının düşük olması nedeniyle hacme giren günışığında azalma olduğu ve bu nedenle çalışma düzlemi (sıra) üzerindeki aydınlığın yetersiz olduğu gözlemlenmiştir. Eğitim yapılarında tasarım aşamasında verilecek kararların günışığı ve aydınlatma açısından önemli olduğu vurgulanmıştır.

Ulusan [9], yaptığı çalışmayla eğitim yapılarını enerji etkin aydınlatma açısından değerlendirmiş ve önerdiği aydınlatma kontrol sistemiyle, dersliklerdeki görsel konfor koşullarının minimum enerji tüketimiyle sağlanabileceğini dile getirmiştir. Çalışmada İstanbul'da bulunan bir lise binasında yer alan iki derslik ele alınmış ve bu derslikte bulunan öğrencilere aydınlatma düzeni ile ilgili anket soruları yöneltilmiştir. Anket sonucunda öğrencilerin, dersliklerinin aydınlatmasını yetersiz buldukları ortaya çıkmıştır. Dersliklerde mevcut olan aydınlatma düzeninin geliştirilmesi esasına dayanarak, bir otomasyon sistemi kullanarak aydınlatma kontrolü önerilmiştir. Dersliklerde var olan flüoresan lambaların loşlaştırılabilmesini sağlamak için, öncelikle mevcut manyetik balastlı aygıtlar yerine, elektronik balastlı aygıtların kullanılması, mevcut elektrik tesisatı korunarak, sisteme günışığı ve hareket algılayıcılarının yerleştirilmesi önerilmiştir. Ayrıca, önceden belirlenen aydınlık düzeylerinin otomatik olarak bilgisayar tarafından kontrolünün sağlanmasının da yararlı olacağı belirtilmiştir.

Şansal [10], doğal ışığın ruh ve beden sağlığı üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, ilköğretim dersliklerinde doğal ışığa daha fazla maruz kalan öğrencilerle, daha az günışığına maruz kalan öğrencilerin ruh halleri ve performanslarını gözlemlemiştir. Farklı enlemde yer alan Ankara/Türkiye ve Kent/İngiltere şehirlerinde bulunan iki ilkokulda alan çalışması gerçekleştirmiştir. Çalışma kapsamında ele alınan okullardaki

öğrencilerin günlük uyku durumu, uyku kalitesi, ruh halleri ile ilgili bilgiler toplanmış ayrıca öğrencilerin melatonin ve kortizol seviyeleri için tükürük örnekleri alınmıştır. Bu bilgilere ek olarak öğrencilerin dönem içindeki sınavlardan aldıkları başarı notları toplanmıştır.

Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde göz seviyesinde yeteri kadar günışığına maruz kalan öğrencilerin performansının diğer öğrencilere göre daha başarılı olduğu görülmüştür. Ayrıca, ruh hali, uyku kalitesi ve uyku durumu açısından da doğal aydınlatmanın öğrenme üzerinde olumlu etkisi olduğu gözlemlenmiştir.

Yang, Gerber ve Mino [11], yükseköğretim derslikleri konfor şartlarının, öğrenci memnuniyeti ve performansı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışma kapsamında bir üniversitede bulunan 2 normal derslik, 2 teknoloji dersliği ve 2 amfi olmak üzere toplam 6 farklı derslikte öğrenim gören toplam 674 öğrenciye anket uygulanmıştır. Ankette öğrencilere dersliğin ambiyans, mekan ve teknolojik özellikleriyle ilgili sorular yöneltilmiştir. Çalışma sonucunda derslik düzeni, tefriş, sıcaklık, akustik, hava kalitesi ve aydınlatmanın öğrenci memnuniyetini etkilediği belirlenmiştir.

Sleegers ve arkadaşları [12], yaptıkları çalışmada farklı aydınlık düzeyi ve renk sıcaklığına sahip aydınlatma senaryolarının (350 lux ve 1000 lux arasında değişen yatay aydınlık düzeyi ile 3000 ile 12000 K arasında değişen renk sıcaklıkları) öğrenciler üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla, ilköğretim çağındaki 98 öğrencinin farklı aydınlatma senaryoları altındaki performanslarını iki aşamada gözlemlenmiştir. Çalışmanın ilk adımı çocukların öğrenim gördüğü derslikte, ikinci adımı ise pencere olmayan deney hacminde gerçekleştirilmiştir. Öğrencilerin dikkat seviyelerini ölçmek amacıyla Brickenkamp ve arkadaşları tarafından geliştirilen “d2 dikkat testi” kullanılmıştır. Çalışmanın bulguları, öğrenme için aydınlatmanın önemini vurgulamaktadır. Sonuçlar, aydınlatma sisteminin öğrencilerin konsantrasyonu üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermiş ve bu konuda daha fazla araştırma yapılması için çeşitli öneriler sunulmuştur.

Yılmaz [13], yaptığı doktora çalışmasında aydınlatma tasarımının görsel konfor, enerji performansı, çevresel etki ve maliyet etkinlik açısından değerlendirilmesi gibi sürdürülebilir aydınlatma tasarımını doğrudan etkileyen konuları kapsayan ve optimum

aydınlatma tasarım kararının elde edilmesinin hedeflendiği bir “Aydınlatma tasarımı yaklaşımı” geliştirmeyi ve yaklaşımın Türkiye örneği için uygulanmasını sağlamayı amaçlamıştır. Çalışmada ilk olarak yöntemi oluşturan dört başlık hakkında bilgi verilerek bu adımlarda izlenen yollar anlatılmıştır. Daha sonra yaklaşımın uygulaması olarak Milli Eğitim Bakanlığı tarafından yaptırılan 16 derslikli bir tip ilköğretim okulunun bir dersliği ele alınmıştır. Derslik hacmi için 5 doğal aydınlatma, 3 yapma aydınlatma ve 3 aydınlatma kontrol senaryosu oluşturulmuştur. Hacme yönelik yeni bir tasarım yapılmamış, yalnızca mevcut derslik hacmine güney yönde dış cephede olmak üzere sabit güneşkıran elemanlar eklenmiştir. Çalışmanın sonucunda oluşturulan aydınlatma tasarım göstergesi ile optimum aydınlatma tasarımı belirlenerek tasarımcılara yol gösterilmesi amaçlanmıştır.

İlgili literatür incelemesinin sonucu olarak yapılmış çalışmaların ortak yanının, eğitim yapılarının aydınlatma düzenlerini sadece derslik düzeyinde ele alınmış olduğu söylenebilir. Eğitim yapılarının bünyesinde bilindiği gibi dersliklerin yanı sıra idari mekanlar, laboratuvarlar, ortak alanlar, çok amaçlı salonlar ve spor salonları gibi pek çok farklı işleve sahip birim bulunmaktadır. Bu birimlerin de uygun fizik ortam parametrelerinden biri olan aydınlatma açısından tasarım aşamasında ele alınması daha bütüncül sonuçlar elde edilmesini ve eğitim binalarının sürdürülebilir, çevre dostu ve enerjiyi etkin kullanacak nitelikte tasarlanmış olmalarını sağlayacaktır.

1.2 Tezin Amacı

Bu tez çalışmasıyla eğitim yapılarında yer alan mekanların aydınlatma sistemlerinin sürdürülebilirlik çerçevesinde kurgulanması ve yeterlilik durumunun geliştirilen yöntemlerle belirlenmesi, iş akış şemaları ve aydınlatma önerileriyle tasarlanacak/iyileştirilecek aydınlatma sistemleri açısından tasarımcılara yol gösterecek kılavuz bir çalışma oluşturulması hedeflenmiştir. Bu bağlamda tez çalışması kapsamında ortaya konulan sürdürülebilir aydınlatma yaklaşımıyla hedeflenen konular:

- Eğitim yapılarında sürdürülebilir aydınlatma tasarımına bütüncül bir bakış sağlamak amacıyla tasarım sürecinde yer alması gereken eylemleri ve paydaşları iş akış şemaları aracılığıyla tanıtmak,

- Eğitim yapılarının aydınlatma sistemlerinin tasarlanması açısından gerekli bilgi ve verileri sunan bir aydınlatma kılavuz önerisi sunmak,
- Mevcut eğitim yapılarının aydınlatma sistemlerinin değerlendirilmesi ve iyileştirilmesine yardımcı olacak yöntemleri tanıtmak ve bu yöntemlere uygun olarak değerlendirme araçları oluşturmak

olarak sıralanabilir. Böylece gelecek nesillerin sürdürülebilirlik çerçevesinde kurgulanmış aydınlatma sistemleri ile aydınlatılmış ortamlarda öğrenimlerini sürdürmelerinin sağlanması amaçlanmaktadır.

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. İncelemeler sonucunda tez çalışmasında konunun yeni yapılacak eğitim yapılarının aydınlatma tasarımı ve mevcut okul binalarının aydınlatma sistemlerinin değerlendirilmesi olarak iki bölümde ele alınarak, “sürdürülebilir aydınlatma tasarımına yönelik bütüncül bir yaklaşım” ve bu yaklaşıma uygun olarak hazırlanan “aydınlatma kılavuzu” bölümlerinden oluşturulması hedeflenmiştir.

1.3 Hipotez

Bir eğitim yapısının tasarımında en önemli etkenlerden biri de fiziki ortam koşullarıdır. Özellikle görsel konforla ilgili olan aydınlatma konusu öğrencilerin ve öğretmenlerin performansını doğrudan etkileyen en önemli konulardan biridir. Ayrıca, sürdürülebilirlik bağlamında bir yapının aydınlatma tasarımı görsel konfor, çevresel etki, maliyet ve enerji performansı konularında uygun koşulları da sağlamalıdır.

Bu bağlamda çalışmanın hipotezi aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Eğitim yapılarının tasarım sürecinde verilecek doğru kararlar ile gerekli görsel konfor koşullarını sağlarken aynı zamanda enerjiyi etkin kullanan, çevreye en az

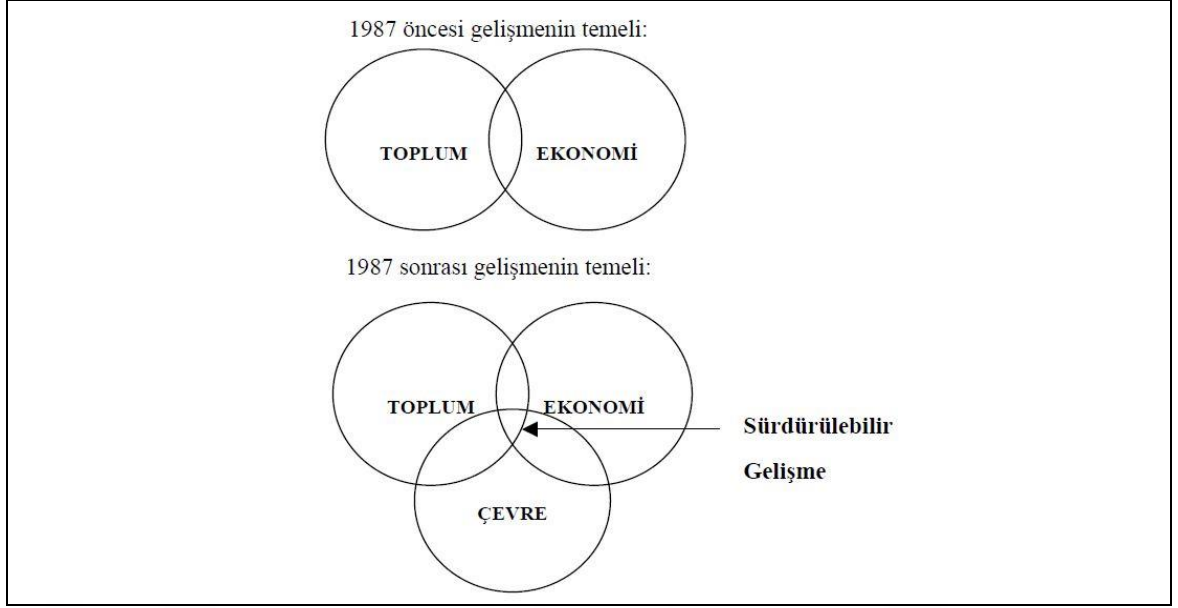
zararı veren ve ekonomik aydınlatma düzenlerinin kurgulanmasında yardımcı olacak bir yaklaşım oluşturulabilir.

- Mevcut okulların aydınlatma sistemleri periyodik aralıklarla görsel konfor açısından kontrol edilmeli ve değerlendirilmelidir. Uygun bir yaklaşım ve kontrol araçları yardımıyla okulların mevcut aydınlatma sistemlerinin kontrol edilmesi ve değerlendirilmesi olanaklıdır.
- Okul binalarındaki aydınlatma sistemlerinin tasarımına yol gösterecek kılavuzlar hazırlanabilir.

Çalışma sonucunda ortaya konulan sürdürülebilir aydınlatma tasarımı yaklaşımı ve aydınlatma kılavuzu aracılığıyla hem yeni tasarlanacak hem de mevcut okullarda yer alan mekanlar için aydınlatma düzenleri kurulabilecektir. Söz konusu sürdürülebilir aydınlatma tasarımı yaklaşımı, kullanılarak Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı bir ortaokul binasında alan çalışmasıyla uygulanabilirliği sınanmıştır.

SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARLIK VE AYDINLATMA

Sanayi Devrimi'yle birlikte çevreyi dikkate almayan yalnızca insan ihtiyaçlarını gidermeye ve doğaya egemen olma anlayışını benimseyen düşünce sistemi, bugünkü çevresel sorunların başlangıcı olmuştur. Bunun devamında küresel ölçekteki çevresel sorunların nedeninin 2. Dünya Savaşı sonrasındaki hızlı ekonomik gelişmeler olduğu söylenebilir. 1960'lerden itibaren çevre sorunlarının farkına varılmasıyla, uluslararası platformlarda tartışmalar başlatılmıştır. 1970'lerdeki petrol krizi, alternatif enerji kaynakları araştırmalarının artmasına neden olan başka bir etken olmuştur. 1970'lerden itibaren ortaya çıkan dünya sisteminin dengeli bir şekilde gelişmesi ve sürdürülebilmesi düşüncesi, Dünya Çevre ve Gelişme Komisyonunun 1987'de yayınladığı Ortak Geleceğimiz Raporu'nda "Sürdürülebilir Gelişme" kavramını gündeme getirmiştir [14]. Bu rapor ile 1987 yılına kadar sürdürülebilirlik tartışmaları toplum ve ekonomi üzerinden devam etse de bu yıldan sonra oluşan bilinçlenme ile çevrenin de küresel gelişimin önemli bir parçası olduğu kabul edilmiştir. Ortak Geleceğimiz ya da diğer bilinen adıyla Brundtland Raporunda sürdürülebilir gelişmenin toplum, ekonomi ve çevrenin kesişimi olarak tanımlanmasında önceki yıllarda çevreyi dikkate almayan düşünce yapısının değişiminde etkili olmuştur (Şekil 2.1).



Şekil 2. 1 Dünyada sürdürülebilirlik konusunda egemen olan gelişim anlayışının değişimi [15]

Sürdürülebilir gelişme bugünün gereksinimleri karşılanırken gelecek nesillerin gereksinimlerini karşılama yeteneklerini ortadan kaldırmayan gelişme olarak tanımlanmakta ve birçok disiplini etkilemektedir. Bu nedenle, doğaya en az zararı vermek ve gelecek kuşaklara yaşanabilir bir ortam için çevre sorunlarının azaltılması gerektiği açıktır. Böylece yerel, bölgesel ve küresel ölçekte yeni enerji kaynaklarının araştırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarından etkin biçimde yararlanılması birçok ülkenin enerji politikalarında yer almaya başlamıştır [16]. Bu bağlamda pek çok ülke ekonomi politikalarını, toplum düzeyinde kabul gören sürdürülebilir gelişme ilkeleri ile oluşturulmaya çalışmaktadır.

Sürdürülebilirlik değerlendirmesi çalışmalarında öncelikle, nesne, tasar ya da sistemin ve sürdürülmek istenen olumlu özellik ya da durumunun açıkça belirlenmesi gerekir. Bu bağlamda, “Özelliği ya da durumu sürdürülecek olan nedir?”, “Sürdürülmek istenen olumlu özellik ya da durum nedir?”, “Nasıl sürdürülecek?”, “Kim tarafından sürdürülecek?”, “Ne kadar süreyle sürdürülecek?”, “Ne zamandan başlayarak sürdürülecek?” sorularına yanıt aranmalıdır [17]. Böylece, sürdürülebilirliğin hangi çerçevede sağlanacağı, amacı ve kapsamı ortaya konabilir.

Sürdürülebilirlik konusu, çevre ve enerji sorunlarında en büyük paya sahip olan binaların doğaya en az zararı vermesini sağlayabilmek için mimarlık disiplini içinde

önemli bir yere sahiptir. Yapılı çevrenin üretiminden, kullanılmasına ve dönüştürülmesine kadar olan çeşitli süreçlerde sürdürülebilirlik ilkeleri göz önünde tutulmalı, doğaya en az zararı verecek çözümler üretilmeli ve çözümlerin sürdürülebilir olmasına önem verilmelidir. Bu bağlamda, sürdürülebilir mimari konusunda yol gösterici olacak her konudaki çalışmanın artırılması gereklidir.

2.1 Sürdürülebilir Mimarlık ve Eğitim Yapıları

Sürdürülebilirlik konusu pek çok disiplinde olduğu gibi mimarlık alanında da son yıllarda bir gündem maddesi haline gelmiştir. Küresel çapta çevre sorunlarının ve enerji tüketiminin yaklaşık olarak yarısının binalar tarafından gerçekleştiği düşünüldüğünde sürdürülebilirliğin mimarlık için önemi daha belirgin bir biçimde ortaya çıkmaktadır. Yeşil mimari, ekolojik tasarım, sıfır enerjili bina tasarımı olarak da karşımıza çıkan sürdürülebilir mimariyi sosyal, ekonomik ve ekolojik sürdürülebilirlik ilkelerine uygun binalar tasarlama felsefesi olarak tanımlayabiliriz.

Ancak sürdürülebilir mimarlık, söz konusu tanımlardaki gibi yalnızca ekoloji veya doğa konusuna odaklanmış değildir; doğanın yanında kültürel ve teknik konuları da ele alan bir bakış açısına sahiptir [18]. Örneğin, literatürde 1970’lerde “çevresel tasarım”, 1980’lerde “yeşil tasarım”, 1980’lerin sonu ve 1990’ların başında “ekolojik tasarım”, 1990’ların ortasından günümüze “sürdürülebilir tasarım” gibi isimlerin kullanıldığı görülmektedir [19]. Bilim ve yüksek teknolojiden yararlanılarak çevre problemlerinin kolaylıkla üstesinden gelineceğine inanılan 1970’li yıllar, mimaride yüksek standart ve konforda yapılı çevreler yaratmak ve optimum tasarımı yakalamak amacıyla analitik araştırmaların yapıldığı, yapı türleriyle tasarım yöntemleri üzerine çalışıldığı bir dönemdir. 1980’li yılların sonuna doğru, doğal kaynaklardan faydalanan, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmayı hedefleyen, insanı doğanın bir parçası, binayı da sağlıklı ve biyolojik bir organizma olarak gören ekolojik bir anlayış gelişmiştir.

Nitekim 1992 yılında ise Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı’nda, Kuzey ülkelerindeki ekonomik büyüme ve kalkınmanın sürekliliğinin “sürdürülebilir gelişme” yaklaşımıyla garanti altına aldığı vurgulanmıştır. Ayrıca, mimarinin kültürel değerleri ve ekolojik yapıyı sürdüren, yerel ekonomik üretimi destekleyen ve kendi kendine yetebilen bir sosyo-ekonomik sisteme hizmet etmesi gerektiği belirtilmiştir [19].

Sürdürülebilirlikte çevreye verilen geriye döndürülemeyen olumsuz etkilerin azaltılması, ekonomik kalkınma hızının korunması ve yaşam kalitesinin artırılması esastır. Ancak, paydaşlar çoğu zaman sürdürülebilir mimarlığı yalnızca binaların çevresel etkilerinin azaltılması şeklinde algılamaktadırlar. Bunun sonucunda da yeşil olarak markalaşan binalar, birbirine yakın coğrafi ortamlarda dahi farklı sürdürülebilirlik düzeylerine sahip olabilmektedir [20].

Sürdürülebilir mimarlığın bir moda akımına dönüşmesi ve yeşil binalar adı altında pazarlama stratejisi olarak kullanıcıların önüne sunulması da başka bir tartışma konusudur. Tüm bu geleneksel ve teknolojik bağlamdaki tartışmaların ortak amacı yapılı çevrenin doğal çevreye en az zararı vermesi ve yapının içinde bulunduğu ekosistemi koruma çabası olarak özetlenebilir [21].

Sürdürülebilirlik konusu, çevre ve enerji sorunlarında en büyük paya sahip olan binaların doğaya en az zararı vermesini sağlayabilmek için mimarlık disiplini içindeki önemli konulardan biridir. Sürdürülebilir mimari kullanıcı gereksinimlerinin, konforunun, performansının ve hoşnutluğunun yanı sıra, çevresel, toplumsal ve ekonomik açıdan dengeli çözümler üretmek olarak özetlenebilir. Bu bağlamda sürdürülebilir mimari yaklaşımının çevreyi ve toplu etkileyen bina türlerinin tümünde ele alınması gereklidir.

Eğitim yapıları nesillerin yetişmesindeki etkisi, bina stoğundaki sayısı ve enerji tasarruf potansiyeli gibi başlıca nedenlerden dolayı sürdürülebilir mimari ilkelerine uygun olarak tasarlanmalıdır. Son yıllarda ekolojik, yeşil, yüksek performanslı okul gibi değişik isimlerle karşımıza çıkan eğitim yapılarının ortak özelliği “sağlıklı, konforlu, enerjiyi etkin kullanarak doğaya ve çevreye en az zarar veren, bakımı ve işletimi kolay” yapılar olmalarıdır. Sürdürülebilir mimariye göre inşa edilen okul yapıları konforlu mekanlar sunarken enerjiyi ve doğal kaynakları da etkin kullanırlar. Örneğin, yüksek performanslı olarak adlandırılabilen eğitim binalarının, ilk yatırım maliyeti geleneksel yöntemlerle yapılan okullara göre yüksek olmasına karşın daha az bakım ve işletme gideriyle uzun vadede daha ekonomik olmaktadır.

New York'ta yapılan bir araştırmaya göre benzer özellikteki iki okuldan yüksek performans tasarım kriterlerine uygun olarak yapılan okulun geleneksel yöntemle

yapılan okula oranla yıllık %20 ile %40 arasında enerji tasarrufu sağladığı görülmüştür [22]. ABD Boston şehrinde sürdürülebilirlik konusunda okulları değerlendiren ve onları bu konuda teşvik eden “Boston Public Schools” kuruluşu sürdürülebilir okullarının yararlarını aşağıdaki gibi sıralamıştır [23]:

- **Sağlığı korur.** Kötü iç hava kalitesine sahip okullar, astım hastalığının birincil nedeni olarak görülmektedir. Günlüğü, iyi havalandırma ve sağlıklı yapı malzemeleri ile inşa edilen okullar, öğrenciler, öğretmenler ve diğer okul çalışanları için daha sağlıklı çalışma ortamları sunmaktadır.
- **Öğrenci performansını artırır.** Çalışmalar fiziki konfor şartlarının gerekliliklerini yerine getiren okullardaki öğrencilerin derslerinde daha başarılı olduğunu göstermektedir.
- **Enerjiden tasarruf sağlar.** Yeşil okullarda enerji işletme giderleri % 20 ile 40 oranında azaltılabilir. Bu alanlardan sağlanan tasarruf okulun diğer ihtiyaçları için kullanılabilir.
- **Karbon salımını azaltır.** Sürdürülebilirlik bilinciyle inşa edilen okullar, karbon dioksit (CO₂) salınımının azalmasına yardımcı olur. Sürdürülebilir okulların inşa edilmesi ile, her sene yollardan binlerce aracın azalması ya da yüz binlerce ağaç dikimine eşdeğer olumlu etki yaratacağı öngörülmektedir.
- **Su kullanımını azaltır.** Sürdürülebilir okullarda su kullanımının ortalama olarak %30 azaldığı gözlemlenmiştir. Böylece bina giderlerinde doğrudan tasarruf sağlandığı gibi çevre kirliliğinde ve altyapı giderlerinde de azalma sağlanır.
- **Çalışanların motivasyonunu artırır.** Sürdürülebilir okullarda öğretmenlerin diğer okullara göre % 5 oranında daha fazla çalıştığı hesaplanmıştır.
- **Günlük devamsızlığı azaltır.** Sürdürülebilir okullarda diğer okullara göre öğrencilerin daha az devamsızlık yaptığı ve okullarını daha çok sevdikleri belirlenmiştir.
- **Eğitim fırsatları sağlar.** Okullarda ileri teknoloji ve yeşil teknoloji uygulamaları çocukları bilinçlendirmek için kullanılabilir.

- **Öz kaynakları geliştirir.** Okullarının performansının artırılması sağlıklı nesillerin yetişmesi için uygun eğitim ortamlarının oluşmasını sağlar.

Yukarda değinilen konular “sürdürülebilir eğitim yapıları”nın, eğitime, çevreye ve kullanıcılarına pek çok açıdan katkı verdiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, bu yapıların sahip olduğu tasarım avantajlarıyla bulunduğu çevreye hem ekolojik hem de toplumsal olarak katkı sağlayacakları da açıktır.

Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de, konut ve ofis yapılarından sonra en çok üretilen yapı türü okul binalarıdır. Milli Eğitim Bakanlığı’nın 2017 verilerine göre ilk, orta ve lise eğitim kurumlarında öğrenim gören öğrenci sayısı yaklaşık olarak on beş milyon, eğitim hizmeti veren bina sayısı ise elli bindir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2. 1 MEB 2016-2017 Milli Eğitim istatistikleri [24]

Yıllar	Okul sayısı (İlkokul)	Öğrenci sayısı (İlkokul)	Okul sayısı (Ortaokul)	Öğrenci sayısı (Ortaokul)	Okul sayısı (Lise)	Öğrenci sayısı (Lise)	Toplam (Okul sayısı)	Toplam (Öğrenci)
2012-13	28177	5.426.529	16083	5.402.692	9385	4.838.958	53645	15.668.179
2013-14	27461	5.390.591	16047	5.296.380	9522	5.223.515	53030	15.910.486
2014-15	26339	5.230.878	15858	5.069.683	7458	5.450.900	49655	15.751.461
2015-16	25133	5.128.664	15788	4.933.417	7627	5.335.032	48548	15.397.113
2016-17	24249	4.756.977	16475	5.231.760	8020	5.013.290	48744	15.002.027

Okul binalarındaki sürdürülebilirlik konusu yalnızca çevre açısından değil toplum, ekonomi ve eğitime katkı bakımından ayrı olarak ele alınmalıdır. Ülkemiz okul ve kullanıcı sayısı açısından bakıldığında önemli bir enerji tasarruf potansiyeline sahiptir. Konu bu açıdan değerlendirildiğinde gelecekte, enerji tüketimi ve görsel konfor açısından yüksek performanslı eğitim binalarının inşa edilmesinin tercih değil bir zorunluluk olduğu açıktır.

2.2 Sürdürülebilir Aydınlatma

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 zararla karşılanması olarak tanımlanmıştır. Sürdürülebilir aydınlatma tasarımı, ilk proje programlama 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 [25]. Bu açıklamalardan da anlaşılacağı üzere aydınlatma, çevre ve kullanıcılar üzerindeki etkisi nedeniyle sürdürülebilir bina tasarımının en önemli parçalarından biridir. Aydınlatma tasarımının sürdürülebilir nitelikte olabilmesi için değerlendirilmesi ve bu değerlendirmenin belirli ölçütlere göre yapılması gereklidir.

İlgili literatür incelendiğinde sürdürülebilir aydınlatmanın hedefleri doğrultusunda göz önünde tutulması gereken parametreler görsel konfor, enerji kullanımı, çevresel etki ve sistem maliyeti olarak sıralanabilmektedir. Sürdürülebilir aydınlatmaya ilişkin parametreler ve bu parametrelerin ölçütleri ile ülkemizde yürürlükte olan standartlar Çizelge 2.2’de verilmiştir. Söz konusu standartların açılımı ise aşağıda sunulmuştur.

- EN 12464-1 Işık ve aydınlatma - Çalışma yerlerinin aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı çalışma alanları [26],
- BS EN 17037 Binalarda Günişığı [27],
- TS EN 15193 Binalarda Enerji Performansı – Aydınlatma Enerjisi Gereksinimleri [28],
- TS EN ISO 14040 Çevre yönetimi - Hayat boyu değerlendirme - İlkeler ve çerçeve [29],
- TS EN 15804 Yapıların sürdürülebilirliği - Mamullere ilişkin çevresel beyanlar [30],
- BS EN 15459 Binaların enerji performansı- binalardaki enerji sistemlerinin değerlendirme [31],

Çizelge 2. 2 Sürdürülebilir aydınlatma parametreleri ve ilgili standartlar

Parametreler	Görsel Konfor	Enerji kullanımı	Çevresel etki	Maliyet
İlgili standartlar	•EN 12464-1 •EN 17037	•EN 15193	•ISO 14040, •ISO 14044, •EN 15804	•EN 15459
Ölçütler	Yapay Aydınlatma •Aydınlık düzeyi •Aydınlığın dağılımı •Kamaşma •Renksel geriverim •Modelleme Doğal Aydınlatma •Güneş ışığına erişim •Dış görüş •Güneş ışığına maruz kalma •Güneş ışığı kamaşması	•Sistemin enerji gereksinimleri •Enerji maliyeti	•Yaşam döngüsü değerlendirmesi •CO₂ salımı	•İlk yatırım maliyeti •İşletme maliyeti

Çizelge 2.2’de belirtilen parametrelere ilişkin standart ve ölçütler çerçevesinde sürdürülebilir aydınlatma tasarımı gerçekleştirmek ya da mevcut bir aydınlatma sistemini değerlendirmek olanaklıdır. Sözü edilen aydınlatma tasarım ölçütleri ve doğal/yapay aydınlatma sistemleri aracılığıyla görsel konforu sağlamak olanaklıdır. Bu koşulların eksiksiz olarak yerine getirilmesi aynı oranda aydınlatma tasarımı da başarılı hale getirecektir. Aydınlatma konusuyla ilgili yapılacak tasarım ya da iyileştirme işlemlerinden önce doğal, yapay ve bütünleşik aydınlatma seçenekleri dikkatle incelenmeli ve sürdürülebilir aydınlatma tasarımı bu bağlamda gerçekleştirilmelidir. Sürdürülebilir aydınlatmaya ilişkin görsel konfor, enerji kullanımı, çevresel etki ve maliyet etkinliği konularına ilişkin açıklamalar aşağıdaki bölümlerde ele alınmıştır.

2.2.1 Görsel Konfor

Konfor durumu, fizyolojik açıdan insanın çevresine zorlanmadan uyum sağlayabildiği ve psikolojik açıdan da çevresinden hoşnut olduğu koşullar bütünü olarak adlandırılmaktadır [32]. Görsel konfor ise görsel performansın ve yapılan işteki verimin arttırılarak, göz sağlığının korunması ve bu koşullarda süreklilik sağlanarak kullanıcıların fizyolojik ve psikolojik gereksinimlerine karşılık verilmesi olarak tanımlanmaktadır [32]. Kullanıcıların görsel açıdan konforda olması, görsel performansın ve buna bağlı olarak

gerçekleştirilen eylemlerde iş veriminin arttırılarak göz sağlığının korunması, kullanıcıların fizyolojik ve psikolojik gereksinimlerine karşılık veren doğru bir aydınlatma tasarımı ile mümkündür. Bu nedenle mimaride eylem türlerine göre görsel konfor koşulları uluslararası standartlarca belirlenmiş ölçütler ışığında ele alınmalı ve kullanıcıların göz sağlığının korunması hedeflenmelidir [34]. Bu standartlardan biri de ülkemizde yürürlükte olan “TS EN 12464-1 Işık ve aydınlatma - Çalışma yerlerinin aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı çalışma alanları” standardıdır. İlgili standartta görsel konfor ile ilgili parametre ve ölçütler yer almaktadır. Bu ölçütler genel olarak aydınlık düzeyi (E), ışıklılık (L), renksel özellikler (R_a , T_c), aydınlatmanın düzgünlüğü (U_0) ve modelleme olarak sıralanabilir. Ayrıca, IESNA (The Illuminating Engineering Society of North America) ve CIBSE (The Chartered Institution of Building Services Engineers) tarafından yayınlanan çalışmalarda ve kılavuzlarda da görsel konfor için gerekli ölçütler açıklanmaktadır.

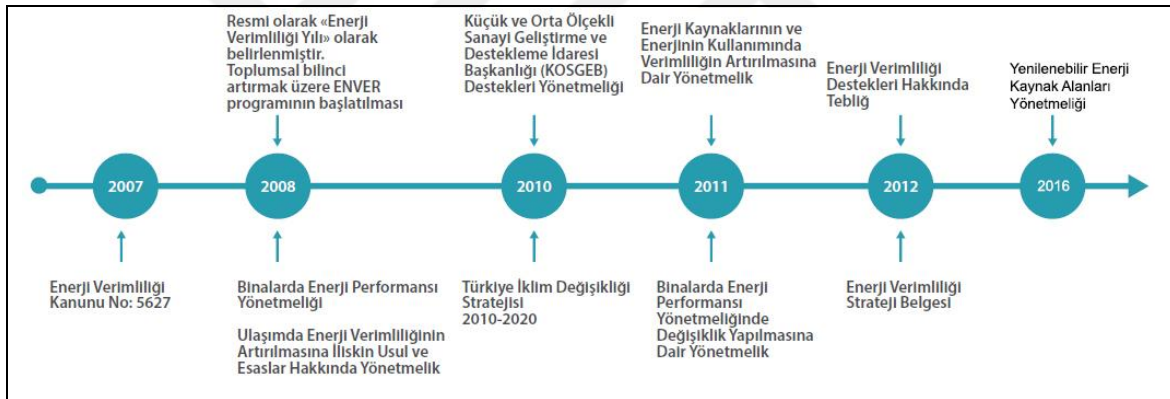
Doğal aydınlatma tasarımıındaki ölçütlere yönelik olarak da EN 17037 sayılı Avrupa Standardı kullanıcıların yorumlarına sunulmuştur. Standardın taslak sürümü 2016 yılında yayınlanmış ve uzman yorumlarının ardından son şeklini alarak 2018 yılında Avrupa Standardı olarak yayınlanması beklenmektedir [35]. Bu standart, tasarımcıların günışığı ile aydınlatılmış alanlar oluşturmalarını ve bu alanları gün ışığı açısından değerlendirmelerini teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Aynı zamanda gün ışığına erişim, dış-görüş, güneşin oluşturduğu kamaşmalar gibi gün ışığı ölçütleri ile ilgili bilgiler sunmaktadır. Sürdürülebilir aydınlatma tasarımı, söz konusu ölçütler ışığında kullanıcı özellikleri ve işlev türlerine uygun olarak gerçekleştirilmelidir.

2.2.2 Enerji Kullanımı

Günümüzde fosil enerji kaynaklarının hızla tükenmesi ve kullanımının yarattığı çevre sorunlarının artması nedeniyle, enerji tüketiminin denetimi ve yönetimi giderek önem kazanmaktadır. Türkiye’de son yıllarda enerji verimliliği alanında kaydettiği ilerlemelere rağmen, gelişmiş ülkelere göre “enerji yoğun” luğunun daha fazla olduğu bir ülkedir. Bilindiği üzere, enerji yoğunluğu enerji verimliliği göstergelerinden birisi olup, enerji tüketiminin (tep, joule) finansal bir göstergeye (Gayri Safi Yurt İçi Hasıla-GSYİH, Katma Değer vb) oranı olarak tanımlanmaktadır. Enerji yoğunluğu; herhangi bir teknik veya

fiziksel göstergenin (özellik enerji tüketimi, enerji tüketimi vb) herhangi bir faaliyetin verimlilik düzeyini açıklayamadığı durumlarda bir enerji verimliliği göstergesi olarak kullanılmaktadır [36]. Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency, IEA) verilerine göre, ülkemizde enerji yoğunluğu Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD) ve Avrupa Birliği (AB-27) ortalamalarının üzerindedir [37].

Türkiye'nin gelişmiş ülkelere göre yüksek olan enerji yoğunluğunun düşürülmesi ve enerji verimliliği alanında iyileştirmeler yapılması sürdürülebilir kalkınma açısından da büyük önem taşımaktadır. Ülkemizde 2007 yılında yürürlüğe giren Enerji Verimliliği Kanunu ile ilk adımlar atılmış ve bu doğrultuda başta binalar olmak üzere pek çok alanda enerjinin etkin kullanılması anlamında iyileştirmeler ve geliştirmeler yapılmaya başlanmıştır. Türkiye'de 2007-2016 yılları arasındaki enerji verimliliğine yönelik yasal çalışmalar Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. 2 Türkiye'deki başlıca enerji verimliliği düzenlemeleri [38]

Başta Avrupa ülkeleri olmak üzere tüm dünya ülkelerinde enerji piyasası artan enerji ihtiyacı, dalgalanan fiyatlar ve enerji üretimindeki aksaklıklar gibi sorunlarla karşı karşıyadır. Ayrıca, enerji üretimindeki çevreye verilen zararın da azaltılmasının gerekli olduğu tüm ülkeler tarafından kabul edilen bir gerçektir. Söz konusu sorunların üstesinden gelebilmek için Avrupa Birliği; enerji üretiminin güvenilirliği, rekabet ortamının yaratılması ve sürdürülebilirlik olmak üzere üç temel konuyu ele alan bir strateji oluşturmuştur. Belirtilen konular çerçevesinde Avrupa Birliği'nin 2020'den başlayarak 2030 ve 2050 yılları için ortaya koyduğu hedefler Çizelge 2.3'te verilmiştir [39].

Çizelge 2. 3 Avrupa Birliği enerji eylem planı

Yıllar	2020	2030	2050
Hedefler	•Sera gazı (CO₂) salınımlarını 1990 yılı seviyesine göre %20 azaltmak •Enerjinin %20sini yenilenebilir kaynaklardan sağlamak •Enerji verimliliğini %20 oranında arttırmak	•Sera gazı (CO₂) salınımlarını %40 azaltmak •Enerjinin %20sini yenilenebilir kaynaklardan sağlamak •Enerji verimliliğini %27-30 oranında arttırmak	•Sera gazı (CO₂) salınımlarını 1990 yılı seviyesine göre %80-95 oranında azaltmak

AB ülkeleri binaların enerji performanslarının belirlenmesi için çeşitli çalışmalarda bulunmuş ve Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (2002/91/EC) 2002 yılında yayınlanmıştır [40]. Yönetmeliğin amacı, binaların enerji performansının belirlenmesi için ortak bir yöntemin kabulüdür. Söz konusu yönetmelik kapsamında bir binanın enerji tüketiminde rol oynayan ısıtma, soğutma, aydınlatma ve sıcak su temini konularında gereksinim duyulan enerji miktarlarının belirlenebilmesi ve enerji performansının değerlendirilebilmesi için çeşitli standartlar yayınlanmıştır [41].

Türkiye’de de Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Avrupa Birliği’ne uyum çerçevesinde enerji alanında çeşitli düzenleme, mevzuat ve eylem planları çalışmaları yapmaktadır. Söz konusu kurumlar tarafından hazırlanan çalışmalardan bazıları Çizelge 2.4.’te sunulmuştur. Bu düzenlemeler genel anlamda 2023 yılına kadar olan enerji tüketimini düşürmeyi ve yenilenebilir enerji kaynaklarını etkin bir şekilde kullanmayı hedeflemektedir.

Çizelge 2. 4 Çeşitli bakanlıklar tarafından yayınlanan enerji eylem planları

Düzenlemenin adı	Amacı	Hedefi	İlan tarihi (Resmi gazete)	İlgili Kurum
İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı	•Enerji yoğunluğunun düşürülmesi, •Temiz enerjinin üretim ve kullarımdaki payının artırılması, •Binalarda enerji verimliliğinin artırılması, •Binalarda yenilenebilir enerji kullanımının artırılması,	•Yürütülen ve planlanan çalışmalar kapsamında birincil enerji yoğunluğunun, 2015 yılında 2008 yılına göre %10 oranında azaltılması, •Yürütülen ve planlanan çalışmalar kapsamında birincil enerji yoğunluğunun, 2015 yılında 2008 yılına göre %10 oranında azaltılması, •Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretim yapmak üzere 2023 yılına kadar teknolojik gelişim sağlanması, •Kamu kuruluşlarının bina ve tesislerinde, yıllık enerji tüketiminin 2015 yılına kadar %10 ve 2023 yılına kadar %20 azaltılması, •2017 yılından itibaren yeni binaların yıllık enerji ihtiyacının en az %20'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından temin edilmesi,	Temmuz 2011	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi Programı Eylem Planı	•Türkiye'nin gelişmiş ülkelere kıyasla yüksek olan enerji yoğunluğunun düşürülmesi ve enerji verimliliği alanında iyileştirmeler yapılması.	•2011 yılı sonunda, iklim düzeltmeli ve 2000 yılı dolar fiyatlarıyla 0,2646 TEP/1000 dolar olarak gerçekleşen Türkiye'nin birincil enerji yoğunluğunun, 2018 sonunda 0,243 TEP/1000 dolar değerinin altına indirilmesi •2018 yılına kadar kamu binalarındaki enerji tüketiminin, 2012 yılı baz alınmak suretiyle belirlenecek göstergeler düzeyinde ve verimlilik artışı uygulamaları ile yüzde 10 düşürülmesi,	Kasım 2014	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Çizelge 2. 4 Çeşitli bakanlıklar tarafından yayınlanan enerji eylem planları (devamı)

Düzenlemenin adı	Amacı	Hedefi	İlan tarihi (Resmi gazete)	İlgili Kurum
Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı	•2011-2023 döneminde birincil enerji talebinde %90'lık bir artış beklenmektedir. Bu ortamda, yeni üretim yatırımların devreye alınması, enerji kaynaklarının çeşitliliği (örneğin, yerli ve yenilenebilir kaynaklara duyulan ihtiyaç) ve enerji verimliliğinin en üst düzeye çıkarılması.	2023 yılına kadar yenilenebilir enerjinin toplam elektrik enerjisi talebinin en az yüzde 30'unu karşıladığı bir üretim portföyü oluşmasını ve ulaştırma sektörü ihtiyaçlarının yüzde 10'unun yenilenebilir enerjiden karşılanmasını hedeflemekte, diğer yandan 2023 yılında enerji yoğunluğunu yani birim GSYH başına tüketilen enerji miktarını 2011 referans yılında gerçekleşmiş olana göre en az yüzde 20 düşürmeyi amaçlamaktadır.	Aralık 2014	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Aydınlatma enerjisi gereksinimi binanın enerji tüketiminde oldukça etkili bir bileşendir. Temel olarak binalarda aydınlatma enerjisi performansı, mekanlarda istenen görsel konfor koşullarını yerine getirmek amacıyla harcanan aydınlatma enerjisine bağlı olarak belirlenmektedir. AB tarafından 2002/91/EC yönetmeliğini takiben EN 15193 Binalarda Enerji Performansı – Aydınlatma Enerjisi Gereksinimleri standardı yayınlanmıştır. Bu standartta hacmin yararlandığı günışığı miktarı, kullanılan aydınlatma sistemleri, lambalar, aygıtlar, kontrol sistemleri, hacmin bulunduğu coğrafik konum gibi çeşitli değişkenlerden yararlanılarak bir binanın aydınlatma enerjisi ihtiyacı ve buna bağlı olarak birim alana düşen aydınlatma yükünü ifade eden “Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi (AESG)” değeri hesaplanmaktadır [41]. Türkiye’de binalarda enerji performansı direktifi kapsamında bina enerji performansı ulusal hesaplama yöntemi BEP-TR oluşturularak, aydınlatma enerjisi gereksinimlerinin Türkiye koşulları altında hesaplaması hedeflenmiştir.

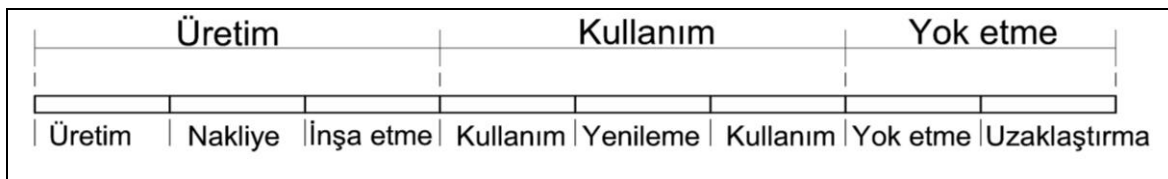
Türkiye’de enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik tüm bu hedefler doğrultusunda atılacak ilk adımların, kamu yapılarında önemli bir paya sahip (yaklaşık 50 bin adet) ve

ülke nüfusunun %20'sinin (15 milyon) kullanıcısı olduğu eğitim yapılarından başlaması doğru bir yaklaşım olacaktır. Eğitim yapıları sahip olduğu enerji tasarruf potansiyelinin yanında, geleceğe ışık tutacak nitelikli ve bilinçli nesilleri yetiştirmesi amacıyla da hayati önem taşıyan yapı grubudur. Sürdürülebilir mimariye uygun olmayan yöntemlerle tasarlanan ve inşa edilen eğitim yapıları öğrencilerin de eğitim performansını doğrudan etkileyecektir.

2.2.3 Çevresel Etki

Dünyada hızlı nüfus artışı sonucunda çevre kirliliğinin giderek artması ve doğal kaynakların hızla tükenmesi, yapım sektöründe “sürdürülebilir yapılar” konusunu daha da önemli kılmaktadır. Sürdürülebilir yapılar ile kaynakların verimli kullanılarak çevreye olan etkileri en aza indirgeyerek kullanıcıların da sağlıklı yapılarda eylemlerini yerine getirebilmesi olanaklıdır. Yapı malzemelerinin çevresel özelliklerinin değerlendirilmesi ise, çevreye duyarlı yapı malzemelerinin seçilmesini, sürdürülebilir yapıların üretilmesini sağlamaktadır. [42].

Yapı malzemelerinin sürdürülebilirlikleri ve çevreye etkilerinin belirlenmesi amacıyla belirli ölçütler açısından standartlar ışığında değerlendirmeleri gereklidir. Bu değerlendirme yöntemlerinden biri olan “Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD)”, ürünlerin hammaddelerinin edinimi, üretimi, yapıya uygulanması, kullanılması ve ürünün kullanımının sona ermesi ile geridönüşümü ya da yok edilmesi gibi süreçleri içine alan bir döngü boyunca oluşmuş ve olası çevre etkilerinin belirlenmesi için geliştirilmiş bir yöntemdir. YDD'nin temel ilkesi, ürünlerin çevreye olan zararlı etkilerini belirlemek ve azaltmak, çevreye en az düzeyde zarar veren ürünlerin seçilmesini sağlamaktır [43]. YDD aşamaların her birinde enerji ihtiyacı söz konusudur. Bu süreç üretim, kullanım ve yok etme olmak üzere üç temel aşama ve alt işlemlerden oluşur (Şekil 2.3).



Şekil 2. 3 Bir binanın yaşam döngüsü boyunca değişen süreçleri [44]

Binalarda aydınlatma sistemine ilişkin çevresel etkilerin değerlendirilmesi birçok farklı ölçüt göz önüne alarak gerçekleştirilmektedir. Aydınlatma düzenlerinin çevreye olan etkilerinin belirlenmesi, kullanılan yapı malzemeleri, bileşenleri ve elemanlarının özelliklerine bağlıdır. Sürdürülebilir aydınlatma tasarımı söz etmek için aydınlatma elemanlarını oluşturan tüm bu bileşenlerin çevreye en az zararı verecek şekilde üretilmeleri, kullanılabilmesi ve yok edilmeleri gereklidir. Bu nedenle aydınlatma ürün seçimlerinde çevresel etkinin de göz önünde tutulması gereklidir.

Aydınlatma elemanlarının üretiminden yok edilmesine kadar geçen süreç analiz edildiğinde en yüksek enerji tüketiminin %90 ile kullanım sürecine ait olduğu bilinmektedir. Uluslararası ISO 14040, ISO 14044 ve EN 15804 gibi standartlara dayalı olarak gerçekleştirilen yaşam döngüsü değerlendirmesi, ürünlerin çevresel etkilerinin sistematik analizi için gerekli yöntemleri sunmaktadır.

Çevre, enerji ve kullanıcı arasındaki dengeyi oluşturabilmek adına aydınlatma bileşenlerinin ve aygıtlarının, akıllı kontrol sistemlerine sahip, doğal aydınlatmayla bütünleşik çalışan, kaynakların korunmasına yardımcı olan düzenlerin kurulması gereklidir.

2.2.4 Maliyet

Tüm dünyada binaların enerji performanslarının artırılması ve çevreye olan etkilerinin en aza indirilmesine ilişkin çalışmalar yapılmaktadır. Avrupa’da binaların enerji performansının artırılması ve CO₂ salımının azaltılması hedefiyle 2002 yılında yürürlüğe giren “Binalarda Enerji Performansı Direktifi (EPBD)” [40], 2010 yılında revize edilerek tekrar yürürlüğe sokulmuştur. Yayınlanan bu yönetmelikte “yaklaşık sıfır enerjili bina” ile “optimum enerji performansı ve maliyet” kavramları ortaya konmaktadır. AB üye ülkelerinde binalarda minimum enerji kullanımı ile optimum maliyet düzeylerinin hesaplanması beklenmektedir [13]. Bu bağlamda EN 15459 sayılı Avrupa standardı hazırlanmıştır. Bu standart, binaların enerji talebinde ve tüketiminde yer alan sistemlerin ekonomik durumları için bir hesaplama yöntemi sağlar. Standartın ana konu başlıkları aşağıdaki gibi sıralanabilir [31]:

- Binalardaki enerji tasarruf seçeneklerinin ekonomik verimliliğinin hesaplanmasında dikkate alınacak maliyet türlerinin tanımları ve yapıları,
- Sistemler ile ilgili maliyetlerin tanımlanabilmesi için gerekli veriler,
- Hesaplama yöntemi,
- Ekonomik çalışmanın sonuçları,
- Hesaplamalar için varsayılan değerleri açıklamak amacıyla, kullanım ömrü için, onarım, bakım maliyetleri gibi değerler hakkındaki bilgiler.

Söz konusu standartla, maliyet hesapları ile ilgili ortak bir çerçeve oluşturularak binalardaki enerji tasarrufu seçeneklerinin hesaplanmasına yönelik bir yöntem oluşturulması amaçlanmıştır.

Aydınlatma tasarımında kullanılacak ürünler ve bu ürünlerin harcayacağı enerji göz önüne alındığında bir maliyet söz konusudur. Bu nedenle, hem yeni tasarlanacak hem de mevcut yapılardaki iyileştirilecek aydınlatma sistemlerinin ilk yatırım, işletme maliyeti gibi ekonomik yönlerden de değerlendirilerek yatırımın ne kadar mal olacağı, yatırım sonunda elde edilecek verim durumunun ne olacağı ve işletim sırasındaki giderler gibi konuların kurgulanması gereklidir.

Enerji ve bakım maliyetleri, okulların işleyişinde önemli bir gider kalemidir ve kabul edilebilir bir seviyede tutulabilmelerini sağlamak için tasarım aşamasında dikkate alınmalıdır. Birçok okul için, aydınlatma açısından ilk yatırım maliyeti ve işletme maliyeti tasarımcılar/uygulayıcılar tarafından göz önünde bulundurulmalıdır. Bu şekilde hem görsel ve enerji performansı açısından hem de çevresel etki ve maliyet etkinliği açısından dengeli bir tasarım elde etmek olanaklı olacaktır.

2.3 Bölüm Sonucu

Bu bölümde genel olarak sürdürülebilirlik ve mimarlıkta sürdürülebilirlik konularına değinilmiş, sürdürülebilir okul yapılarının nasıl olması gerektiğine ilişkin araştırmaların sonuçları sunulmuştur. Sürdürülebilir aydınlatmanın ne olduğu ve bir aydınlatma düzenini sürdürülebilirlik açısından değerlendirebilmek için hangi parametrelere dikkat edilmesi gerektiği incelenmiştir.

Günümüzde tüketilen enerjinin önemli bir kısmının yapılar tarafından gerçekleştirildiği göz önüne alındığında, sürdürülebilirlik anlayışının tercihe bağlı bir tasarım yaklaşımı değil, tasarımlarda dikkatle ele alınması gereken önemli bir konu olduğu anlaşılmaktadır. Bu görüş, yapı tasarım sürecinde yer alan paydaşların çoğu tarafından da kabul görmektedir. Yapı tasarımının bir parçası olan aydınlatma konusu da zamanla bu değişimlerden payını almıştır. Aydınlatma alanındaki evrimin, elektrik ve ham maddeye ulaşımın zorlaşmaya başlaması ve doğal kaynakların tükenmeye başlamasıyla daha da hızlanacağı öngörülmektedir. Kullanılan ışık kaynakları ve sistemler bu durumla birlikte gelişirken, bu sistemlerin tükettikleri enerji miktarları da azalmaya başlamıştır. Aydınlatma tasarım ve uygulamalarındaki küçük iyileştirmeler bile elektrik tüketiminin önemli ölçüde azalmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca, aydınlatma konusunda uzman olan kişilerin, bina tasarımlarında giderek daha etkin rol almaya başlamasının enerji tüketiminin azalmasında payı olduğu söylenebilir.

Pek çok alanda hayatımıza giren sürdürülebilirlik yaklaşımının okul ve bileşenlerinin tasarımında da göz önünde bulundurulması zorunludur. Sürdürülebilir mimari tasarım ilkelerinin sadece öğrenci ve öğretmenlere değil bulunduğu çevreye de olumlu etkiler sağlayacağı unutulmamalıdır. Bu amaçla okulların enerji giderlerinin önemli bir kısmını oluşturan ve doğrudan kullanıcıların akademik performansını etkileyebilen aydınlatma sistemlerinin sürdürülebilirlik bağlamında tasarlanmaları ve iyileştirilmeleri açısından yapılacak öncü çalışmalara ihtiyaç olduğu açıktır. Bu bölümde verilen bilgilerden yola çıkılarak 3. Bölümde aydınlatma ölçütleri ve sistemleriyle ilgili temel bilgiler ve öneriler sunulmuştur.

AYDINLATMA ÖLÇÜT VE SİSTEMLERİ

Eğitim ve öğretimin verimli bir biçimde sürdürülmesinde kişisel niteliklerin yanı sıra içinde bulunulan fizik ortamın özelliklerinin de önemli etkisi vardır. Bireyler arasında sağlıklı görsel ve işitsel iletişimin kurulabilmesi için çevre -fizik ortam- koşullarının denetlenmesi ve belirli değerlerin sağlanması kaçınılmazdır. Gerekli koşullar oluşturulmadığında, öğrencilerde; algılama yanlışlıkları, anlama güçlüğü, dikkat dağınıklığı, çabuk yorulma, sık hastalanma, sinirlilik, baş ağrısı gibi fiziksel, fizyolojik ve psikolojik olumsuzluklar ortaya çıkar [45]. Bu olumsuzlukların önüne geçmek adına eğitim yapılarında “tüm yapı fiziği öğeleri” konfor koşulları açısından dikkatle ele alınmalıdır.

İnsanlar çevrelerini %75 oranında görme yoluyla algırlar. Bu durumda, bir eğitim ortamındaki fizik ortam koşullardan en önemlilerinden birinin de Aydınlatma konusu olarak karşımıza çıkması doğaldır. Eğitim yapılarındaki aydınlatmanın temel amacı, görsel işlevlerin hızlı ve kolay bir şekilde yapılması için öğrenci ve öğretmenlere yönelik görsel açıdan uygun ve konforlu bir çevre oluşturmaktır.

Temel kullanıcısı öğrenciler olan okul binalarında, öğrencilerin göz sağlığının korunması, görsel performanslarının arttırılması, öğrenme performanslarının üst düzeyde tutulması ve psikolojik açıdan çevrelerinden hoşnut olabilmeleri için görsel konfor koşullarının gerçekleştirilmesi gerekmektedir [46].

Yapılan çalışmalar, öğrencilerin öğrenme kapasitesi ve performansının yalnızca motivasyon, psikolojik durumlar, zeka gibi bireysel etkenlere değil içinde bulunduğu

mekanın fiziki koşullarına da bağlı olduğunu açıkça göstermektedir. Kullanıcıları büyüme çağındaki çocuklar olan okul binalarının aydınlatma sistemleri, öğrencilerin göz sağlıklarının korumasının yanında öğrenme performanslarının da üst düzeyde olmasını sağlayacak şekilde düzenlemelidir.

Eğitim yapılarında anlama ve algılama açısından görsel konfor önem taşımaktadır. Eğitim sürecinde görsel algılamanın katkısı, diğer duyulara göre daha fazladır. Dolayısıyla, öğrenmenin tam, eksiksiz, doğru, yorulmadan ve çok fazla çaba harcamadan yapılabilmesi iyi görme koşullarının yani görsel konforun sağlanmasına bağlıdır [47]. Bu durum ise, görsel konfor koşullarının yerine getirilmesiyle olanaklıdır. Bireyler arasında sağlıklı iletişimin kurulabilmesi için fizik ortam koşullarının denetlenmesi ve belirli değerlerin sağlanması kaçınılmazdır.

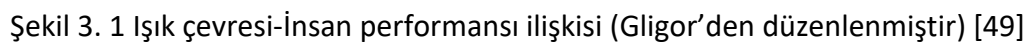
Okullardaki aydınlatma sistemleri öğrenci performansının yanı sıra enerji tüketimini de doğrudan etkilemektedir. Okullarda ısıtma-soğutma enerjisiyle birlikte en fazla tüketim olan alanlardan biri de aydınlatmadır. Örneğin, ABD'nin en kalabalık eyaleti olan (Yaklaşık 35 milyon) Kaliforniya'da ilk orta ve lise (K-12) okullarındaki harcanan enerjinin toplam maliyeti 700 milyon dolar olup bu maliyet kitaplar ve diğer destekler için yıllık harcanan bütçeyle neredeyse eşittir [48]. ABD'de Kaliforniya Enerji Komisyonu ve Kaliforniya Üniversitesi'nin ortak çalışmasıyla, okullar için yenileme stratejisi geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Yapılan uygulama sonucuyla görsel performans açısından konforlu mekanlar elde edilirken %40'a varan enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Günümüzde yapay aydınlatmada kullanılan enerji miktarı göze alındığında yapılar için sürdürülebilir aydınlatmaya ilişkin gereklerin yerine getirmesinin kaçınılmaz olduğu görülmektedir. Aydınlatma konusunda enerjinin daha etkin olarak kullanılması, teknolojinin getirdiği yeniliklerin uygulanması, yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılması ve bunların yanında kullanıcıların görsel performansını sağlayacak gereksinimlerden ödün verilmemesi gerekmektedir.

Özellikle “eğitim yapıları” gibi ülkemiz nüfusunun yaklaşık olarak %20'si tarafından gün boyu kullanılan, öğrenme faaliyetlerini doğrudan etkileyen okul binalarında görsel konfor koşullarının en üst düzeyde tutulması gereklidir. Amacına uygun olarak kurgulanan aydınlatma sistemleri kullanılarak enerji tüketiminin azaltılması da bu

Aşağıdaki bölümlerde aydınlatmaya yönelik ölçüt ve sistemler genel özellikleri ile verilmiş ve belli oranda eğitim yapıları ile ilişki kurulmuştur.

Bir mekanın ışık çevresini oluşturan parametreler kullanıcının fizyolojik ve psikolojik yapısını dolayısıyla performans ve verimliliğini etkiler. Gligor [49], insan performansı ile ışık çevresi arasındaki ilişkide yer alan parametreleri Şekil 3.1’de verilen biçimde ifade etmiştir.



Yapılarda gerek doğal gerek yapay ışık açısından kullanıcı görsel konforunun sağlanmasında etkili olan görsel konfor parametresine ilişkin ölçütler; yapay, doğal ve bütünleşik aydınlatma ölçütleri başlıkları ile aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır.

3.1.1 Yapay Aydınlatma Ölçütleri

Mekanların günışığının yeterli olmadığı gündüz saatlerinde ve/veya hiç bulunmadığı saatlerde yapay ışık kaynakları ile aydınlatılması gereklidir. Ülkemizde yürürlükte olan “TS EN 12464-1: Işık ve Işıklandırma İş Mahallerinin Aydınlatılması-Bölüm 1: Kapalı Alandaki İş Mahalleri” başlıklı standartta farklı işlevlere göre yapay aydınlatma açısından sağlanması gereken ölçütler ve değerler belirtilmiştir. İlgili standart incelendiğinde yapay ışığın oluşturduğu aydınlığın görsel konfor açısından yeterliliğin belirlenmesine yönelik;

- Aydınlik düzeyi (E),
- Aydınliğin dağılım düzgünlüğü (U_0),
- Renksel geriverim indisi (R_a),
- Kamaşma (UGR),
- Modelleme

gibi ölçütler kullanılmaktadır.

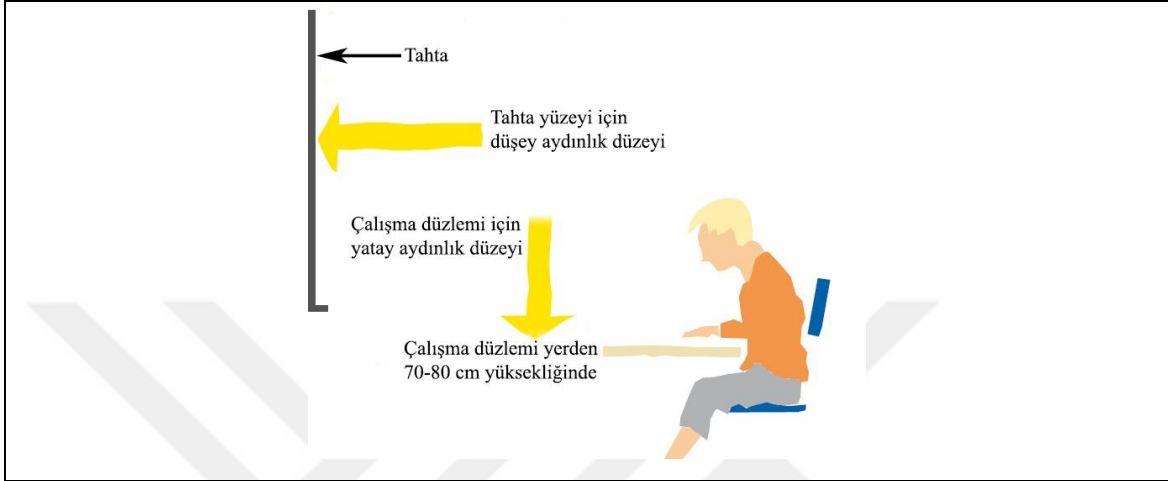
Halonen vd. [50] ise farklı ülkelerdeki çeşitli aydınlatma standartları ve yönetmeliklerinden derlenen bilgilere göre yapay aydınlatma ölçütlerini “bireysel gereksinimler, sosyal gereksinimler ve çevresel gereksinimler” olarak 3 başlıkta toplamıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3. 1 Yapay aydınlatma tasarım ölçütleri [50]

BİREYSEL GEREKSİNİMLER	
Görsel Performans	• Çalışma alanındaki yatay aydınlık düzeyi • Çalışma alanındaki düşey aydınlık düzeyi • Bilgisayardaki (klavye, fare) yatay aydınlık düzeyi • Ekrandaki düşey aydınlık düzeyi • Çizim için aydınlık düzeyi • Yakın çevre için aydınlık düzeyi
Görsel Konfor	• Çalışma alanındaki ışıklılık oranı (Duvar, tavan ve çalışma düzleminin ışıklılığı) • Aygıtların maksimum ışıklılığı • Duvarların maksimum ışıklılığı • Tavanların maksimum ışıklılığı • Yüzeyler için önerilen yansıtma çarpanları • Titreme yapmayan (flicker-free) ışık kaynakları • Çalışma alanındaki aydınlığın dağılımı • Rahatsız edici kamaşma • Ekranlarda oluşan rahatsız edici kamaşma • Yansıyan ışığın kamaşma kontrolü • Aydınlatma aygıtları ile ilgili özellikler
Renk Görünümü	• Renksel geriverim indisi (R_a) • Renk sıcaklığı (CCT) • Doymuş renklerin kullanımı • Çeşitli ışık renklerinin kullanımı
İyi Olma Durumu	• Işığın niteliği • Doğrultulu aydınlatma • Aydınlatma kalitesi/Mekan estetiği • Aydınlatma donanımlarının estetiği • Bireysel veya programlı yapay aydınlatma ve gün ışığı kontrolü
Görsel Olmayan Etkiler	• Işığın frekansı (Hz) • Işığın içerdiği ultraviyole (UV) ışınım • Aydınlatmaya bağlı olarak kızılötesi ışınım
SOSYAL GEREKSİNİMLER	
	• Maliyet, bütçe • Kullanıcı memnuniyeti • Aydınlatma niteliğinin etkisi • İyi malzemelerin kullanılması ile bakım giderlerinin azaltılması • Güvenlik durumlarında aydınlatmanın etkisi • Güvende hissetme durumunda aydınlatmanın etkisi
ÇEVRESEL GEREKSİNİMLER	
	• Verimliliği yüksek lambalar ve aygıtlar kullanarak tüketilen enerji miktarının azaltılması • Aydınlatma sisteminin maksimum güç talebini minimize edebilme yeteneği (Günü ışığı kullanımı, ayarlı güç tüketimi vb.) • Aydınlatma kontrol sistemleri (Günü ışığı, varlık, kullanıcı sensörü vb.) • Elektrik sistemindeki bağlantılarda güç kayıplarının düşürülmesi • Lamba değişimi için kaynakların azaltılması (Daha verimli lambaların kullanılması) • Çevreye olan etkilerin minimize edilmesi (kirlenici maddelerin üretimde azaltılması)

Standartlarda yer alan görsel performans ve görsel konfor için gerekli yapay aydınlatma ölçütleri ve bu ölçütlere ilişkin bazı tanımlar kısaca aşağıda verilmiştir.

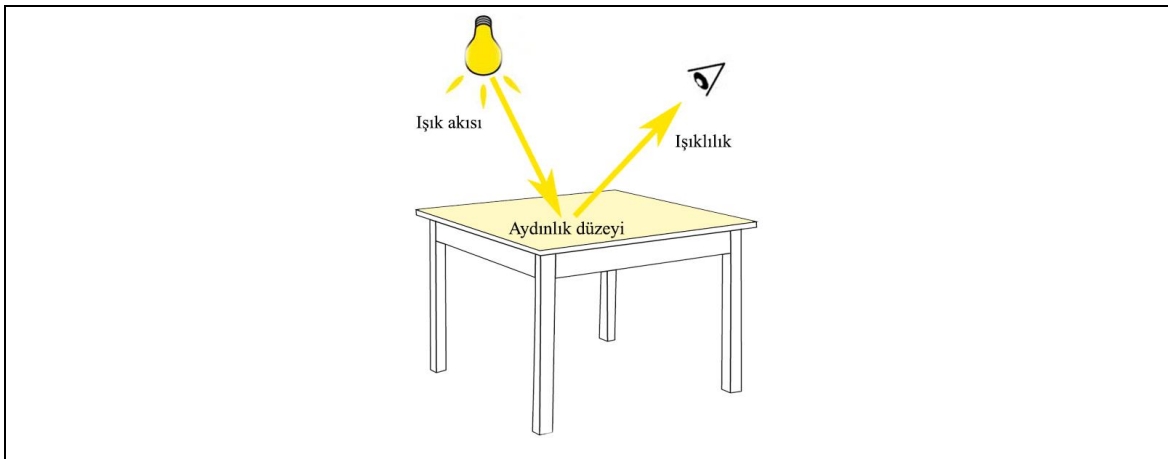
Aydınlık düzeyi (illuminance, E : lm/m^2 ; lux): Bir yüzeyin, bir noktasını çevreleyen sonsuz küçük bir parçacığının aldığı akının, bu yüzey parçacığının alanına bölümü olarak tanımlanmaktadır [52]. Diğer bir deyişle birim alana düşen ışık akısıdır. Aydınlik düzeyi gereksinimleri, aydınlığa ihtiyaç duyulan alanın konumuna, geometrik biçimine, yapılan eylem ve kullanıcı özelliklerine göre değişiklik gösterir (Şekil 3.2).



Şekil 3. 2 Bir derslikteki çalışma düzlemleri

Örneğin, sıra yüzeyinde yani yatay çalışma alanlarında yatay aydınlık düzeyi (E_h) önemliyken tahta, pano gibi düşey elemanlarda standartlarda belirlenen düşey aydınlık (E_v) düzeyi değerlerinin sağlanması gereklidir.

Işıklılık (luminance, L : cd/m^2): Işıklılık, bir ışık kaynağından belli bir doğrultuya, örneğin gözümüze gelen ışık akısı büyüklüğü olarak tanımlanabilir [53]. Algılanabilen tek ışık ölçümsel büyüklük olan ışıklılık, aydınlanan nesne ve yüzeyin renk özellikleriyle de ilgilidir (Şekil 3.3).



Şekil 3. 3 Işık akısı, aydınlık düzeyi, ışıklılık ilişkisi (mat/donuk yüzey)

Aydınlığın dağılımı (U_0 ; E_{min}/E_{ort}): Bir yüzeyde, en düşük aydınlık düzeyinin (E_{min}), ortalama aydınlık düzeyine (E_{ort}), oranını gösteren büyüklük “Aydınlığın Dağılımı (U_0 ; E_{min}/E_{ort})” olarak tanımlanır [51]. Eylemlerin gerçekleştiği alanda aşırı aydınlık değişimleri dikkati dağıtabilir ve görsel performansı düşürebilir. Bu nedenle dersliklerdeki sıra üzerlerinde aydınlığın düzgün bir dağılıma sahip olması istenir. Aydınlığın dağılım düzgünlüğü, aşırı aydınlık farklarını önlemek ve dolayısıyla dikkat dağınıklığını engellemek için sağlanması gereken bir ölçüttür.

Renksel geriverim: Işık kaynaklarının aydınlattığı nesnelerin öz rengini ne oranda gösterebildiğini ifade eder. Etrafımızı yüzeylerden yansıyarak/geçerek gelen ışıkla görürüz. Dolayısıyla nesneleri doğru algılamamız, yüzeyi aydınlatan ışık kaynağının renksel geriverim özelliklerine bağlıdır. Renkler öğrenme sürecinde önemli bir yere sahip olduğu için eğitim yapılarındaki ışık kaynaklarının renksel geriverim değerinin yüksek olması istenir.

Bir ışık kaynağının renksel geriverim indisi, maksimum 100 olarak kabul edilir. Bir ışık kaynağı $R_a=100$ değerine sahip olduğunda, o kaynağın tayfsal dağılımının alınan referans kaynak ile aynı olduğu anlamına gelir.

Renk Sıcaklığı (T_c): Işınımı, verilmiş bir renk uyartısı ile aynı türsellikte bulunan Plank ışıyıcısının sıcaklığı olup, birimi Kelvin (K)’dir. TS EN 12464-1’e göre renksel izlenim ile renk sıcaklığı arasındaki ilişki;

- Sıcak, $T_c < 3300$ K,
- Ilık, $3300 \leq T_c \leq 5300$,
- Soğuk, $T_c > 5300$ K

olarak sıralanmıştır.

Hangi renk sıcaklıklarının hangi ortamlarda tercih edildiği konusundaki çalışmalar uzun yıllardır süregelmektedir. Kruithof tarafından, 250 lux’ten düşük aydınlık düzeyleri için sıcak, 250-400 lux arası için ılık, 400 lux’ten büyük aydınlık düzeylerinin sağlandığı bir hacimde ise soğuk renksel izlenimlere sahip ışık kaynaklarının kullanılması önerilmektedir [54].

Kamaşma (UGR): Hacimlerdeki görsel konforu olumsuz yönde etkileyen etkenlerden biri olup ışıklılıkların uygun olmayan dağılımları ya da aşırı bir karışıklık sonucu, nesnelerin ya da bunların ayrıntılarının ayırt edilmesinde bir yetenek eksikliği ya da bir güçlük, bir sıkıntıya yol açan görme koşulları olarak ortaya çıkabilir [55]. Başka bir anlatımla kamaşma, bakış alanı içinde kalan yüzeylerin ışıklılığının çevredeki genel ışıklılık düzeyinden çok yüksek olması durumunda oluşan ve görsel konfor ile görünürlüğün azalmasına neden olan bir durumdur [56]. Görme alanına giren ve ışıklılığı yüksek olan yapay ya da doğal ışık kaynakları kamaşmaya neden olabilir. Konforsuzluk ve yetersizlik kamaşması olmak üzere iki tür kamaşmadan söz etmek olanaklıdır. CIE'ye göre konforsuzluk kamaşması görme yeteneğini bozmadan rahatsızlığa neden olurken, yetersizlik kamaşması konforsuzluğa neden olmadan görüş yeteneğini olumsuz etkileyen kamaşma türüdür [51].

Modelleme: CIE tarafından bir nesnenin veya kişinin derinliğinin, şeklinin ve dokusunun algılanmasında aydınlatmanın etkisi olarak tanımlanmıştır [51]. TS EN 12464-1 göre modelleme, belirli bir noktadaki silindirik aydınlığın yatay aydınlığa oranıdır ve 0.3 ile 0.6 arasında olmalıdır. Aydınlatma biçimi, sert gölgeler atacak şekilde doğrultulu ya da modelleme özelliğini ortadan kaldıracak şekilde yayınık olmamalıdır. Modelleme özelliği, doğrultulu ve yayınık aydınlatma arasında dengeyi kurarak nesnelerin doğru algılanmasını sağlar (Şekil 3.4) [56].



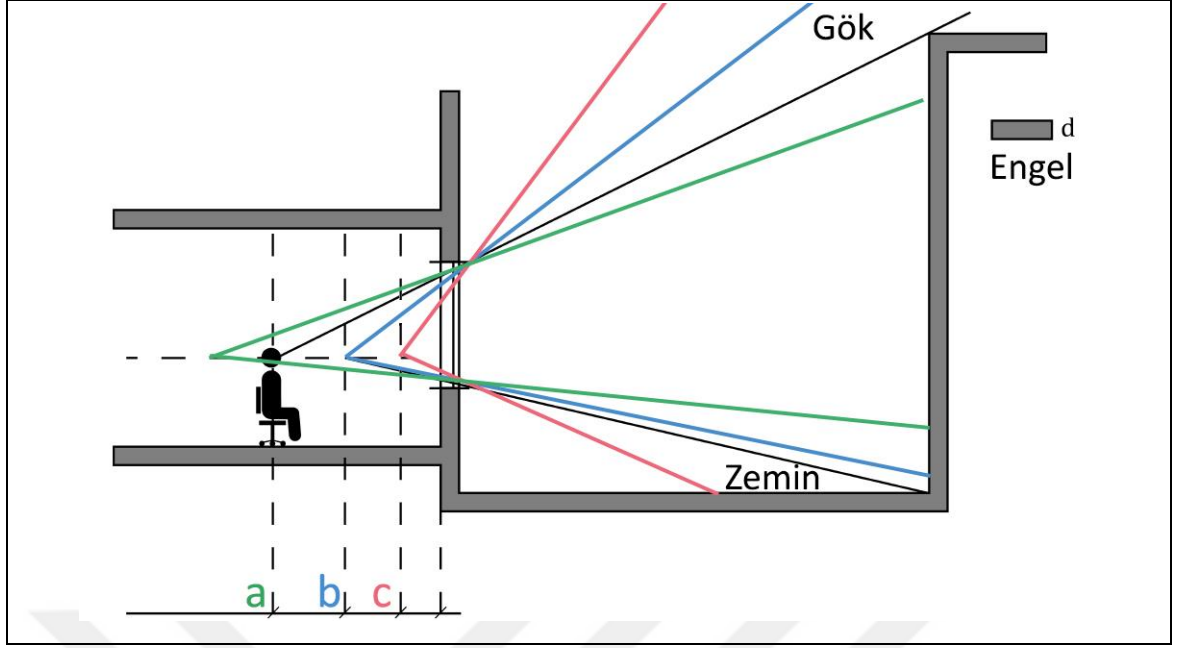
Şekil 3. 4 Yayınık, aşağıya doğrultulu, yayınık-doğrultulu aydınlatma biçimlerinin nesnenin algılanmasındaki etkisi [56].

3.1.2 Doğal Aydınlatma Ölçütleri

Doğal aydınlatma performansının değerlendirilmesi, kullanılan ölçütler bakımından yapay aydınlatmaya göre farklılık göstermektedir. Doğal aydınlatma sistemlerinde iklim koşulları, gök koşulları, yıl içindeki farklı zaman dilimleri gibi tasarımcının kontrolü dışında bulunan durumlar söz konusudur. Bu nedenle, performans değerlendirmeleri belirtilen durumlar göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Doğal aydınlatmaya yönelik ölçütler için 2016 yılında EN 17037 numaralı Binalarda Günişliği başlıklı taslak bir standart hazırlanmış olup 2018’de yayımlanması beklenmektedir. Tüm yapı türlerinin içinde uzun süre bulunan hacimlerine yönelik hazırlanan bu standartta günışığından yararlanmanın ölçütleri, gerekli günışığı aydınlığının sağlanması, dış ortamla görsel bağlantının kurulması, güneşlenme ve kamaşmaya karşı korunma olmak üzere dört başlık altında toplanmıştır. Her ölçüte yönelik ondalık sisteme dayanan öneriler en az, orta ve yüksek olmak üzere üç derece için yapılmıştır [27, 35]. Söz konusu ölçütlere ilişkin kısa bilgiler aşağıda verilmiştir.

Günişliği aydınlığının sağlanması: Sürdürülebilir aydınlatma tasarımı açısından görsel konforu sağlamanın yanı sıra enerji tüketimini de azalttığı için hacimlerin mümkün olduğunca günışığı ile aydınlatılmaları istenir. EN 17037 standardında günışığı aydınlık düzeyi 85 cm yüksekliğindeki referans bir düzlem üzerinde minimum >300 lux olarak önerilmektedir. Ayrıca, bu değer yıl boyunca gündüz saatlerinde çalışma alanının %50’sinde, çalışma alanı dışındaki alanların ise %10’unda sağlanması yeterli görülmüştür.

Dış ortamla görsel bağlantının sağlanması: Dış ortam ile görsel bağlantı, insanların yapının konumu ve çevresi hakkında bilgi almak, hava koşullarını ve gün içindeki zamanın değişimini izlemek gibi ihtiyaçlarını karşılar, psikolojik ve gözün dinlendirilmesi yoluyla da fizyolojik rahatlama sağlar. Görme alanı içine giren görüntünün niteliği, pencere boyutu, kişinin pencereden uzaklığı, görünen katman sayısı ve algılanan çevrenin içeriğine bağlıdır [27, 35]. Görünen katmanlar gökyüzü, yapay veya doğal manzara ve zemin olarak 3 bölümden oluşmaktadır. Şekil 3.5’te kullanıcı konumuna göre görülebilen katmanlar ifade edilmiştir.



Şekil 3. 5 Dış ortamla görsel bağlantı katmanları [27]

a konumu: Engel katmanı, **b:** Gök ve engel katmanı, **c:** Gök, engel ve zemin katmanı **d:** Yapı dışındaki engel (yapı)

Kullanıcı c noktasıyla pencere arasındayken üç katman (gökyüzü, yapı, zemin), b ve c noktası arasında iki katman (gök, yapı), b noktasıyla hacmin arka duvarında kalan alanda ise bir katman (yapı) görebilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi, kişinin hacim içindeki konumuna bağlı olarak görüş açısının büyüklüğü değişmektedir.

Güneşlenme: Güneş ışığı hacim içindeki aydınlığa etkisinin yanı sıra kış aylarında ısıtma için harcanan enerjinin düşürülmesinde olumlu etki sağlar. Ayrıca insan sağlığına çeşitli olumlu etkileri (D vitamini, sirkadyen ritm vb.) olduğu bilimsel çalışmalarla da kanıtlanmıştır. EN 17037 standardında döşemeden 1.2 m yükseklikte pencere genişliğinin ortası doğrudan gelen güneş ışığı referans nokta olarak kabul edilmiştir. Bu referans noktaya göre 21 Mart tarihindeki güneşlenme sürelerine göre belirlenen üçlü derece Çizelge 3.2'deki gibi oluşturmuştur.

Çizelge 3. 2 Güneşlenme süreleri (21 Mart)

	Minimum	Orta	Maksimum
Süre	>1,5 saat	>3 saat	>4 saat

Kamaşmaya karşı korunum: Hacim içindeki kamaşma, pencereden gelen doğrudan güneş ışığı, ışıklılığı yüksek gök durumu ya da çalışma alanı ile dış ortam arasındaki ışıklılık farkından meydana gelebilir.

Günüşiğine bağlı kamaşma, ‘günüşiği kamaşma olasılığı (DGP, daylight glare probability)’ ile değerlendirilmektedir. DGP, göz hizasındaki düşey aydınlık düzeyini ve kamaşma yaratan ışıklılığı yüksek kaynakları dikkate alarak, rahatsız olan kişilerin oranını değerlendirmede kullanılan bir yaklaşımdır [35]. Kamaşmanın önlenmesi için EN 17037 standardında verilen sağlanması gereken değerler Çizelge 3.3’de sunulmuştur [27].

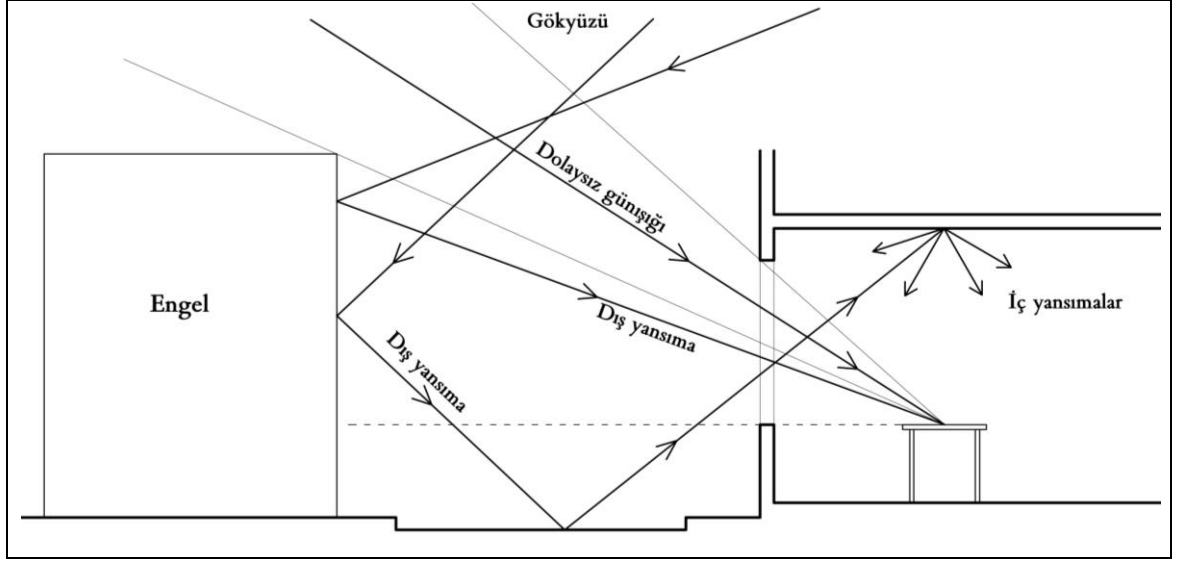
Çizelge 3. 3 Günüşiğine bağlı kamaşmadan (DGP) korunmaya ilişkin eşik değerleri [27]

DGP korunma düzeyi	Minimum (çoğunlukla rahatsız edici)	Orta (çoğunlukla rahatsız edici değil)	Maksimum (Üst düzey korunma)
DGP Değerleri	$\leq 0,45$	$\leq 0,40$	$\leq 0,35$

Standartta referans olarak bir hacmin bir yıl boyunca gündüz saatleri içindeki süreler göz önüne alınmıştır. Ayrıca, DGP değerinin çizelgede verilen değerleri aştığı süre yıl içinde kullanım saatlerinin %5’ini aşmamalıdır.

Günüşiği aydınlığının sağlanması amacıyla verilen yukardaki ölçütlerin dışında doğal aydınlatma sistemiyle ilgili diğer önemli tanımlar da aşağıda sunulmuştur.

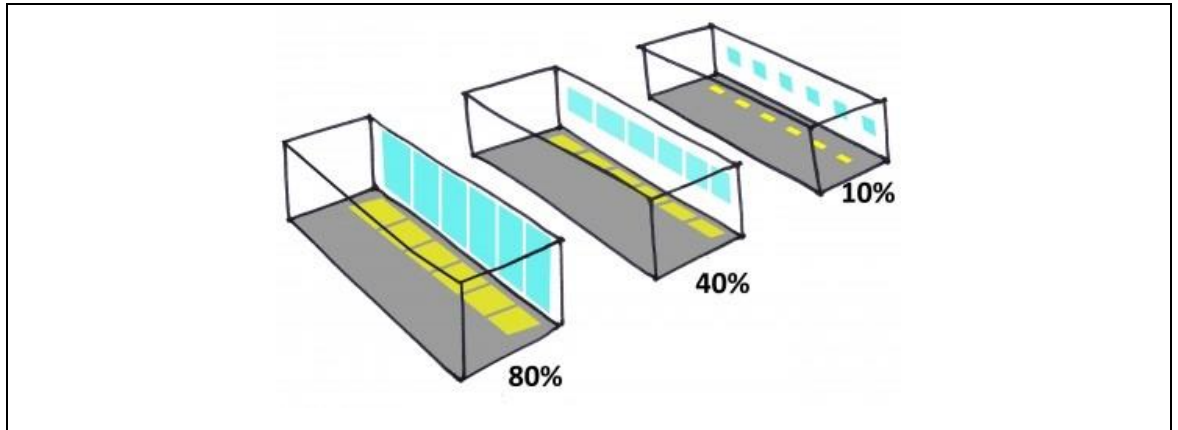
Günüşiği çarpanı (GÇ), CIE tarafından “Işıklılık dağılımları bilinen ya da varsayılan bir gökten dolaysız ya da dolaylı olarak gelen ışığın, verilmiş bir düzlemin bir noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyinin (E_i), hiç engellenmemiş yarım küre biçimindeki gökten gelen ışığın, yatay düzlem üzerinde oluşturduğu aydınlık düzeyine (E_d) oranını gösteren çarpan” olarak tanımlanır (GÇ: E_i / E_d) [51, 52, 57]. Günüşiği çarpanının, gök bileşeni, dış yansımış bileşen ve iç yansımış bileşen olmak üzere 3 bileşeni vardır (Şekil 3.6)



Şekil 3. 6 Güneş ışığı yansıma bileşenleri

Güneş ışığı otonomisi, güneş ışığı alan mekanlarda yıllık olarak güneş ışığı miktarının değerlendirilmesi amacıyla 1989 yılında İsviçre’de yer alan “Association Suisse des Electriciens” derneği tarafından ortaya atılmıştır. Bu yaklaşım, bir yıl içinde bir hacimde istenen aydınlık düzeyinin yalnızca doğal aydınlatma ile sağlandığı saatlerin toplamının, yıl içindeki toplam kullanım saatlerine oranı olarak nitelendirilmektedir [13].

Saydamlık oranı, pencere alanının, pencerenin yer aldığı duvar alanına oranı olarak tanımlanır (Şekil 3.7).



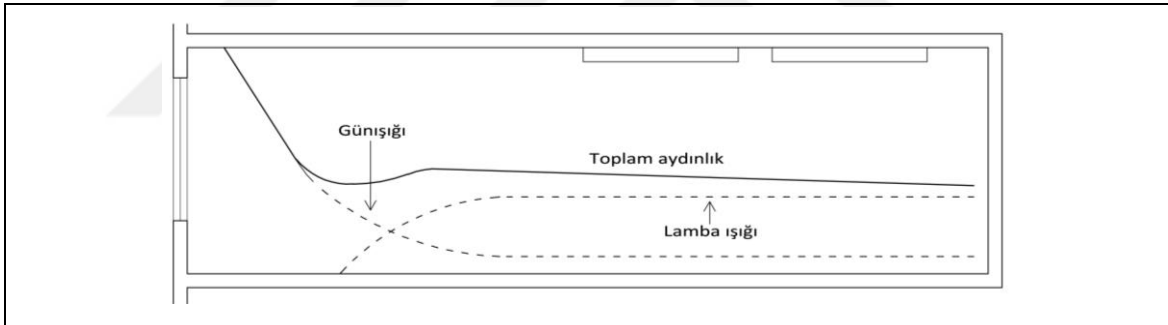
Şekil 3. 7 Saydamlık oranı örnekleri [58]

Saydamlık oranı mekana güneş ışığı ulaşmasının yanında, dış görüş ve psikolojik konforu da sağlar. Kullanıcının dış ortamla ilişki kurması ve görsel hoşnutluğu için saydamlık oranının minimum %20 olması önerilmektedir. %50’den fazla olması durumunda aşırı ısı kazancı-kayıpları olabileceği için gerekli önlemler alınmalıdır.

3.1.3 Bütünleşik Aydınlatma Ölçütleri

Doğal aydınlatmanın tek başına yeterli olmadığı durumlarda doğal ve yapay aydınlatma sisteminin bütünleştirilmesi gereklidir. Bu amaçla aydınlatma türlerinin bir arada verimli bir biçimde kullanılmasını sağlayan çeşitli yöntemler ve araçlar bulunmaktadır. Bütünleşik aydınlatma sistemleri görsel konforun devamlılığını sağlarken enerjinin etkin kullanmasıyla beraber yapay aydınlatma için harcanan bina işletme giderlerinin de düşmesini sağlar [59].

İlk defa Hopkinson tarafından dile getirilen PSALI (Permanent Supplementary Artificial Lighting of Interiors) de bunlardan biridir. Tek taraftan aydınlatılmış ve derinliği fazla olan mekanlarda, pencereden uzaklaştıkça günışığı miktarının azalması nedeniyle günışığını destekleyecek ilave bir aydınlatmaya ihtiyaç duyulacaktır. Günışığını destekleyecek şekilde ilave edilen yapay aydınlatmayla oluşturulan aydınlatma düzenine “Permanent Supplementary Artificial Lighting of Interiors” (PSALI) ismi verilmektedir (Şekil 3.8).



Şekil 3. 8 Bütünleşik aydınlatma (PSALI) [60]

PSALI;

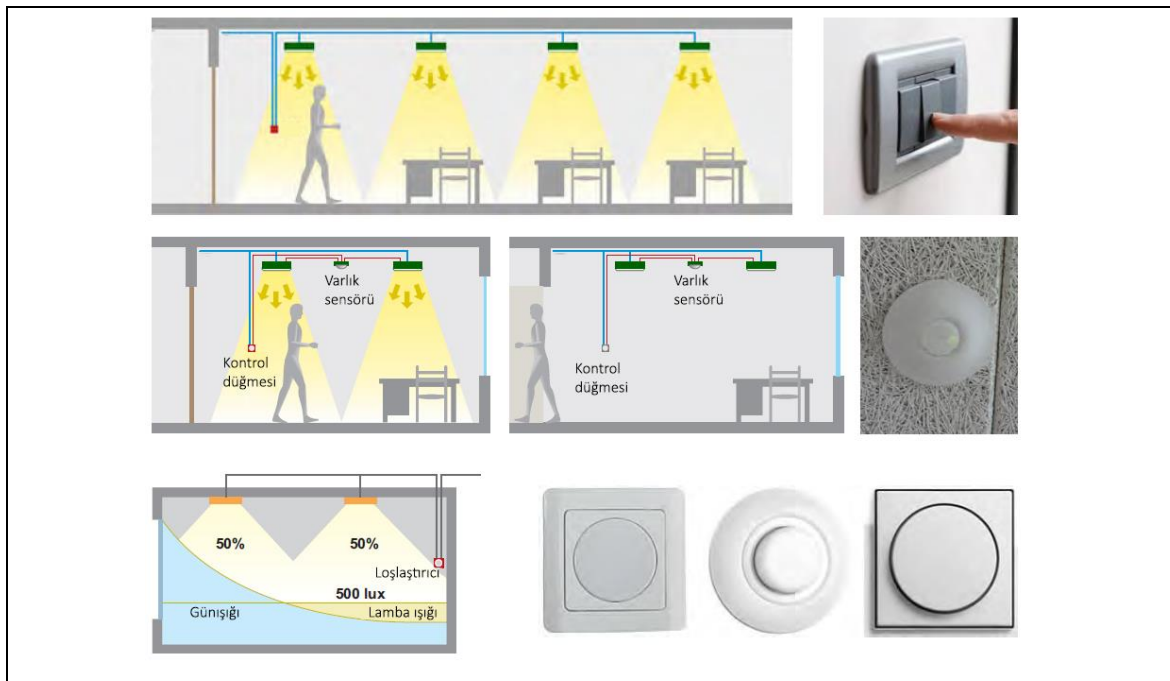
- Günışığından olabildiğince yararlanılması,
- Odanın pencereden uzak arka bölümlerindeki yetersiz aydınlık düzeyini arttırmak için yapay aydınlatmanın kullanılması,
- Yapay aydınlatmanın, odanın günışığı karakterini koruyacak şekilde düzenlenmesi.

olmak üzere üç temel ilkeye dayanmaktadır [60].

Bütünleşik aydınlatmada yapay aydınlatmaya yönelik kontrol sistemleri de büyük önem taşır. Kontrol sistemleriyle, bir mekandaki aydınlık kullanıcıların gereksinimlerine göre kolayca düzenlenebilir veya yönetilebilir. Bu düzenleme bir oda, bir bölge özelinde olabileceği gibi tüm bina genelinde de olabilir. Aydınlatma kontrol sistemlerinin yaygın olarak kullanılan türleri;

- Mevcut günışığına göre aydınlatma kontrolü,
- Bina kullanım yoğunluğuna göre aydınlatma kontrolü,
- Bir programlayıcı / zamanlayıcı ile aydınlatma kontrolü,
- Bölgeye göre aydınlatma kontrolü

olarak sıralanabilir [61]. Bu sistemlerden birinin ya da birkaçının birlikte kullanılması olanaklıdır. Aydınlatma kontrol sistemlerinde açma-kapama anahtarı, kontrol düğmesi, loşlaştırma düğmesi, zamanlayıcı, varlık sensörü, günışığı aydınlığı algılayıcıları gibi araçlar kullanılabilir. Şekil 3.9’da sırasıyla anahtar düğmeleri aracılığıyla kontrol edilebilen manuel anahtarlı, kullanıcı hareketlerini algılayıp devreye giren varlık algılama sensörlü ve günışığına bağlı olarak istenilen aydınlık düzeyi değerlerine göre otomatik veya manuel olarak ayarlanabilen günışığı sensörlü aydınlatma sistemlerine ait görseller sunulmuştur.



Şekil 3. 9 Aydınlatma kontrol sistemi örnekleri [61]

Bütünleşik aydınlatma için, yapay ve doğal aydınlatmaya yönelik tüm ölçütler bir arada kullanılmalıdır.

3.2 Aydınlatma sistemleri

Eğitim yapılarında sürdürülebilir aydınlatma sistemleri, temelde öğretmenlerin, öğrencilerin ve personelin belirli eylemleri konforlu bir ortamda kolay ve rahat bir şekilde yürütmelerini sağlayacak, enerjiyi etkin kullanacak bir biçimde düzenlenmelidir. Görsel konfor gereksinimlerini karşılayan bir aydınlatma düzeni elde etmek için, bir okuldaki tüm mekanları ve mekanlardaki işlevleri göz önüne almak gereklidir. Gün boyunca bir okulda çeşitli görsel eylemler gerçekleştiği için her eylem için farklı aydınlatma düzenine ihtiyaç duyulduğu unutulmamalıdır. Okullardaki doğal ve yapay aydınlatma sistemleriyle ilgili, genel bilgiler aşağıdaki bölümlerde ele alınmıştır.

3.2.1 Yapay Aydınlatma Sistemleri

Doğal aydınlatmanın yetersiz kaldığı veya bulunmadığı durumlarda yapay aydınlatma sistemlerine ihtiyaç duyulur. Yapay aydınlatma sistemi görsel konforla birlikte, enerji kullanımı ve çevresel etki konularını da etkilemektedir. Etkin aydınlatma çözümleri sunmadan önce ışık, aydınlatma, görsel konfor, lambalar ve aydınlatma aygıtları hakkında bazı temel bilgilerin bilinmesi gereklidir. Aşağıda yapay aydınlatma kaynakları ve aydınlatma aygıtları ile bilgiler sunulmuştur.

Lambalar: Işık kaynaklarının seçimi, aydınlatma sisteminin performansı üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Sistemin görsel konfor, enerji kullanımı, çevresel etki ve ilk yatırım ve işletme maliyeti konularında lamba tercihinin olumlu veya olumsuz yönde önemli bir payı vardır. Ayrıca, kontrol sistemleri gibi çeşitli uygulamaların kullanabilmesi adına lambaların bu sistemlerle uyumlu olması gereklidir.

Tasarımcılar tarafından belli bir mekanda, alanda ya da bir noktada istenilen görsel etkiyi verebilmek için doğru lamba seçimi gereklidir. Bu konular göz önüne alındığında lamba seçimi doğru bir aydınlatma tasarımı için önemli bir konudur ama tek başına yeterli değildir. Lamba, aydınlatma aygıtı ve mekan özellikleri istenilen aydınlatma tasarımına ulaşmak için göz önünde tutulması gereken ana bileşenlerdir. Bu üç temel

bileşenin doğru şekillerde bir araya gelmesi aydınlatma tasarımının başarısını da arttıracaktır. Bu nedenle lambalar aydınlatma sistemi kurgulanırken aygıt ve mekan özellikleri ile birlikte düşünülmelidir.

Lamba seçiminde ışıksal verim (lm/W), renk sıcaklığı (K), renksel geriverim (R_a), lamba ömrü gibi özellikler dikkate alınmalıdır. Söz konusu özellikler, kullanım alanına ve eylem özelliklerine göre aydınlatma tasarımının başarısını arttırabilir ya da azaltabilir. Çizelge 3.4'te güncel kataloglardan yararlanarak hazırlanan bazı lamba türleri ve özelliklerine ilişkin bilgiler sunulmuştur.

Çizelge 3. 4 Lamba türleri ve özellikleri

Lamba türü	Işıksal verim (lm/W)	Ömür (saat)	Renksel geriverim (R_a , 0-100)	Renk sıcaklığı (K)	Tepki süresi	İlk yatırım maliyeti	İşletme gideri	Kullanım alanı
Cıva buharlı	40-60	12000	40-60	3200-4200	2-5 dk	Orta	Orta	Genel aydınlatma
Kompakt floüresan	50-85	6000-12000	80-90	2700-4000	Hızlı	Düşük	Düşük	Genel aydınlatma
Floüresan	70-110	10000-20000	80-99	2700-6000	Hızlı	Düşük	Düşük	Genel Aydınlatma
İndüksiyon	60-80	60000-100000	60-80	2800-6700	Hızlı	Yüksek	Düşük	Bakımı ve ulaşılması zor alanlar
Metal halide	70-100	6000-12000	70-95	3000-7000	5-10 dk	Yüksek	Düşük	Alışveriş merkezleri, mağazalar
Yüksek basınçlı sodyum (standard)	70-150	10000-24000	22-80	2000-3000	2-5 dk	Yüksek	Düşük	Dış mekan, sokak, depo vb. alanlar
LED	80-160	20000-100000	60-97	2700-8000	Hızlı	Yüksek	Düşük	Tüm alanlar

Aydınlatma aygıtları: Lamba ya da lambaların ışığının dağılımını düzenlemeye, süzmeye ya da değiştirmeye yarayan, lambaların dışında tutturucu, koruyucu tüm parçaları ve olası olarak, yan devreleri ve şebeke bağlantısını sağlayan parçaları da içeren aygıt olarak tanımlanır [51, 52]. Günümüzde farklı özelliklerde ve çeşitli amaçlarla üretilen aydınlatma aygıtları bulmak olanaklıdır.

Aydınlatma aygıtından çıkan ışığın dağılımı, aygıt ve yansıtıcının geometrik özelliklerine ve kullanılan gereçlerin yansıtma/geçirme biçimlerine göre değişik özellikler kazanır [62]. Uygulama için en uygun özellikteki aygıtın seçimi, istenen görsel ortamın elde edilmesi ve enerji verimli bir aydınlatma düzeninin oluşturulması açısından gereklidir.

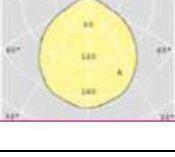
Ayrıca, aydınlatma aygıtlarının seçiminde aydınlatma biçimi, aygıt geriverimi, kamaşma kontrolü gibi özellikler de göz önünde tutulmalıdır.

Aygıtlar ışık kaynağı (lamba türü), montaj şekli, uygulama alanı veya ışıkölçümsel özelliklerine göre sınıflandırılabilir. En çok kullanılan sınıflandırma türü uygulama alanı ve ışıkölçümsel özelliklerine göre olandır [25]. Çizelde 3.5'te CIE tarafından belirlenen sınıflandırma verilmiştir.

Çizelge 3. 5 Aydınlatma aygıtlarının ışık dağılımlarına göre sınıflandırılması [25]

Türü	Aşağı giden ışık oranı	Şematik gösterimi
Dolaysız aydınlatma	%90-100	
Yarı dolaysız aydınlatma	%60-90	
Yayınık aydınlatma	%40-60	
Yarı dolaylı aydınlatma	%10-40	
Dolaysız aydınlatma	%0-10	

Aygıtlar ayrıca, kullanıldığı alanın eylem türüne göre de sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırma aygıtlar, konut, ticari ve endüstriyel olmak üzere üç başlık altında toplanabilir. Ayrıca, uygulama alanları içinde aygıtlar lamba (akkor, floüresan, LED vb.) ya da montaj türlerine göre de (gömülü, yüzeye montaj, asılı vb.) sınıflandırılabilir. Örnek olarak çeşitli aydınlatma aygıtlarına ilişkin aydınlatma biçimleri ve aygıt uygulama türleri de Şekil 3.10'da sunulmuştur.

Aydınlatma biçimi	Aygıt ve uygulama türleri		
Dolaysız aydınlatma	Yüzeye montaj	Gömülü	Asılı
			
Dolaylı aydınlatma	Asılı	Yüzeye montaj	
			
Yayınık aydınlatma	Asılı	Asılı	
			
Dolaysız aydınlatma	Yarı gömülü		
			
Asimetrik aydınlatma	Asılı	Gömülü	
			
Dolaysız aydınlatma	Yüzeye montaj		
			

Şekil 3. 10 Aydınlatma aygıtı örnekleri ve özellikleri [63]

Yapay aydınlatma sistemlerinin verimliliği temelde kullanılan lamba ve aygıtların teknik özelliklerine bağlıdır. Ancak, yapay aydınlatma sisteminin yer aldığı mekanın işlevi ve bulunduğu dış ortam bağlamında iç yüzeylerin, aygıtların ve lambaların belli aralıklarla temizlenerek aydınlatma sisteminin tasarım değerlerine ulaşması sağlanmalıdır [26]. Bu durum göz önüne alınarak sistemdeki lambalar, nominal ömürleri dolduğunda değiştirilmelidir.

3.2.2 Doğal Aydınlatma Sistemleri

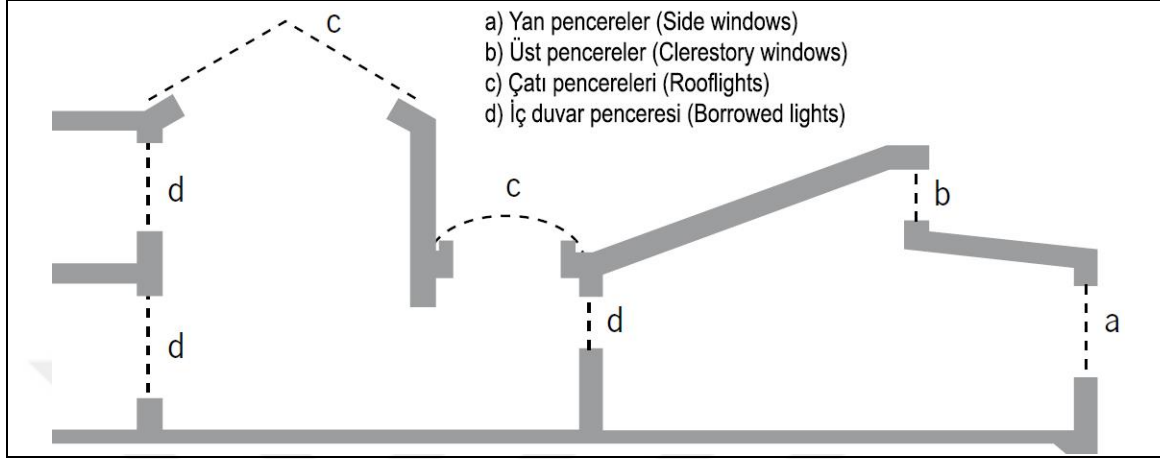
Eğitim araştırmacıları 1950'li yıllarda, derslikteki pencerelerin çocuklar için dikkat dağıtıcı bir eleman olduğunu savunmuşlardır. Bu nedenle 1960 ve 70'li yıllarda öğrencilerin dikkatlerinin dağılmasını önlemek amacıyla genellikle penceresiz dersliklerin olması gerektiği düşünülmüştür. Eğitim psikologları ise aynı dönemde öğrenme sürecinde görsel ortamın uyarıcı bir etkiye sahip olduğu üzerine araştırmalar yapmaya başlamışlardır. Görsel ortamın öğrenmeye etkisi üzerine ilerleyen yıllarda yapılan çalışmalar, görsel çevrenin uyarıcı bir etkiye sahip olduğunu ve günışığının öğrenme ile öğrenci performansı üzerinde olumlu etki yaptığını ortaya koymuştur.

Günümüzde çevre kirliliği, tükenen fosil kaynaklar, küresel ısınma gibi çeşitli nedenlerden ötürü aydınlatma, ısıtma ve soğutma yüklerini en aza indirerek enerji verimliliğini artırmak için binalarda doğal aydınlatma kullanımı önemli bir strateji haline gelmiştir. Yenilikçi, gelişmiş günışığı sistemlerinin kullanılması, bir binanın elektrik tüketimini önemli ölçüde azaltabilir ve kapalı ortamdaki aydınlığa önemli ölçüde katkıda bulunabilir. Bu nedenle okullarda günışığından gereği kadar faydalanılması görsel performans, enerji kullanımı, çevresel etki ve maliyet açılarından da önemli bir konudur.

Okullardaki doğal aydınlatma tasarımının amacı, günışığı aydınlığının dengeli ve yeterli bir biçimde tüm öğretim alanlarına ulaşmasını sağlamak olmalıdır. Bilindiği gibi günışığı aydınlığı yapı kabuğundaki açıklıklar aracılığıyla hacme girer. Bu durumu gerçekleştirmede en büyük yardımcılardan biri de yapı kabuğundaki açıklıklar olan pencerelerdir. Hacme giren günışığı aydınlığını etkileyen çeşitli parametreler bulunmaktadır. Bu parametreler mimari tasarım aşamasında dikkatle ele alınmalı ve doğal aydınlatma tasarımı belli ölçütlere göre kurgulanmalıdır.

Günışığı ile ilgili açıklıklar tasarlanırken mekanın konumu, yönlenme ve işlevi tasarım aşamasında düşünülmelidir. Pencereler günışığı aydınlığı sağlamanın yanında ısısal ve işitsel konfor ile temiz hava dolaşımı gibi farklı görevlere sahiptir. Farklı türlerde ve çeşitli alanlarda tasarlanabilen pencereler, yatay veya düşey düzlemde konumlandırılabilir. Şekil 3.11'deki şematik kesitte, düşey pencere (a), genişliği ve yükseliği fazla olan mekanlarda günışığının iç noktalara ulaşması için kullanılan üst

pencereler (b), atriyumlu binalar ile düşey ya da yatay sirkülasyon alanlarında (merdiven kovası, koridor vb.) günışığından faydalanmak amacıyla kullanılan çatı pencereleri (c) ve koridoru aydınlatma ya da avludan gelen günışığından yararlanmak amacıyla kullanılan iç duvar pencereleri (d) gösterilmiştir.



Şekil 3. 11 Pencere türleri [64]

Söz konusu pencere türlerinin yanısıra günışığının mekanın derinliklerine kadar ulaşmasını sağlayan çeşitli gelişmiş günışığı sistemleri de kullanılabilmektedir.

Gelişmiş günışığı sistemleri

Düşey pencerelerle mekan içindeki pencere önü ve etrafında yüksek bir aydınlık düzeyi sağlanırken, mekanın iç tarafına doğru ilerledikçe aydınlık düzeyi azalmakta ve hacmin iç taraflarında yetersiz kalmaktadır. Derin hacimlerde yeterli aydınlık düzeyi elde etmek için pencerelerin büyütülmesi veya sayılarının artırılması ise ısıtma ve soğutma sorunlarını beraberinde getirecektir. Doğal aydınlatma açısından yetersiz hacimlerde günışığını yönlendiren, yansıtan ya da taşıyan günışığı sistemlerinin kullanılması giderek yaygınlaşmaktadır [65].

Günışığı sistemleri yapı kabuğundaki saydam alanlarla birlikte, günışığının bir hacme ulaşmasını ya da kontrol edilmesini sağlar. Geleneksel pencerelerin yanında hacimlerin günışığı performansını iyileştiren yeni teknolojiler ve gelişmiş sistemler bulunmaktadır. Bu sistemlerin görevleri:

- Geleneksel tasarımların yetersiz kaldığı durumlarda mekanın derinliklerine yararlı günışığının ulaşmasını sağlamak,

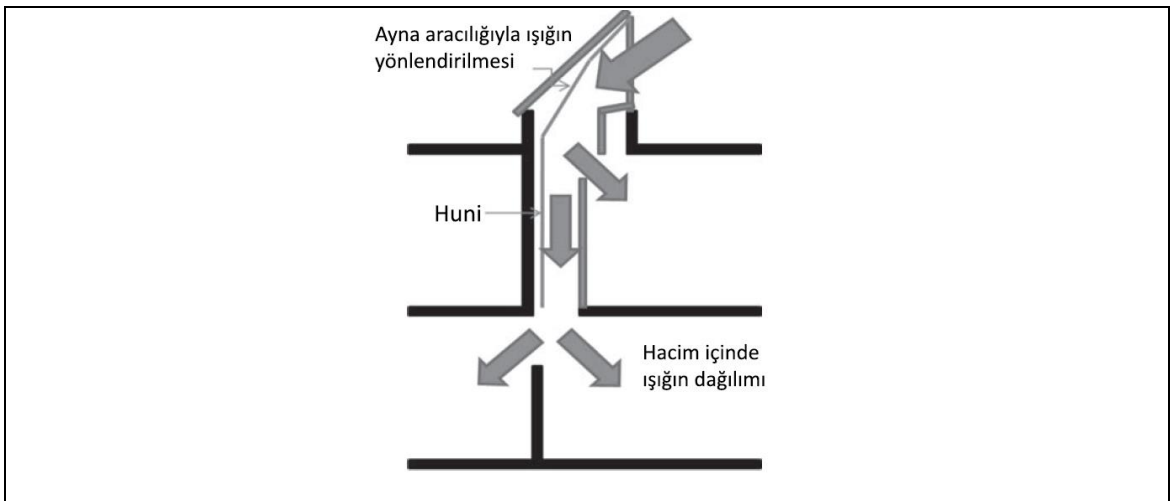
- Ağırlıklı olarak bulutlu gökyüzünün hakim olduğu iklimlerde kullanılabilir günışığı miktarını arttırmak,
- Dolaysız güneş ışığının kontrolünün gerekli olduğu iklimlerde yararlı günışığı miktarını arttırmak,
- Yapı dışı engeller nedeniyle pencereler için günışığı miktarını arttırmak,
- Penceresi olmayan hacimlere günışığını taşımak

olarak sıralanabilir [66].

Bu sistemler, saydam alanlarla beraber günışığını yansıtan veya kırılmasını sağlayan bileşenlerle birlikte çalışır. Buna ek olarak kamaşmayı önleyici, ısı kazanımını azaltan çeşitli gölgeleme elemanları ile birlikte bütünleştirilerek de kullanılabilirler.

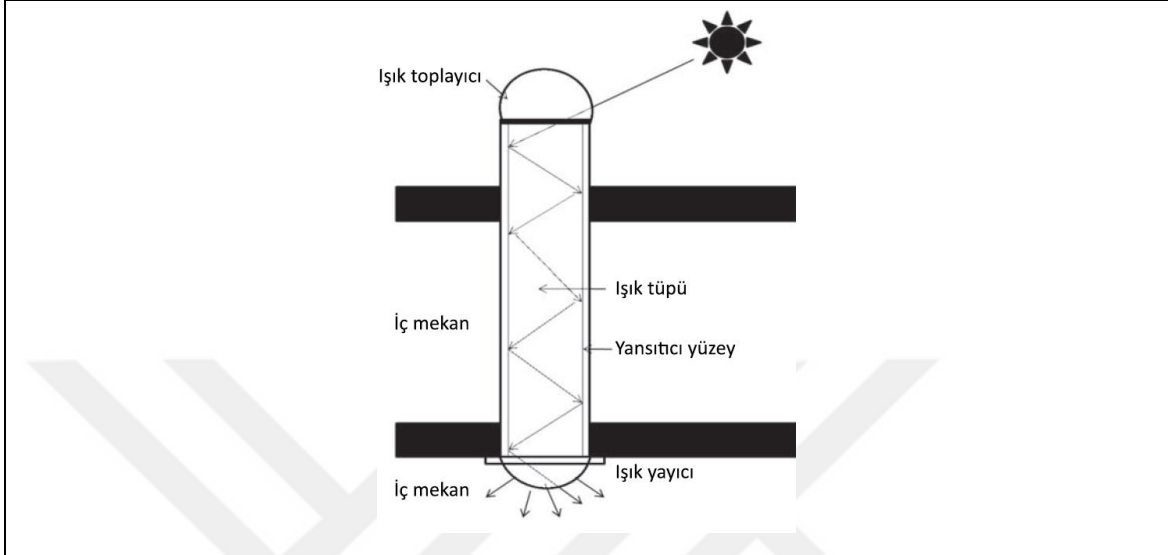
Nair ve diğerleri (2014) gelişmiş günışığı sistemlerini ışık kılavuz (light guiding) sistemleri, ışık taşıyan (light transport) sistemler, ışık kırıcı (diffracting) sistemler ve hibrit-bütünleşik (hybrid and integrated) olmak üzere dört ana başlıkta toplamışlardır [67].

Işık kılavuz sistemlerinin çalışma prensibi, günışığını taşıyarak bir yerden başka bir yere iletmektir (Şekil 3.12). Işık kılavuz sistemleri, yansıma, kırılma veya sapma yoluyla, doğrudan ve yayınık günışığının 8-10 m'ye kadar yapının iç noktalarına iletebilir. Bu sistemlere örnek olarak ışık rafları, anidolik tavanlar verilebilir.



Şekil 3. 12 Anidolik sistem [68]

Işık taşıyan sistemler, binaların günışığı açısından yetersiz kalan bölgelerine çeşitli yöntemler aracılığıyla günışığının taşınmasını sağlar. Toplayıcı, taşıyıcı ve dağıtıcı olmak üzere üç temel bileşenden oluşan sistemler, düşey ışık tüpleri, prizmatik ışık tüpleri, lazer kesim paneller gibi örneklenebilir.



Şekil 3. 13 Işık tüpü [69]

Işık kırıcı sistemler, günışığını yönlendirmek için ışığın kırınma ilkesini kullanan sistemlerdir (Şekil 3.14). Tepe ışıklığı ya da yüksek pencere sistemlerinde kullanılabilirler [67]. Bu sistemler için holografik filmler, holografik optik elemanlar örnek olarak verilebilir.



Şekil 3. 14 Holografik optik sistem [70]

Doğal aydınlatma sistemlerinin verimliliği temelde pencerelerin boyut, fom ve ışık geçirme çarpanı özelliklerine bağlıdır. Ancak, doğal aydınlatma sistemlerinin yer aldığı

mekanın işlevi ve bulunduğu dış ortam koşullarına bağlı olarak, iç yüzeylerin, pencere doğrama ve camının belli aralıklarla temizlenerek sistem tasarım değerleri sağlanmalıdır.

3.3 Aydınlatma Sistemlerinde İyileştirme (Retrofit)

Avrupa'da enerji-etkin yapıların tasarımı 1980'li yıllar sonrasında başlamıştır. 1980'li yıllar sonrası yapılan bu binalar yapı stoğunun %20'sini oluştururken, enerji tüketiminin yalnızca %5'lik bir kısmından sorumludur. Binalarda enerji performansı direktifi vb. diğer yönetmeliklere uyarak enerji tüketimlerini azaltmak açısından enerjiyi verimsiz kullanan yapıların yenilenmesine yoğunlaşmıştır [71]. Bu nedenle, mevcut binalarda enerji verimliliğinin hızlı bir şekilde iyileştirilmesi, küresel enerji kullanımının zamanında azaltılması ve çevresel sürdürülebilirliğin artırılması için gerekli bir durumdur.

Mevcut binalarda enerji performansını artırmak amacıyla enerji verimliliği önlemlerini geliştirmek ve analiz etmek için araştırmalar devam etmektedir. Bu eylemlerden biri olan retrofit (yenileme-iyileştirme), işlevini artık yerine getiremeyen ya da fazla enerji tüketimine neden olan bileşenleri, enerjiyi daha verimli kullanan bileşenlerle değiştirme uygulaması olarak tanımlanabilir. Zhenjun ve arkadaşları [72], retrofit teknolojilerinin temel bölümlerini şematik olarak Çizelge 3.6'daki gibi tanımlamıştır.

Çizelge 3. 6 Bina retrofit teknolojilerinin temel bölümleri [72]

Isıtma-Soğutma talebinin düşürülmesi- Talep yönetimi	Kullanıcı etkenleri-Enerji tüketim modelleri
-Çatı yalıtımı -Pencere retrofitleri -Soğuk çatı ve soğuk kaplama uygulamaları -Hava sızdırmazlık vb.	-Konfor gereksinimleri -Kullanım süresi düzenlemeleri -Yönetim ve bakım -Kullanıcı eylemleri -Kontrollere erişim vb.
Enerji etkin malzemeler ve düşük enerjili teknolojiler-Talep yönetimi	Yenilenebilir enerji teknolojileri ve elektrik sistemlerinin retrofiti-Arz yönetimi
-Kontrol sisteminin iyileştirilmesi -Doğal havalandırma -Aydınlatmanın iyileştirilmesi -Isı depolama -Enerji etkin malzeme ve uygulamalar -Isının geri kazanımı vb.	-Solar ısı sistemleri -Solar PV/PVT sistemleri -Rüzgar enerjisi sistemleri -Biokütle sistemleri -Jeotermal sistemler -Elektrik sistemlerinin retrofiti vb.

Birçok ülkede, binalara yönelik olarak farklı alanlarda retrofit çalışmaları artış göstermektedir. Yapılan bu çok sayıdaki retrofit uygulamalarının nedenleri;

- Fiziki konfor şartları açısından yetersiz ortamlar (Görsel, işitsel, ısısal, hava kalitesi, çevre vb.),
- Yüksek enerji tüketimi,
- Başarısız uygulamalar,
- Mekana yeni bir işlev kazandırma,

olarak sıralanabilir [71].

Enerjiyi etkin kullanan aydınlatma teknikleri alanındaki araştırma ve gelişmeler, dünya çapındaki elektrik tüketimini ve CO₂ emisyonlarını azaltmak için önemli katkıda bulunabilir. Aydınlatma sahip olduğu enerji tasarruf potansiyelinden dolayı en önemli retrofit alanlarından biridir. Yapılan çalışmalar enerji verimli aydınlatmalardaki yatırımların binalardaki enerji verimliliğini artırmak ve CO₂ emisyonlarını azaltmak için en uygun maliyetli yollardan biri olduğunu göstermektedir. Krarti, Erickson & Hillman'a [73] göre, aydınlatma sistemindeki retrofit uygulamaları, geri ödeme süresinin kısa olmasıyla diğer alanlardaki retrofit uygulamalarına göre daha az maliyetle daha fazla etkiye sahiptir. Retrofit uygulamaları ile kullanılacak yeni aydınlatma teknolojileri aracılığıyla görsel konforun sağlanması, aydınlatmadan doğan elektrik ve bakım giderlerinin en aza indirgenmesi hedeflenmektedir. Krarti vd. tarafından retrofitin sağladığı güçlü, zayıf yanlar, fırsatlar ve uygulamaların sahip olduğu potansiyel tehditler Çizelge 3.7'de belirtilmiştir.

Çizelge 3. 7 Retrofit SWOT analizi [73]

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, ışık kaynaklarının tayfsal yapısının geliştirilmesi, kullanıcı davranışlarının iyileştirilmesi vb.) • Bazı durumlarda kesin olarak tasarruf potansiyelinin belirlenememesi ve kimi kontrol sistemlerinin güvenilirliğinin az olması (kullanım süresi, loşlaştırma vb.)

Çizelge 3. 7 Retrofit SWOT analizi (devamı) [73]

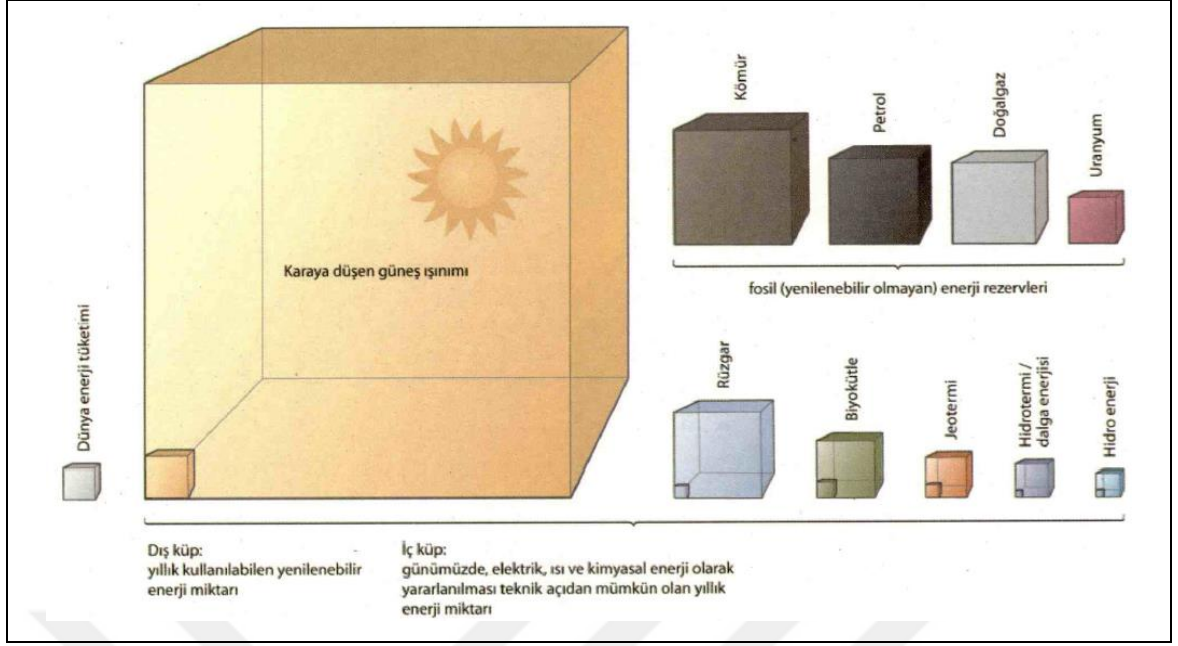
Fırsatlar	• Mevcut binaların zamanla yenilenerek enerji tüketiminin azaltılması ve çevresel sürdürülebilirliğin desteklenmesi • Görsel konforla birlikte iç ortam kalitesini geliştirme ve modernize etme ihtiyacı • Gelişmiş ülkelerdeki mevcut aydınlatma tesisatlarının eskimesi
Tehditler	• Yapay aydınlatma 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 tanımlanıp çözüm önerilerinin ona göre belirlenmesi gereklidir. Baştan yanlış atılacak adımlar iyileştirme işleminin beklenen verimi sağlamasını engelleyebilir.

3.4 Aydınlatma Sistemlerinde Yenilenebilir Enerji Kullanımı

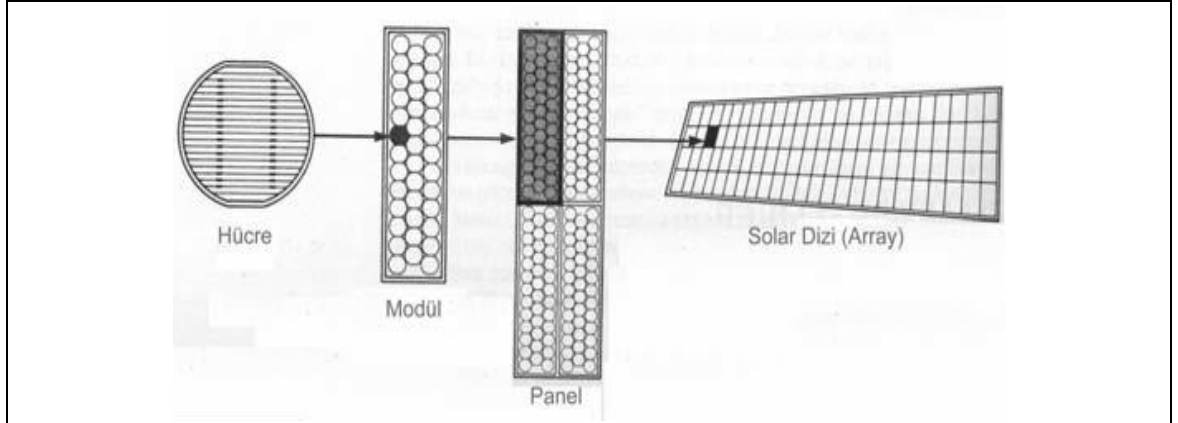
Dünyadaki fosil yakıtların azalması, dünya nüfusundaki artış ve teknolojik gelişmelerle birlikte enerji ihtiyacının sürekli artması her yıl enerji açığı miktarını artırmaktadır. Günümüzde konutlarda harcanan elektrik enerjisinin yaklaşık %12'si, konut dışı kullanımlarda ise %25-%40'ını yapay "Aydınlatma" için tüketilen enerji miktarı oluşturmaktadır [74]. Bu nedenle, yapay aydınlatma için tüketilen enerjiyi azaltmak için yapılarda enerjiyi etkin bir biçimde kullanan sistemlere yer verilmesi ve enerjinin yenilenebilir kaynaklardan sağlanması güncel bir konu haline gelmiştir. Nitekim yenilenebilir kaynakların enerji üretimi için en temiz ve en güvenilir yol olduğu kabul edilmektedir. Aydınlatma sistemleri için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, kent ölçeğinden başlayarak, yerleşim, bina ve yapı elemanı ölçeğinde alınacak kararlarla mümkün olmaktadır.

Dünyada kullanım potansiyeli en fazla olan yenilenebilir enerji kaynağı güneştir. Yeryüzüne düşen güneş ışığının enerji miktarı, dünya enerji ihtiyacının yaklaşık 10 bin katıdır. Dünyanın tüm enerji ihtiyacını karşılamak için güneş ışığı enerjisinin yalnızca %0,01'inin değerlendirilmesi yeterlidir. Şekil 3.15'te güneş enerjisi ile diğer yenilenebilir ve fosil enerji kaynaklarının sahip olduğu enerji potansiyelleri gösterilmiştir.



Şekil 3. 15 Yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelleri ve mevcut enerji rezervleri [75]

Güneş ve gök ışığının birleşiminden oluşan “günişığı” fotovoltaik hücreler aracılığı ile elektrik enerjisine dönüşür. Fotovoltaik hücreler üzerlerine gelen ışığı elektrik akımına dönüştürebilen yarı-iletken malzemelerden oluşan düzeneklerdir (Şekil 3.16). Bunlar, güneş pilleri, güneş panelleri vb. çeşitli adlarla adlandırılabilmekte ve değişik özelliklerde üretilmektedir.



Şekil 3. 16 Fotovoltaik hücre, modül, panel ve solar dizisi [76]

Fotovoltaik sistemlerin mimari ile ilişkilendirilmesi, mevcut bir binaya sonradan ilave etme/ekleme (Building Added PV, BAPV) ya da tasarım aşamasında bina ile bütünleştirme (Building Integrated PV, BIPV) olmak üzere iki ayrı biçimde gerçekleştirilebilir (Şekil 3.17).



Şekil 3. 17. a) Binaya sonradan ilave FV sistem [77] b) Binayla bütünleşik FV sistem [78]

Genellikle kullanım yeri olarak bina cephe ve çatıları tercih edilmektedir. Böylece fotovoltaik sistemler yalnızca enerji üretme sistemi değil yapının bir parçası olarak da kullanılmaktadır.

FV sistemler aracılığıyla binaların en fazla enerji tüketim kalemlerinden biri olan yapay aydınlatma için kaynak yaratmak olanaklıdır. Böylece fosil yakıtlara bağlı kalmadan yenilenebilir enerji kaynaklarıyla sürdürülebilir bir aydınlatma tasarımı yapmak söz konusu olabilmektedir [79].

3.5 Bölüm sonucu

Aydınlatma alanında yapılacak bir tasarım ya da iyileştirme işleminden önce gerekli aydınlatma koşullarının neler olduğu ve nelerle ilişkili olduğunu bilmek yapılacak işlemin başarısını arttıracaktır. Gerekli durumlarda, gerekli işlemlere göre yapılacak aydınlatma sistem seçimleri de bu açıdan önem taşımaktadır. Bu bölümde aydınlatma ölçütleri açıklanmış, eğitim yapılarında kullanılabilecek doğal ve yapay aydınlatma sistemleri tanıtılarak, aydınlatma sistemlerindeki iyileştirme (retrofit) işlemi ve yenilenebilir enerji kullanımı hakkında bilgiler sunulmuştur. Aydınlatma tasarımına başlamadan önce yukarda sözü edilen konu başlıkları hakkında gerekli bilgiler edinilmesi, sistemin başarısını da arttıracaktır.

Gelişen teknolojiyle birlikte enerjiyi daha etkin kullanan sistemler oluşmaktadır. Bu durumun olumlu tarafları olduğu kadar olumsuz tarafları da bulunmaktadır. Enerjiyi daha az kullanan aydınlatma sistemlerinin gereğinden fazla kullanılması ile beraber son yıllarda enerji tüketimini tekrar arttığı tespit edilmiştir. Bu konudaki bilgi eksiklikleri, bilinçsiz kullanım ve gereğinden fazla aydınlatılan mekanlar bu durumun ortaya

ıkmasındaki en etkili nedenler olarak sıralanabilir. Ayrıca, mevcut sistemlerin iyileştirme işlemlerinin (retrofit) bilinçsizce yapılması da bu işlemlerin olası başarı olasılığını azaltmaktadır.

Özellikle okul yapıları gibi yılın büyük bir kısmında nüfusun yaklaşık olarak %20'sinin aktif olarak kullandığı mekanlarda aydınlatma sistemlerinin en baştan doğru kurgulanması ve belirli zaman aralıklarında doğru bilgilerle ve sistemlere iyileştirme işlemlerinin gerçekleştirilmesi gereklidir. Bununla beraber okul yapılarının enerji tasarruf potansiyelleri ortaya çıkartılarak uygun aydınlatılmış ortamlarda eğitim imkanı sunmak olanaklı olacaktır.



EĞİTİM YAPILARI KILAVUZLARINDAKİ KONULAR VE DEĞERLENDİRMESİ

Sürdürülebilir mimarinin hedefi kullanıcı konforu, enerji kullanımı, çevresel etki ve maliyet açısından uygun ve dengeli çözümler üretmektir. Eğitim yapıları ise dünyada konut ve ofis binalarından sonra en çok üretilen yapı tipolojisi olup bunların da sürdürülebilir mimariye uygun olarak tasarlanması büyük önem taşımaktadır. Nitekim, dünyadaki birçok ülke sürdürülebilir eğitim yapılarının üretilmesine yönelik çeşitli araştırmalar yapmış, kılavuz, yönetmelik standart vb. çalışmalar yayımlamış ve yayımlamaya devam etmektedir. Ülkemizde ise Milli Eğitim Bakanlığı 2010 yılındaki “Eğitim Yapıları Mimari Proje Hazırlanması Genel İlkeleri” başlıklı yayın ile konuyu ilk kez ele almıştır. Daha sonra bu çalışma 2013 ve 2015 yıllarında geliştirilerek kullanıma sunulmuştur.

Bilindiği gibi bir eğitim yapısının tasarımı aydınlatma konusundan bağımsız düşünülemez. Okullardaki aydınlatma düzenleri öğrenci ve personelin eylem ve etkinliklerini konforlu bir biçimde gerçekleştirmesini sağlarken sürdürülebilir mimarinin diğer hedeflerini de yerine getirebilmelidir.

Bu bölümün temel amacı, ülkelerin eğitim yapılarına yönelik hazırladıkları kılavuzları incelemek, aydınlatma konusuna ilişkin yaklaşımlarını ortaya koymak olarak özetlenebilir. Belirtilen amaç doğrultusunda önce okul binalarında yer alabilecek olası mekanlar aydınlatma alanları olarak ele alınmış, daha sonra çeşitli ülkelerde değişik yıllarda yayımlanmış ve kullanılmakta olan kılavuzlar içerdiği konulara göre gruplanarak incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

4.1 Eğitim Yapılarında Aydınlatma Alanları

Eğitim yapıları aynı veya farklı zaman dilimlerinde kullanılan değişik işlevlere göre düzenlenmiş derslikler, sirkülasyon alanları, idari mekanlar, laboratuvarlar, konferans salonları, kütüphane, sosyal mekanlar ve spor salonları gibi farklı aydınlatma gereksinimi olan mekanlardan oluşur. Milli Eğitim Bakanlığı 2016 yılında yayımladığı “Temel Eğitim Kurumları Yapım Programı”nda okul binalarının inşasında dikkat edilmesi gereken konuları ve uyulması gereken koşulları belirtmiştir. Söz konusu yayına göre ülkemizde 2016 yılından itibaren inşa edilecek ilkokul, ortaokul ve lise binalarının öğrenci kapasitesi, kat adedi, alan büyüklükleri (m²) ve mekan türlerine ilişkin temel bilgiler Çizelge 4.1-4.3’te sunulmuştur [80].

Çizelge 4. 1 Milli Eğitim Bakanlığına bağlı ilkokul binalarının temel özellikleri

Okul Özellikleri				Mekanlar												
				Derslik	Fen dersliği	Resim Dersliği	Müzik dersliği	Çok amaçlı Oda	Kütüphane	Kantin	Çok amaçlı salon	Mescit	Beden eğitim salonu	İdari birimler	Faaliyet odası	Yemek salonu
İlkokul	240+20	B+Z+1	1349/3879	8	1	1	1	1	1	1	1	2	1	8	1	1
İlkokul	360+40	B+Z+1	1772/5065	12	2	1	1	1	1	1	1	2	1	7	2	1
İlkokul	480+40	B+Z+2	1568/5620	16	2	1	1	1	1	1	1	2	1	9	2	1
İlkokul	600+60	B+Z+2	1506/5512	20	2	1	1	1	1	1	1	2	1	10	3	1
İlkokul	720+60	B+Z+2	1617/6376	24	2	1	1	1	1	1	1	2	1	11	3	1

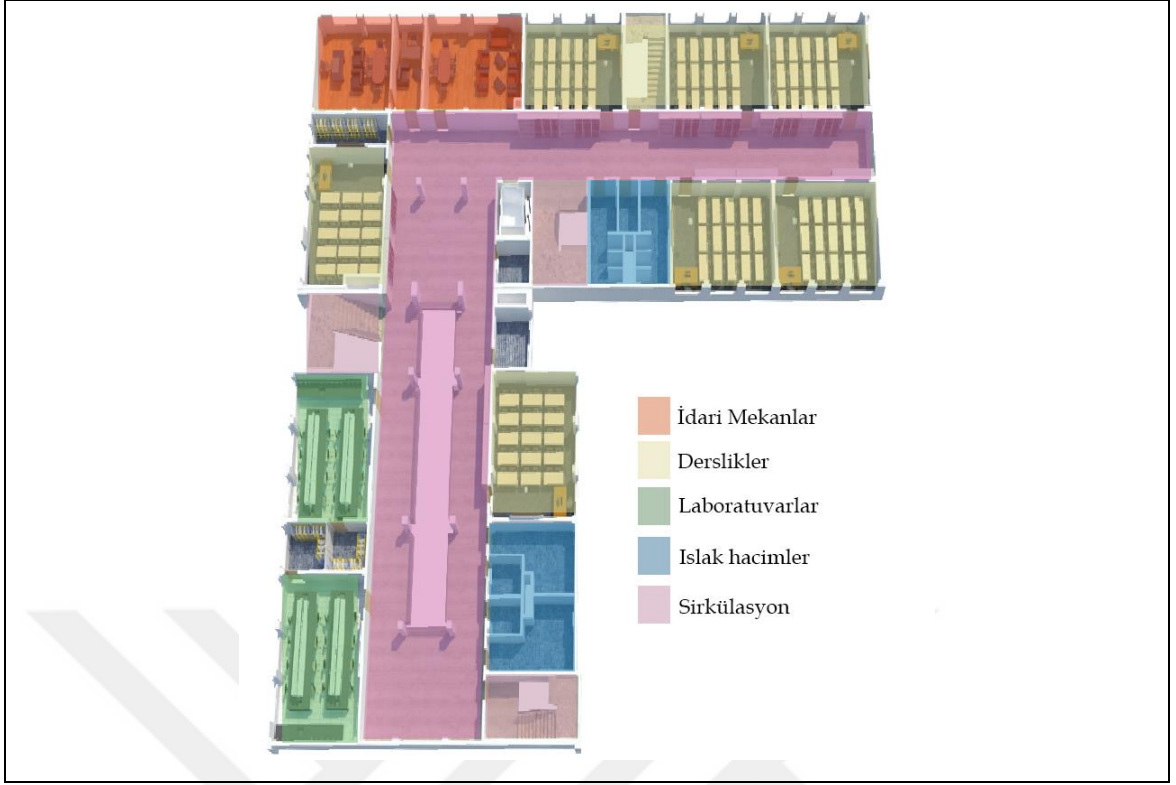
Çizelge 4. 2 Milli Eğitim Bakanlığına bağlı **ortaokul binalarının** temel özellikleri

Okul Özellikleri				Mekanlar											
				Derslik	Fen dersliği	Teknoloji ve Tasarım atölyesi	Görsel sanatlar atölyesi	Müzik dersliği	Çok amaçlı Oda	Kütüphane	Kantin	Çok amaçlı salon	Mescit	Beden eğitim salonu	İdari birimler
Ortaokul	360	B+Z+2	1157/4491	12	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	8
Ortaokul	480	B+Z+2	1556/5500	16	2	2	1	1	2	1	1	1	2	1	9
Ortaokul	600	B+Z+3	1244/6022	20	2	2	1	1	2	1	1	1	2	1	10
Ortaokul	720	B+Z+2	2088/7043	24	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	11

Çizelge 4. 3 Milli Eğitim Bakanlığına bağlı **lise binalarının** temel özellikleri

Okul Özellikleri				Mekanlar													
				Derslik	Fizik laboratuvarı	Kimya laboratuvarı	Biyoloji laboratuvarı	Görsel sanatlar atölyesi	Müzik dersliği	Çok amaçlı Oda	Kütüphane	Kantin	Çok amaçlı salon	Mescit	Beden eğitim salonu	İdari birimler	
Okul türü	Öğrenci kapasitesi	Kat adedi	Taban alanı/ Toplam alan (m²)														
Lise	240	B+Z+2	871/3544	8	1	1	1	1	1	-	1	1	1	2	1	8	
Lise	360	B+Z+2	1339/3901	12	1	1	1	1	1	-	1	1	1	2	1	7	
Lise	480	B+Z+2	1436/5372	16	1	1	1	1	1	-	1	1	1	2	1	9	
Lise	720	B+Z+3	1290/6059	24	1	1	1	1	1	-	1	1	1	2	1	12	
Lise	960	B+Z+3	2146/7759	32	1	1	1	2	2	-	1	1	1	2	1	13	

MEB tarafından hazırlanan 24 derslikli bir ortaokul tip projesinde farklı işlevdeki kullanım alanlarına ilişkin örnekleme Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4. 1 Okul binasındaki farklı işlevdeki kullanım alanlarına ilişkin örnekleme [80]

MEB 2016 yılı proje kataloğunda yer alan ve Çizelge 4.1-4.3'te verilen bilgilere göre ilkokullar ve liselerde 13, ortaokullarda ise 10 farklı işleve sahip mekan yer almaktadır. Bu işlevler için görsel konfor gereksinimlerinin sağlanabilmesi için 3. Bölümde yer alan aydınlatma ölçütlerine uygun tasarım ve düzenler seçilmelidir. Bu nedenle, tasarımcının gerekli aydınlığı elde etmek için, her bir mekanda gerçekleşecek ve/ya da gerçekleşmesi olası eylemleri tanımlayıp uygun aydınlatma düzenini kurgulaması gereklidir. Bu bağlamda eğitim yapılarının farklı işlevli alanları/mekanları ve mekanlarda gerçekleştirilen eylemler dikkate alınarak tez kapsamında geliştirilen “aydınlatma kılavuzu” Bölüm 5’te sunulmuştur.

4.2 Eğitim Yapıları Kılavuzlarındaki Konular ve Değerlendirmesi

Dünyanın birçok ülkesinde ilgili bakanlıklar, yerel yönetimler, üniversiteler ve sivil toplum kuruluşları tarafından öğrenme mekanlarının konforunu arttırmaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu bağlamda okullar için çeşitli konulara yönelik tasarım kılavuzları, eylem planları, öğrenci ve öğretmenlere yönelik eğitim programları ve değerlendirme sistemleri oluşturulmuştur.

Kılavuzlar okulların eğitim ve mekan kalitesini arttırmayı, ülkelerin ulusal eğitim sistemi, standart ve yönetmeliklerine uygun, enerjiyi etkin kullanan okulların inşa edilmesini ve eski okulların yenilenerek çağın şartlarına uyum sağlamasını amaçlayan çalışmalardır. Söz konusu kılavuzlarda mekan özellikleri, mekanlara yönelik tasarım önerileri, sağlanması gereken konfor koşulları (görsel, işitsel ve ısısal konfor) ve enerji kullanımı gibi pek çok alanda tasarımcılara yol göstermeyi amaçlayan bilgiler bulunmaktadır.

Bu bölümde, değişik ülkelerdeki çeşitli kurum ve kuruluşlar tarafından eğitim yapılarına yönelik hazırlanmış kılavuzlar ele alınmıştır. Çalışma kapsamında 1999-2016 yılları arasında yayımlanan ve ağırlık verdiği konular açısından “Tasarım, Retrofit, Enerji ve Aydınlatma” başlıkları altında gruplanan ilk, orta ve lise (K-12) okul türlerine yönelik oluşturulmuş kılavuzlar incelenmiştir.

Bu bağlamda;

- 2002-2016 yılları arasında 14 farklı ülke tarafından yayınlanan ve kullanılan 47 adet “Okullar için Genel Tasarım Kılavuzu”,
- 2004-2015 yılları arasında 3 farklı ülke tarafından yayınlanan ve kullanılan 7 adet “Okullar için Aydınlatma Retrofit Kılavuzu”,
- 2007-2015 yılları arasında 3 farklı ülke tarafından yayınlanan ve kullanılan 9 adet “Okullar için Enerji Kullanım Kılavuzu”,
- 1999-2010 yılları arasında 3 farklı ülke tarafından yayınlanan ve kullanılan 7 adet “Okullar için Aydınlatma Tasarımı Kılavuzu”,

olmak üzere toplam 70 adet kılavuz içerdikleri aydınlatma bilgileri açısından incelenmiştir [81-150]. Söz konusu kılavuzların ülkelere göre tür, adet ve yayım yılları Çizelge 4.4’te, incelenen kılavuzların yer aldıkları ülkelerin dünyadaki konumları Şekil 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4. 4 İncelenen eğitim yapıları kılavuzlarının ülkelere göre tür, adet ve yayımlanma yılları

Ülke	Kılavuz Türleri ve Yılları								
	Tasarım		Retrofit		Enerji		Aydınlatma		Toplam
	Adet	Yayınlandığı yıl	Adet	Yayınlandığı yıl	Adet	Yayınlandığı yıl	Adet	Yayınlandığı yıl	
ABD	16	(2002-2016)	4	(2004-2014)	7	(2007-2011)	2	(2004-2010)	29
Birleşik Krallık	6	(2002-2014)	-	-	-	-	3	(1999-2014)	9
İrlanda	7	(2008-2014)	1	(2009)	-	-	1	(2009)	9
Kanada	4	(2007-2012)	-	-	1	(2010)	-	-	5
Yeni Zelanda	2	(2004-2015)	-	-	-	-	1	(2007)	3
Türkiye	3	(2010-2015)	-	-	-	-	-	-	3
Avustralya	1	(2011)	-	-	1	(2015)	-	-	2
BAE	2	(2010-2012)	-	-	-	-	-	-	2
İskoçya	1	(2007)	-	-	-	-	-	-	1
Kuzey İrlanda	1	(2011)	-	-	-	-	-	-	1
Kosova	1	(2015)	-	-	-	-	-	-	1
Endonezya	1	(2009)	-	-	-	-	-	-	1
Katar	1	(2010)	-	-	-	-	-	-	1
Güney Afrika	1	(2012)	-	-	-	-	-	-	1
Avrupa Birliği Projesi	-	-	1	(2015)	-	-	-	-	1
Uluslararası Enerji Ajansı projesi	-	-	1	2014	-	-	-	-	1
Toplam	47	(2002-2016)	7	(2004-2015)	9	(2007-2015)	7	(1999-2014)	70



Şekil 4. 2 Kılavuzların yayınlandıkları ülkelerin dünyadaki konumları

Dört grup olarak incelenen 70 adet eğitim yapısı kılavuzundaki aydınlatma konusuyla ilişkili özet bilgiler “Okullar için Genel Tasarım Kılavuzları” için Çizelge 4.5’te, “Aydınlatma Retrofit Kılavuzları” için Çizelge 4.6’da “Okullar için Enerji Kullanım Kılavuzları” için Çizelge 4.7’de ve “Okullar için Aydınlatma Tasarımı Kılavuzları” için Çizelge 4.8’de sunulmuştur.

Söz konusu çizelgeler hazırlanırken incelenen kılavuzların aydınlatmaya yönelik bölümlerindeki bilgiler;

- Yapay aydınlatma için **aydınlık düzeyi (E), aydınlığın dağılımı (U_0), ışığın renksel niteliği (R_a), kamaşma (UGR),**
- Doğal aydınlatma için **günüşiği çarpanı, saydamlık oranı ve diğer günüşiği parametreleri,**
- Yapay aydınlatma için harcanan enerji tüketimi için de **enerji (W/m^2)**

başlıkları altında toplanmıştır. Ayrıca kılavuzların yararlandıkları ve kaynak gösterdikleri standartlar, yönetmelikler ile içerdikleri açıklamalar da çizelgelerde özetlenmiştir.

Aşağıdaki bölümlerde, Çizelge 4.5-4.8’te yer alan bilgiler önce genel olarak aydınlatma koşulları, ardından yapay ve doğal aydınlatma koşulları ve ilgili standartlar bağlamında değerlendirilmiştir.

Çizelge 4. 5 Farklı ülkelerde yayınlanan “Okullar için Tasarım Kılavuzları”

					Yapay Aydınlatma				Doğal Aydınlatma			Enerji
Sıra	Ülke	Yayınlayan Kuruluş ve Yılı	Kılavuz Adı	Mekanlar	Aydınlık düzeyi (E _m ; lux)	Aydınlığın dağılımı (U ₀)	Renksel geriverim (R _a)	Kamaşma (UGR)	Güneşiği Çarpanı	Saydamlık Oranı	Diğer	Tüketim
1	Türkiye	T.C. MEB Yatırımlar ve Tesisler Dairesi Başkanlığı 2010 [78]	Eğitim Yapıları Mimari Proje Hazırlanması Genel İlkeleri	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					Açıklamalar: Aydınlatmayla ilgili bilgi bulunmamaktadır.							
2	Türkiye	T.C. MEB İnşaat ve Emlak Dairesi Başkanlığı 2013 [82]	Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Kılavuzu	Derslik	300	-	-	-	-	Pencere alanı/tabán alanı: %25-%50	-	-
				Anaokulu	100	-	-	-	-	-	-	-
				İdari mekanlar	150	-	-	-	-	-	-	-
				Laboratuvar	500	-	-	-	-	-	-	-
				Sirkülasyon	150	-	-	-	-	-	-	-
				Konferans	300	-	-	-	-	-	-	-
				Kütüphane	500	-	-	-	-	-	-	-
				Atölye (resim)	300	-	-	-	-	-	-	-
				Açıklamalar	Aydınlık düzeyi dışında herhangi bir tanım ya da sayısal değér verilmemiştir. Pencere alanı: Dersliklerde pencere alanının, derslik taban alanına oranı en az %25 olmalı, bu oran bulunduğu iklim bölgesinin özelliklerine bağılı olarak %50 oranına kadar çıkabilir.							
3	Türkiye	T.C. MEB İnşaat ve Emlak Dairesi Başkanlığı 2015 [83]	Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu	Derslik	300	-	-	-	-	Pencere alanı/tabán alanı: %25-%50	-	-
				Anaokulu	100	-	-	-	-	-	-	-
				İdari mekanlar	150	-	-	-	-	-	-	-
				Laboratuvar	500	-	-	-	-	-	-	-
				Sirkülasyon	150	-	-	-	-	-	-	-
				Konferans	300	-	-	-	-	-	-	-
				Kütüphane	500	-	-	-	-	-	-	-
				Atölye (resim)	300	-	-	-	-	-	-	-
				Açıklamalar	Aydınlatma gereksinimlerinden aydınlık düzeyi dışında herhangi bir sayısal değér ya da tanım verilmemiştir. Pencere Alanı: Dersliklerde pencere alanının, derslik taban alanına oranı %25 olacaktır.							
4	Birleşik Krallık	The Department of Education and Skills – 2002 [84]	BB 95 (Building Bulletin) Schools for the Future Designs For Learning Communities	Genel çalışma alanları	350	-	-	-	%4-5	-	Güneşiği dağılımı (U ₀): 0,3-0,4	-
				Detaylı işler	500	-	-	-	-	-	-	-
			Açıklamalar	Aydınlatma tasarımına yönelik kısa bilgiler verilmiştir. Aydınlık düzeyi: Genel çalışma alanları için 350 lux, detaylı işlerle uğraşılán alanlarda ise 500 lux olmalıdır. Referans aldığı standart/yönetmelik: Building Bulletin 87 (BB 87), Building Bulletin 90 (BB 90).								

Çizelge 4.5 Farklı ülkelerde yayınlanan “Okullar için Tasarım Kılavuzları” (devamı)

Sıra	Ülke	Yayınlayan kuruluş ve yılı	Kılavuz adı	Mekanlar	Yapay Aydınlatma				Doğal Aydınlatma			Enerji
					Aydınlık düzeyi (E _m ; lux)	Aydınlığın dağılımı (U ₀)	Renksel geriverim (R _a)	Kamaşma (UGR)	Günişliği Çarpanı	Saydamlık Oranı	Diğer	Tüketim
5	Birleşik Krallık	The Department of Education and Skills – 2003 [85]	BB 98-Briefing Framework for Secondary School Projects	Açıklamalar	Eğitim yapılarının tasarım süreci ve mekan büyüklükleri ile ilgili bilgiler yer almaktadır. Aydınlatmayla ilgili bilgi bulunmamaktadır.							
6	Birleşik Krallık	The Department of Education and Skills – 2003 [86]	BB 87-Guidelines for Environmental Design in School	Derslik	300	≥0,8	>80	≤19	%4-5	>%20	Günişliği dağılımı (U ₀): 0,3-0,4	-
				Sirkülasyon	80-120	≥0,8	>80	≤19	-	-	-	-
				Atölye (resim)	500	≥0,8	>80	≤19	-	-	-	-
				Açıklamalar	Aydınlık Düzeyi: Öğrenim alanlarında 300 lux, detaylı işler gerektiren alanlarda ise 500 lux, sirkülasyon alanlarında ise 80-120 değerlerinin altına düşmemelidir. Kamaşma (UGR): 19 sınır değeri aşılmamalıdır. Tavanda ve duvarlarda yansıma dolayısıyla oluşabilecek kamaşmalardan dolayı çok parlak malzemeler kullanmaktan kaçınılmalı. İç yüzey yansıma çarpanları: Derslik için duvarlar için 0,6’dan, tavan için 0,7’den az olmamalıdır. Zemin için malzeme özelliği elverdiğince yüksek olmalı. Duvar yüzeyi öğretmen tarafından ekran olarak kullanılıyorsa duvar yansıma çarpanı 0,3-0,5 olabilir. Günişliği aydınlığının dağılımı: Yandan aydınlatılan derslikler için 0,3-0,4 olmalı, tepeden aydınlatılan mekanlar için ise 0,7 ve üzeri olmalıdır. Lamba verimi: Ortalama 65 lm/watt veya daha yüksek verime sahip lambalar seçilmeli. İşığın renksel özellikleri (R_a): Ra 80 ve üzeri lambalar tercih edilmeli. Renk Sıcaklığı (CCT): 2800-4000K renk sıcaklığına sahip kaynaklar seçilmeli. Gölge: Öğretmenlerin mimik ve dudak hareketlerinin görülmesini engelleyecek sert gölgelerin oluşması engellenmelidir. Engelli öğrenciler için bu durum önemlidir. Kontrast: Öğrencilerin algılamasını kolaylaştıracak şekilde tefrişlerde, kapılarda ve kapı kollarında, koridor ve kat yönlendirmelerinde kontrast kullanılabilir. Pencereden gelen ışığın kamaşma yapmaması için pencerenin olduğu duvarlar açık renkli olmalıdır. Referans aldığı standart/yönetmelik: Building Bulletin 90, Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE) Code for Lighting. (2002).							
7	Birleşik Krallık	The Department of Education and Skills-2004 [87]	BB 81-Design and Technology Accommodation in Secondary Schools A Design Guide	Açıklamalar	Aydınlatmayla ilgili bilgi bulunmamaktadır.							
8	Birleşik Krallık	Joint Information Systems Committee-2006 [88]	Designing Spaces For Effective Learning	Açıklamalar	Teknolojiyle birlikte değişen öğrenme mekanlarının tasarımına yönelik bilgiler bulunmaktadır. Aydınlatmayla ilgili bilgi bulunmamaktadır.							
9	Birleşik Krallık	Department for Education-2014 [89]	BB 103-Area Guidelines for Mainstream Schools	Açıklamalar	Okullarda yer alan mekanların alan büyüklüklerinin belirlenmesine yönelik bilgiler bulunmaktadır. Aydınlatmayla ilgili bilgi bulunmamaktadır.							

Çizelge 4. 5 Farklı ülkelerde yayınlanan “Okullar için Tasarım Kılavuzları” (devamı)

Sıra	Ülke	Yayınlayan kuruluş ve yılı	Kılavuz adı	Mekanlar	Yapay Aydınlatma				Doğal Aydınlatma			Enerji
					Aydınlık düzeyi (E_m ; lux)	Aydınlığın dağılımı (U_o)	Renksel geriverim (R_a)	Kamaşma (UGR)	Günişliği Çarpanı	Saydamlık Oranı	Diğer	Tüketim
10	İskoçya	Smarter Scotland Scottish Executive-2007 [90]	School Design: Optimising The Internal Environment	Derslik	300	$\geq 0,8$	>80	≤ 19	%2-%6	-	Günişliği dağılımı (U_o): 0,3-0,4	Yıllık ort: 4W/m ²
				Açıklamalar	Genel aydınlatma terimleri verilmiş ama mekanlar için ayrıca sayısal değer verilmemiştir. Yalnızca derslik temel olarak alınmıştır. Renk Sıcaklığı (CCT): 3500-4000K renk sıcaklığına sahip kaynaklar seçilmeli. Günişliği çarpanı: Derslikteki herhangi bir masada minimum %2 olması bir zorunluluktur. %4'den az olmamalı, tercihen %6 olmalıdır. Günişliği dağılımı: Yandan aydınlatılan derslikler için 0,3-0,4 olmalı, tepeden aydınlatılan mekanlar için ise 0,7 ve üzeri olmalıdır. Enerji tüketimi: Aydınlatma için mesai saatler içinde yıllık ortalama 4W/m ² olmalı. Referans aldığı standart/yönetmelik: Building Bulletin 90, BS EN 12464, CIBSE							
11	İrlanda	Planning & Building Unit Department of Education and Skills-2008 [91]	TGD-021 (Technical Guidance Document) Construction Standards for Schools	Açıklamalar	Okulların yapım sistemi ve malzeme seçimine yönelik hazırlanmış bilgiler bulunmaktadır. Aydınlatmayla ilgili bilgi bulunmamaktadır.							
12	İrlanda	Planning & Building Unit Department of Education and Skills-2008 [92]	TGD-023 Post-primary School Design Guidelines	Açıklamalar	Okullardaki olası mekan büyüklükleri ve tefriş düzen önerileri ile ilgili bilgiler bulunmaktadır. Aydınlatmayla ilgili bilgi bulunmamaktadır.							
13	İrlanda	Planning & Building Unit Department of Education and Skills-2011 [93]	TGD-020 General Design Guidelines for Schools		-	-	-	-	Min.%4,5-5,5	-	-	-
				Açıklamalar	Okul tasarımına yönelik bilgiler verilen bir kılavuz. Doğal aydınlatma dışında herhangi bir bilgi bulunmamaktadır.							
14	İrlanda	Planning & Building Unit Department of Education and Skills-2012 [94]	TGD-025 Identification and Suitability Assessment of Sites	Açıklamalar	İlkokulların uygun yerleşim planına yönelik bilgiler bulunmaktadır. Aydınlatmayla ilgili bilgi bulunmamaktadır.							
15	İrlanda	Planning & Building Unit Department of Education and Skills-2012 [95]	TGD-027 Identification and Suitability Assessment of Sites for Post Primary Schools	Açıklamalar	Ortaokulların uygun yerleşim planına yönelik bilgiler bulunmaktadır. Aydınlatmayla ilgili bilgi bulunmamaktadır.							
16	İrlanda	Planning & Building Unit Department of Education and Skills-2012 [96]	TGD-026 (Technical Guidance Document) School Design Guide	Açıklamalar	Ortaokulların uygun yerleşim planına yönelik bilgiler bulunmaktadır. Aydınlatmayla ilgili bilgi bulunmamaktadır.							

Çizelge 4. 5 Farklı ülkelerde yayınlanan “Okullar için Tasarım Kılavuzları” (devamı)

Sıra	Ülke	Yayınlayan kuruluş ve yılı	Kılavuz adı	Mekanlar	Yapay Aydınlatma				Doğal Aydınlatma			Enerji
					Aydınlık düzeyi (E _m ; lux)	Aydınlığın dağılımı (U ₀)	Renksel geriverim (R _a)	Kamaşma (UGR)	Güneşliği Çarpanı	Saydamlık Oranı	Diğer	
17	İrlanda	Planning & Building Unit Department of Education and Skills-2013 [97]	TGD-022 Primary Schools Design Guidelines	Derslik	-	-	-	-	%4,5-5,5	-	-	100 lux için max. 2,5 watt/m ² olmalı.
				Açıklamalar	Okul tasarımına yönelik bilgiler bulunuyor. Aydınlatmayla ilgili bilgi bulunmamaktadır. Referans aldığı standart/yönetmelik: TGD 030 Amendments to the M&E Building Services Guidelines (The Department of Education and Skills)							
18	Kuzey İrlanda	Northern Ireland Department of Education-2011 [98]	Primary Schools Building Handbook	Derslik	300	-	-	-	Min: %3 İdeal: ≥ %4	-	-	-
				İdari mekanlar	300	-	-	-	-	-	-	-
				Diğer alanlar	200	-	-	-	-	-	-	-
				Açıklamalar	Güneşliği çarpanı: Minimum %3 olmalıdır ama %4'den büyük olması tercih edilmelidir. Referans aldığı standart/yönetmelik: BB 87, BB 90, CIBSE.							
19	Yeni Zelanda	New Zealand Ministry of Education-2004 [99]	Best Practice in Classroom Design	Açıklamalar	Yalnızca öğrenci ve öğretmenlerin aydınlatmayla ilgili olan görüşleri verilmiş ama aydınlatmayla ilgili herhangi bir sayısal değer verilmemiştir.							
20	Kanada	Alberta Infrastructure and Transportatilon-2007 [100]	Standards and Guidelines for School Facilities	Açıklamalar	Bu kılavuz okulların tasarım ve inşasında tasarımcı ve yöneticilere yardımcı olmak amacıyla oluşturulmuştur. Sürdürülebilirlik açısından yeni tasarlanacak ya da tadilat geçirecek okullar minimum LEED Silver derecesine sahip olması önerilir. Genel olarak aydınlatma tasarımı ile ilgili kısa bilgiler verilmiş, sayısal değerler verilmemiştir. Referans aldığı standart/yönetmelik: IES ve National Energy Code of Canada for Buildings.							
21	Kanada	The International Institute for Sustainable Development-2009 [101]	Guide for Sustainable Schools in Manitoba	Açıklamalar	Sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir okul tasarımına yönelik bilgiler bulunmaktadır. Aydınlatmayla ilgili bilgi bulunmamaktadır.							
22	Ontario/ Kanada	Ontario Ministry of Education-2010 [102]	Green Schools Resource Guide	Açıklamalar	Okul tasarımı ve planlamasına yönelik bilgiler bulunuyor. Aydınlatma ile ilgili kısıtlı bilgiler bulunmaktadır. Yeşil okul sertifikalandırma sistemlerinden detaylı olarak bahsedilmiş. Aydınlık düzeyi: Güneşliği aydınlık düzeyi dersliklerde 250 lux olmalıdır. Lamba seçimi: T5 veya T8 elektronik balastlı flüoresan lambalar kullanılmalıdır. Enerji tüketimi için ASHRAE standartları referans gösterilmiştir.							
23	Endonezya	Construction Quality & Technical Assistance - Institute of Technology Bandung-2009 [103]	Handbook of Typical School Design	Derslik	500	-	-	-	-	-	-	-
				Açıklamalar	Doğal ve yapay aydınlatmadan kısaca bahsedilmiş ve yalnızca derslikler için gerekli aydınlık düzeyi verilmiştir. Genel olarak okul tasarımına yönelik bilgiler bulunmaktadır.							
24	Abu Dabi (BAE)	Abu Dhabi Education Council-2010 [104]	Design Manual Minimum Requirements for Private School Facilities	Derslik	400	-	-	-	-	Pencere alanı/tabana oranı: en az %5	-	-
				İdari mekanlar	300	-	-	-	-	-	-	-
				Sirkülasyon	100	-	-	-	-	-	-	-
				Açıklamalar	Aydınlatmayla ilgili kısıtlı bilgi bulunmaktadır.							

Çizelge 4. 5 Farklı ülkelerde yayınlanan “Okullar için Tasarım Kılavuzları” (devamı)

				Yapay Aydınlatma				Doğal Aydınlatma			Enerji	
Sıra	Ülke	Yayınlayan kuruluş ve yılı	Kılavuz adı	Mekanlar	Aydınlık düzeyi (E _m ; lux)	Aydınlığın dağılımı (U ₀)	Renksel geriverim (R _a)	Kamaşma (UGR)	Günişiği Çarpanı	Saydamlık Oranı	Diğer	Tüketim
25	Katar	Supreme Education Council-2010 [105]	Standards and Requirement for School Buildings	Açıklamalar	Okul tasarımına yönelik bilgiler verilen bir kılavuz. Aydınlatmayla ilgili bilgi bulunmamaktadır.							
26	Victoria/Avustralya	Department of Education and Early Childhood Development-2011 [106]	Building Quality Standards Handbook	Derslik	240	-	-	-	-	-	-	8 kWh/m ²
				İdari mekanlar	320	-	-	-	-	-	-	
				Kütüphane	320	-	-	-	-	-	-	
				Bilgisayar ders.	320	-	-	-	-	-	-	
				Resim dersliği	320	-	-	-	-	-	-	
				Laboratuvar	320	-	-	-	-	-	-	
				Açıklamalar	Aydınlatma ile ilgili genel bilgiler verilmiş, aydınlık düzeyi dışında sayısal değer verilmemiştir. Enerji Tüketimi: Aydınlatma için harcanan enerji miktarı 8 kWh/m ² seviyesinde olmalıdır. Referans aldığı standart/yönetmelik: “AS/NZS 1680.2.3 Interior and workplace lighting standard”							
27	Alberta/Kanada	Government of Alberta, Technical Services Branch-2012 [107]	Architectural Design Guidelines for Schools	Açıklamalar	Okul tasarımına yönelik bilgiler verilen bir kılavuz. Okul ve derslik tipoloji örnekleriyle ilgili bilgiler bulunmaktadır. Aydınlatmayla ilgili bilgi bulunmamaktadır.							
28	Güney Afrika	Department of Basic Education-2012 [108]	Guidelines Relating to Planning for Public School infrastructure	Derslik	200	-	-	-	-	-	-	-
				İdari mekanlar	200	-	-	-	-	-	-	-
				Kütüphane	200	-	-	-	-	-	-	-
				Atölye (resim)	300	-	-	-	-	-	-	-
				Açıklamalar	Aydınlık düzeyi: Yukarıda verilen alanların dışındaki yerler için 200-700 lux arasında değişen aydınlık düzeyi sağlanmalıdır. Aydınlık düzeyi değerleri yalnızca yapay aydınlatma içindir.							
29	Abu Dabi (BAE)	Abu Dhabi Education Council-2012 [109]	Educational Facilities Design Manual	Derslik	500	-	≥85	-	-	-	-	-
				İdari mekanlar	300	-	≥85	-	-	-	-	-
				Laboratuvar	500	-	≥85	-	-	-	-	-
				Sirkülasyon	250	-	≥85	-	-	-	-	-
				Islak hacim	200	-	≥85	-	-	-	-	-
				Konferans	300	-	≥85	-	-	-	-	-
				Kütüphane	500	-	≥85	-	-	-	-	-
				Atölye (resim)	500	-	≥85	-	-	-	-	-
				Spor salonu	500	-	≥85	-	-	-	-	-
				Acil durum ayd.	10	-	-	-	-	-	-	-
				Açıklamalar	Lamba seçimi: Verimi %80 ve üzeri olan ve LED, T5 ve T5HO türü lambalar seçilmeli. Referans aldığı standart/yönetmelik: IESNA.							

Çizelge 4. 5 Farklı ülkelerde yayınlanan “Okullar için Tasarım Kılavuzları” (devamı)

Sıra	Ülke	Yayınlayan kuruluş ve yılı	Kılavuz adı	Mekanlar	Yapay Aydınlatma				Doğal Aydınlatma			Enerji
					Aydınlık düzeyi (E _m ; lux)	Aydınlığın dağılımı (U ₀)	Renkssel geriverim (R _a)	Kamaşma (UGR)	Günişliği Çarpanı	Saydamlık Oranı	Diğer	Tüketim
30	Yeni Zelanda	Ministry of Education-2015 [110]	Designing Schools in New Zealand-Requirements and Guidelines	Açıklamalar	Okulların mimari tasarımına yönelik genel bilgiler bulunmaktadır. Aydınlatmayla ilgili bilgi bulunmamaktadır.							
31	Kosova	Ministry of Education, Science and Technology-2015 [111]	Design Guidelines For School Facilities Norms And Standards Vol1 & Vol2	Derslik	300-500	-	-	-	-	Pencere alanı/tabán alanı: %15-%20	-	-
				Tahta	400	-	-	-	-	-	-	-
				İdari mekanlar	400-500	-	-	-	-	-	-	-
				Laboratuvar	500-600	-	-	-	-	-	-	-
				Sirkülasyon	200	-	-	-	-	-	-	-
				Konferans	350	-	-	-	-	-	-	-
				Kütüphane	500-600	-	-	-	-	-	-	-
				Atölye (resim)	400	-	-	-	-	-	-	-
				Spor salonu	250	-	-	-	-	-	-	-
Açıklamalar	Doğal ve yapay aydınlatma tasarımına yönelik kısa bilgiler bulunmaktadır. Pencere alanı: Öğrenme mekanlarındaki pencere alanları taban alanın %15 ila %20'si kadar olmalıdır.											
32	ABD	US Department of Energy, National Renewable Energy Laboratory-2002 [112]	Energy Design Guidelines for High Performance Schools	Açıklamalar	ABD bulunan farklı iklim türlerine göre, yeni tasarlanacak okullar ile mevcut okullarda yapılacak yenileme işlerine yönelik hazırlanmış kapsamlı bir tasarım kılavuzu. Doğal ve yapay aydınlatma tasarım bilgilerinin yanında, örnek okul uygulamaları da sunulmuştur. Aydınlatma ile ilgili detaylı bilgiler olmasına rağmen aydınlatmaya dair sayısal bir değer verilmemiştir. Lamba seçimi: Verimi yüksek T8 ve T5 flüoresan lambalar seçilmelidir.							
33	ABD	Poudre School District-2005 [113]	Sustainable Design Guidelines	Açıklamalar	Sürdürülebilir okullar için tasarım önerileri ve bu yolla inşa edilmiş örnekler sunulmuştur. Doğal ve yapay aydınlatma tasarımıyla ilgili genel bilgiler verilmiş ama sayısal değer bulunmamaktadır.							
34	ABD	Collaborative for High Performance Schools (CHPS)-2006 [114]	Best Practise Manual-Planning	Derslik	300-500	-	-	-	-	-	-	-
				Açıklamalar	“Collaborative for High Performance Schools (CHPS)” K-12 okul binaları için ABD’de geliştirilmiş bir yeşil bina derecelendirme programıdır. CHPS yüksek performanslı okulların tasarımı, inşaaı ve yenilenmesi için kurumlara bilgi ve kaynak sağlamaktadır. Doğal ve yapay aydınlatma tasarımıyla ilgili genel bilgiler ve tanımlar verilmiş ama aydınlık düzeyi dışında herhangi bir sayısal değer verilmemiştir. Örnek olarak uygulanmış okullar da kılavuzda verilmiştir.							
35	ABD	Collaborative for High Performance Schools (CHPS)-2006 [115]	Best Practise Manual-Design	Derslik	450 (min.300)	-	>80	-	-	-	-	Max 12,9 W/m ²
				Tahta	450 (min.300)	-	>80	-	-	-	-	-
				Sirkülasyon	100	-	>80	-	-	-	-	-
				Açıklamalar	Doğal ve yapay aydınlatma tasarımına dair detaylı bilgiler ve tasarım önerileri verilmiştir. Aydınlık düzeyi değerlerinin 1/3’ü oranında eksik veya fazla olan değerler kabul edilebilir. Kontrast: Çalışma alanı ile çevresi arasındaki ışıklılık oranı 3:1, çalışma alanı ile bakış alanı arasındaki ışıklılık oranı ise 10:1 olmalıdır. Bu oranlardan fazla olan değerlerin kamaşmaya yol açması muhtemeldir. Renk Sıcaklığı: 3000-5000K arası lambalar seçilmeli. Lamba seçimi: Elektronik balastlı verimi yüksek T5 ve T8 flüoresan lambalar kullanılmalı. Referans aldığı standart/yönetmelik: IESNA standartları referans gösterilmiş.							

Çizelge 4. 5 Farklı ülkelerde yayınlanan “Okullar için Tasarım Kılavuzları” (devamı)

Sıra	Ülke	Yayınlayan kuruluş ve yılı	Kılavuz adı	Mekanlar	Yapay Aydınlatma				Doğal Aydınlatma			Enerji
					Aydınlık düzeyi (E _m ; lux)	Aydınlığın dağılımı (U ₀)	Renksel geriverim (R _a)	Kamaşma (UGR)	Günişliği Çarpanı	Saydamlık Oranı	Diğer	Tüketim
36	ABD ***	Illinois Capital Development Board, Illinois State Board of Education-2006 [116]	Illinois Resource Guide for Healthy, High Performing School Buildings	Açıklamalar	Yüksek performanslı okul tasarımına yönelik bilgiler verilen bir kılavuz. Doğal ve yapay aydınlatma tasarımıyla ilgili genel öneriler bulunuyor. Aydınlatmayla ilgili sayısal değerler bulunmamaktadır.							
37	ABD	New Hampshire Department of Education-2006 [117]	Manual for Planning and Construction of School Buildings	Açıklamalar	Yeni tasarlanacak okulların inşasın ve mevcut okulların yenilenmesine yardımcı olmak için oluşturulmuş bir kılavuz. Doğal ve yapay aydınlatma ile ilgili genel bilgiler verilmiş ama sayısal değer verilmemiştir. Günişliği çarpanı: %2 Referans aldığı standart/yönetmelik: IESNA standartları referans gösterilmiş.							
38	ABD ***	Bureau of Indian Affairs Office of Facilities Management and Construction-2007 [118]	School Facilities Design Handbook	Derslik (Günişliği ile birlikte)	350-400	-	≥85	-	-	-	-	-
				Derslik (Günişliği olmadan)	450-500	-	≥85	-	-	-	-	-
				İdari mekanlar	450-500	-	≥85	-	-	-	-	-
				Sirkülasyon	150-200	-	≥85	-	-	-	-	-
				Islak hacim	150-200	-	≥85	-	-	-	-	-
				Konferans	450-500	-	≥85	-	-	-	-	-
				Kütüphane	350-400	-	≥85	-	-	-	-	-
				Spor salonu	350-450	-	≥85	-	-	-	-	-
				Açıklamalar	Doğal ve yapay aydınlatma tasarımı için bilgi ve öneriler sunulmuştur. Renk Sıcaklığı: 4100K							
39	ABD ***	US Department of Energy-2007 [119]	National Best Practices Manual For Building High Performance Schools	Derslik (sıra)	400-500	-	>80	-	-	-	-	9,8-11,9 W/m ²
				İdari mekanlar	150-200	-	>80	-	-	-	-	-
				Kütüphane	200-500	-	>80	-	-	-	-	-
				Spor salonu	500	-	>80	-	-	-	-	-
				Açıklamalar	Doğal ve yapay aydınlatma tasarımıyla ilgili geniş bilgi ve öneriler bulunmaktadır. Okuldaki tüm mekanlar için bilgi ve öneriler sunulmuştur. Aygıt geriverimi: Dolaylı-dolaysız ışık dağılımına sahip aygıtlar için en az %75, Yarı dolaysız ışık dağılımına sahip aygıtlar için ise %85 olmalıdır. Lamba seçimi: T5, T8 flüoresan lamba türleri seçilebilir. Referans aldığı standart/yönetmelik: IESNA standartları referans gösterilmiştir.							
40	ABD	New Jersey Schools Construction Corporation-2007 [120]	21st Century Schools Design Manual	Derslik (sıra)	500	-	>80	-	-	-	-	-
				Tahta	300	8:1	>80	-	-	-	-	-
				Açıklamalar	Referans aldığı standart/yönetmelik: “IESNA” ve “NJDOE Educational Facility Planning Standards”							

Çizelge 4. 5 Farklı ülkelerde yayınlanan “Okullar için Tasarım Kılavuzları” (devamı)

Sıra	Ülke	Yayınlayan kuruluş ve yılı	Kılavuz adı	Mekanlar	Yapay Aydınlatma				Doğal Aydınlatma			Enerji
					Aydınlık düzeyi (E _m ; lux)	Aydınlığın dağılımı (U ₀)	Renksel geriverim (R _a)	Kamaşma (UGR)	Günişiği Çarpanı	Saydamlık Oranı	Diğer	Tüketim
41	ABD	New York State Education Department-2007 [121]	NY-CHPS High Performance Schools Guidelines	Çalışma alanları	-	-	>80	-	-	Pencere alanı/tabán alanı: %7'den fazla olmalı	Günişiği otonomisi: %40 ve üzeri olmalıdır.	-
				Açıklamalar	NY-CHPS, okul yönetimlerinin ve tasarım ekiplerinin eğitim ortamını geliştiren ve öğrenmeyi kolaylaştıran sürdürülebilir okul binaları tasarlayıp inşa etmelerine yardımcı olmayı amaçlayan bir derecelendirme kılavuzu. LEED benzeri bir yaklaşımla okulların derecelendirilmesini sağlıyor. Pencere alanı: Bir mekanın taban alanının %7'si veya daha fazlası cam alanı olmalıdır. Lamba verimi: Çalışma alanlarında kullanılan lambaların etkinliği 60 lm/W ve üzeri olmalıdır. Günişiği otonomisi: %40 ve üzeri olmalıdır. Lamba seçimi: Yüksek etkinlikte T5 veya T8 flüoresan lamba seçilmelidir. Referans aldığı standart/yönetmelik: IESNA standartları referans gösterilmiştir.							
42	ABD	Office of Superintendent of Public Instruction-2011 [122]	School Facilities Manual	Açıklamalar	Okul tasarımına yönelik bilgiler verilen bir kılavuz. Aydınlatmayla ilgili bilgi bulunmamaktadır.							
43	ABD	Public Schools of North Carolina-2012 [123]	High Performance Guidelines for the Design and Construction of K12 Public Schools		-	-	-	-	-	-	Dersliklerin en az %90'ı günün yarısında yeterli günişiğini alacak şekilde tasarlanmalıdır.	-
				Açıklamalar	Okul tasarımına yönelik bilgiler verilen bir kılavuz. Referans aldığı standart/yönetmelik: IES standartları referans gösterilmiştir.							
44	ABD	Virginia Department of Education-2013 [124]	Guidelines for School Facilities In Virginia's Public Schools	Derslik	550-600	-	-	-	-	-	-	-
				İdari mekanlar	300-500	-	-	-	-	-	-	-
				Laboratuvar	600-700	-	-	-	-	-	-	-
				Bilg.lab.	300	-	-	-	-	-	-	-
				Islak hacim	50-100	-	-	-	-	-	-	-
				Sirkülasyon	100-150	-	-	-	-	-	-	-
				Spor salonu	300-500	-	-	-	-	-	-	-
				Açıklamalar	Gerekli alanlarda düşey aydınlık düzeyleri yatay aydınlık düzeyi değerlerinin yarısı kadar olmalıdır. Dolaysız aydınlatma yapılırsa tavan ışıklılığı 2300 cd/m²'den fazla olmamalıdır. Referans aldığı standart/yönetmelik: IESNA standartları							
45	ABD	Office of Superintendent of Public Instruction-2015 [125]	Guidelines for School Districts:High-Performance School Buildings	Açıklamalar	Aydınlatmayla ilgili bilgi bulunmamaktadır. ABD'de “Yüksek Performanslı Kamu yapılarına dair kanunun” 2005 yılında yürürlüğe girmesiyle Okul tasarımı ve okulların performansının derecelendirilmesine yönelik bir oluşturulmuş kılavuz.							

Çizelge 4. 5 Farklı ülkelerde yayınlanan “Okullar için Tasarım Kılavuzları” (devamı)

Sıra	Ülke	Yayınlayan kuruluş ve yılı	Kılavuz adı	Mekanlar	Yapay Aydınlatma				Doğal Aydınlatma			Enerji
					Aydınlık düzeyi (E _m ; lux)	Aydınlığın dağılımı (U ₀)	Renksel geriverim (R _a)	Kamaşma (UGR)	Günlüğü Çarpanı	Saydamlık Oranı	Diğer	Tüketim
46	ABD ***	Los Angeles Unified School District-Design Standards Department-2015 [126]	School Design Guide Los Angeles Unified School District	Derslik	300-500	-	-	-	-	-	-	-
				İdari mekanlar	300-500	-	-	-	-	-	-	-
				Sirkülasyon	100	-	-	-	-	-	-	-
				Laboratuvar	300-500	-	-	-	-	-	-	-
				Konferans	300	-	-	-	-	-	-	-
				Kütüphane	300	-	-	-	-	-	-	-
				Atölye (resim)	500	-	-	-	-	-	-	-
				Spor salonu	500	-	-	-	-	-	-	-
				Açıklamalar	Doğal ve yapay aydınlatma tasarımıyla ilgili bilgi ve öneriler sunulmuştur. Okuldaki mekanlar tek tek ele alınmıştır. Referans aldığı standart/yönetmelik: IESNA standartları referans gösterilmiştir.							
47	ABD ***	Ohio School Facilities Commission-2016 [127]	Ohio School Design Manual	Derslik	400	-	-	-	-	-	-	-
				İdari mekanlar	400	-	-	-	-	-	-	-
				Sirkülasyon	100-150	-	-	-	-	-	-	-
				Islak hacim	150	-	-	-	-	-	-	-
				Konferans	400	-	-	-	-	-	-	-
				Atölye (resim)	500	-	-	-	-	-	-	-
				Spor salonu	500	-	-	-	-	-	-	-
				Açıklamalar	Referans aldığı standart/yönetmelik: Aydınlatmayla ilgili ASHRAE ve IES standartları referans gösterilmiştir.							

Çizelge 4. 6 Farklı ülkelerde yayınlanan “Okullarda Retrofit Kılavuzları”

Sıra	Ülke	Yayınlayan kuruluş ve yılı	Kılavuz adı	Mekanlar	Yapay Aydınlatma				Doğal Aydınlatma			Enerji
					Aydınlık düzeyi (E _m ; lux)	Aydınlığın dağılımı (U ₀)	Renksel geriverim (R _a)	Kamaşma (UGR)	Günlüğü Çarpanı	Saydamlık Oranı	Diğer	Tüketim
48	ABD	21st Century School Fund-2004 [128]	A leadership guide to renewing public school buildings	Açıklamalar	“21. Yüzyıl Okul Fonu” devlete ait okul binalarının iyileştirmelerini finanse etmek amacıyla gelir kaynağı yaratmak için kurulmuş kar amacı gütmeyen bir kuruluştur. Kılavuzda kurum tarafından oluşturulan yenileme işlemlerinin (Assessment, Envisioning, Planning, Development, Implementation) adımları anlatılmıştır. Aydınlatma ile ilgili özel bir bölüm bulunmamaktadır.							
49	ABD	US Department of Energy-2009 [129]	Guide to Operating and Maintaining EnergySmart Schools	Açıklamalar	Yüksek performanslı okulların planlanması, finanse edilmesi, işletilmesi ve bakımında okul yöneticilerine yardımcı olmaya yönelik hazırlanan bir kılavuz. Lambaların seçimi ve özellikleri ile retrofit için yapılması gereken işlemlerden (relamp, delamp vb.) bahsedilmiştir. Referans aldığı standart/yönetmelik: Illuminating Engineering Society of NorthAmerica (IESNA) standards, ASHRAE.							
50	ABD	US Department of Energy-2013 [130]	Advanced Energy Retrofit Guide K-12 Schools	Açıklamalar	ABD Enerji Bakanlığı tarafından, okullarda enerji yöneticilerinin ve diğer paydaşların enerji verimliliği iyileştirmelerini planlaması ve yürütmesine yardımcı olmak için hazırlanan bir kılavuz. ABD yaygın olan iklim türlerine uygun olarak ısıtma, havalandırma ve aydınlatma konuları hakkında yenileme işlemleri önerilmiş, yapılan yenileme uygulamaları, dersliklere yönelik retrofit önerileri sunulmuş. Referans aldığı standart/yönetmelik: IESNA (2011) The IES Lighting Handbook, ASHRAE.							

Çizelge 4. 6 Farklı ülkelerde yayınlanan “Okullarda Retrofit Kılavuzları” (devamı)

	Ülke	Yayınlayan kuruluş ve yılı	Kılavuz adı	Mekanlar	Yapay Aydınlatma				Doğal Aydınlatma			Enerji
					Aydınlık düzeyi (E _m ; lux)	Aydınlığın dağılımı (U ₀)	Renksel geriverim (R _a)	Kamaşma (UGR)	Günişliği Çarpanı	Saydamlık Oranı	Diğer	Tüketim
51	ABD	California University Lighting Technology Center-2014 [131]	Lighting Retrofit Strategies for California Schools	Açıklamalar	California’da yer alan okulların aydınlatma sistemlerinde yapılacak retrofit işlemleri için oluşturulmuş bir kılavuz. Yapılan retrofit uygulamaları ve sağlanan tasarruf miktarları ile bilgiler verilmiş. Mekan işlevlerin göre lamba seçimi ve kontrol sistemi ile ilgili bilgiler sunulmuş. Aydınlatma değerleri verilmemiş ama aydınlatma tasarımına dair genel bilgiler verilmiş. Referans aldığı standart/yönetmelik: Illuminating Engineering Society (IES) standards and best practises							
52	Uluslararası Enerji Ajansı projesi	International Energy Agency-2014 [132]	Sustainable Refurbishment School Buildings	Derslik	300	0,6	>80	-	%2< GÇ<%5	Derslikler için %20’den az olmamalı	-	300 lux için 6,6 W/m ² 500 lux için 11 W/m ² değerlerini aşmamalıdır.
				Tahta	500 (düşey)	>0,7 (düşey)	>80	-	-	-	-	-
				Sirkülasyon	-	0,4	-	-	%1< GÇ<%2	-	-	-
				Atölye (resim)	500	0,6	>90	-	-	-	-	-
				Açıklamalar	Doğal ve Yapay aydınlatma tasarımına dair detaylı bilgiler bulunmaktadır. Derslik yön durumlarına göre güneş ışığından korunma önerileri sunulmuş. Renk Sıcaklığı: Genel olarak 2000-5000 K arasında olmalıdır. İlkokullar için 5000, kreşler için 3000 idealdir. Ömür: Avrupa’da, bir lamba ilk ışık akısının %70’inden (akkor lambalarda% 85) aza düştüğü zaman kullanışsız olarak kabul edilir. ABD’de ise lamba artık çalışmadığı zaman kullanışsız olarak kabul edilir. Yenilenebilir enerji: Fotovoltaik sistemlerle ilgili detaylı bilgiler verilmiş. Referans aldığı standart/yönetmelik: EN 12464-1, EN 15251, IESNA The Lighting Handbook							
53	İrlanda	Planning & Building Unit Department of Education and Skills-2014 [133]	TGD-031 Amendments to the M&E Building Services Engineering Guidelines	Derslik	300 (70 cm.’de)	-	-	-	Ort. %4,2 olmalıdır.	-	-	2.5watt/m ² per 100 lux
				Islak hacim	120-200 (70 cm.’de)	-	-	-	-	-	-	-
				Sirkülasyon	120	-	-	-	-	-	-	-
				Açıklamalar	Okullarda yapılacak yenilemelere yönelik hazırlanmış bir kılavuz. Doğal ve yapay aydınlatmayla ilgili kısıtlı bilgi bulunuyor. Günişliği çarpanı: Ortalama %4,2 olmalıdır. Daha yüksek değerler gereksiz ısı kazanımına neden olabilir. Referans aldığı standart/yönetmelik: CIBSE							
54	Avrupa Birliği Projesi	M. Zinzi, C.Romeo, K.E.Thomsen (EU Project School of the Future)-2015 [134]	Guidelines for Energy Retrofitting-Towards zero Emission Schools	Derslik	-	-	-	-	-	-	-	10 kWh/m ² altında olmalıdır
				Açıklamalar	School of the Future projesi, tasarımcı ve planlayıcılara okullarda retrofit uygulamalarına yönelik teknik ve teknolojileri tanıtmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Lambalar, kontrol sistemleri ve enerji tüketimleri ile ilgili geniş bilgiler verilmiş. Retrofit ile ilgili “School of The Future” projesi kapsamında okullarda yapılan retrofit uygulamaları anlatılmış. Aydınlatma gereksinimlerine ait kısa bilgiler verilmiş ama sayısal değerler verilmemiştir. Yenilenebilir enerji: Fotovoltaik sistemlerin binalara entegrasyonu ile ilgili bilgiler verilmiş. Referans aldığı standart/yönetmelik: The IES Lighting Handbook (2011)							

Çizelge 4. 7 Farklı ülkelerde yayınlanan “Okullarda Enerji Kullanım Kılavuzları”

	Ülke	Yayınlayan kuruluş ve yılı	Kılavuz adı	Mekanlar	Yapay Aydınlatma				Doğal Aydınlatma			Enerji
					Aydınlık düzeyi (E _m ; lux)	Aydınlığın dağılımı (U ₀)	Renksel geriverim (R _a)	Kamaşma (UGR)	Günlüğü Çarpanı	Saydamlık Oranı	Diğer	Tüketim
55	ABD	Minnesota Pollution Control Agency-2007 [135]	Guide for Change-Healthy Sustainable Schools	Açıklamalar	Bu rehber, okul yetkililerine ve yöneticilere sağlıklı sürdürülebilir okullar inşa etmelerinde yardımcı olacak bir kaynak sağlamak üzere oluşturulmuştur. Bu rehberde yer alan bilgilerle okulların, kullanıcıların sağlığını koruyup, performansını iyileştirirken işletme giderlerinin de azaltılması hedeflenmektedir. Enerji ve su tasarrufu, geri dönüşüm, atık malzemelerin azaltılması vb. konular hakkında öneriler sunulmuştur. Doğal ve Yapay aydınlatmaya kısaca değinilmiş, herhangi bir sayısal değer verilmemiştir.							
56	ABD	New York City School Construction Authority-2007 [136]	NYC Green Schools Guide		-	-	>82	-	Düzenli kullanılan alanların minimum %75’inde %2 olmalıdır.	-	-	-
				Açıklamalar	New York Eğitim Departmanı ve Okul Yapım Bölümü işbirliğiyle okulların sürdürülebilirlik açısından yerel kanun ve yönetmeliklere uygun olarak değerlendirilmeleri amacıyla “NYC Yeşil Okul derecelendirme sistemi” oluşturulmuştur (LEED benzeri yalnızca okullara yönelik sertifikalandırma programı). Aydınlatma ve diğer ilgili alanlarla ilgili değerlendirme ölçütleri verilmiştir. Sayısal değerler verilmemiştir. Lamba seçimi: Min. T8 flüoresan ve R _a >82 lambalar seçilmeli. Lambalar pencerenin olduğu duvara paralel yerleştirilmelidir. Referans aldığı standart/yönetmelik: ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2004							
57	ABD	US Environmental Protection Agency-2008 [137]	Energy Star Building Upgrade Manual	Derslik	300-450	-	-	-	-	-	-	-
				Multimedya derslikler	150	-	-	-	-	-	-	-
				Açıklamalar	ENERGY STAR, işletmelerin ve tüketicilerin enerji maliyetlerinden tasarruf etmesini ve çevreyi korumasını kolaylaştırmayı amaçlayan gönüllü bir hükümet ve endüstri ortaklığı çalışmasıdır. Gerekli koşulları sağlayan kuruluşlar Energy Star etiketi almaktadır. Bu etiket ABD’de enerji konusunda en bilinen sembollerden biridir. Doğal ve Yapay aydınlatma tasarımı bilgileri bulunmaktadır. Aydınlatma için gerekli koşulların tanımlamaları yapılmış ve aydınlık gereksinimleri için IESNA standartları referans gösterilmiştir. Tipik bir okul binasının enerji tüketiminin yaklaşık %25’i aydınlatma için harcanmaktadır. Doğru Retrofit uygulamaları ile enerji tüketiminden %50’ye varan tasarruflar sağlanabilir. Işıklılık: Yakından bakılan nesneler için ışıklılık oranı 1/3’ü, uzakta bulunan nesneler içinse 1/10’u geçmemelidir. Referans aldığı standart/yönetmelik: IESNA Lighting Handbook, ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2004							
58	ABD	US DOE, Energy efficiency & Renewable Energy-2009 [138]	Guide to Operating and Maintaining EnergySmart Schools	Açıklamalar	Energy Smart etiketi olan okulların bakım ve işletme konularının planlanması, finanse edilmesi ve uygulanması hakkında karar vericilere yardımcı olmak amacıyla oluşturulmuş bir kılavuz. Enerji kullanımıyla ilgili bilgiler sunulmuştur. Aydınlatma gereksinimleri ile ilgili sayısal değerler verilmemiştir. Referans aldığı standart/yönetmelik: IESNA, ASHRAE.							

Çizelge 4. 7 Farklı ülkelerde yayınlanan “Okullarda Enerji Kullanım Kılavuzları” (devamı)

	Ülke	Yayınlayan kuruluş ve yılı	Kılavuz adı	Mekanlar	Yapay Aydınlatma				Doğal Aydınlatma			Enerji Tüketim
					Aydınlık düzeyi (E_m ; lux)	Aydınlığın dağılımı (U_0)	Renksel geriverim (R_a)	Kamaşma (UGR)	Güneşiği Çarpanı	Saydamlık Oranı	Diğer	
59	ABD ***	Superintendent Public Instruction-CHPS-2010 [139]	WSSP -Criteria for High Performance Schools	Derslik	350-500 (min 250)	-	-	-	-	Pencere alanı/tabana alanı: $\geq 7\%$	-	-
				Tahta (düşey)	300	-	-	-	-	-	-	-
				Multimedya	100-200	-	-	-	-	-	-	-
				Açıklamalar	“Washington Sustainable Schools Protocol (WSSP)” temeli “Collaborative for High Performance Schools (CHPS)” dayanan Washington’da yapılacak okullar veya yenilenecek yüksek performanslı okullar için hazırlanan bir kılavuzdur. Okulların devlet desteğinden yararlanabilmesi için söz konusu kılavuzu ya da LEED değerlendirme yöntemlerini kullanması zorunludur. Dersliklerin en az %25’i doğal aydınlatılmış olmalı ve sıra yüzeyindeki doğal aydınlık düzeyi 250 luxden az olmamalıdır. Referans aldığı standart/yönetmelik: IESNA.							
60	ABD ***	ASHRAE-2011 [140]	Advanced Energy Design Guide for K-12 School Buildings	Genel	400	8:1	$R_a > 80$	20:1	-	-	-	Ort: 7,53 W/m ²
				İdari birim	300-500	-	-	-	-	-	-	-
				Tahta (düşey)	300-500	-	-	-	-	-	-	-
				Çok amaçlı salon	200-300	-	-	-	-	-	-	-
				Açıklamalar	Bu kılavuz IESNA ve ASHRAE standartlarını kullanarak okuldaki enerji tüketimini %50’ye varan oranda azaltmak için yapılması gereken işlemleri konu edinmektedir. ABD’deki farklı iklim bölgelerine göre bina kabuğu, enerji kullanımı, doğal-yapay aydınlatma ve ısıtma-soğutma konularıyla ilgili öneriler sunulmuştur. Enerji tüketimi: Aydınlatma için harcanan enerji tüm bina için ortalama 7,53 W/m² olmalıdır. Aydınlığın dağılımı: Doğal aydınlatmanın dağılım oranı 10:1 oranından az olmalıdır. İç yüzey yansıtma çarpanları: Tavan %80 (tercihen %90), duvarlar %, döşeme %20, tefriş %50 olmalıdır. 2,10 m altındaki duvarlar %50, 2,10 m üstü duvarlar %70. Lamba seçimi: T5 ve T8 flüoresan lambalar kullanılmalı. Renk sıcaklığı: 3500-5000K olmalıdır. Aydınlatma biçimi: Derslikler için en uygun yarı dolaylı ve dolaysız aydınlatma biçimidir. Referans aldığı standart/yönetmelik: IESNA, ASHRAE.							
61	ABD	US Environmental Protection Agency [141]	Energy Efficiency Programs in K-12 Schools-2011	Açıklamalar	Okullarda enerjiyi etkin kullanmayı sağlamak amacıyla kısa öneriler sunulmuştur. Aydınlatmayla ilgili bilgi bulunmamaktadır.							
62	Kanada	British Columbia Ministry of Education [142]	Sustainable Schools Best Practise Guide-2010	Açıklamalar	Okullarda enerjiyi etkin kullanmayı sağlamak amacıyla kısa öneriler sunulmuştur. Aydınlatmayla ilgili bilgi bulunmamaktadır.							
63	Avustralya	Department of Education, Sustainability Victoria [143]	Energy Efficiency in Schools-2015	Açıklamalar	Okullarda enerjiyi etkin kullanmayı sağlamak amacıyla kısa öneriler sunulmuştur. Aydınlatmayla ilgili bilgi bulunmamaktadır.							

Çizelge 4. 8 Farklı ülkelerde yayınlanan “Okul Aydınlatma Tasarımı Kılavuzları”

					Yapay Aydınlatma				Doğal Aydınlatma			Enerji
	Ülke	Yayınlayan kuruluş ve yılı	Kılavuz adı	Mekanlar	Aydınlık düzeyi (E _m ; lux)	Aydınlığın dağılımı (U ₀)	Renkssel geriverim (R _a)	Kamaşma (UGR)	Günişliği Çarpanı	Saydamlık Oranı	Diğer	Tüketim
64	Birleşik Krallık	Department for Education and Employment-1999 [144]	Building Bulletin 90 (BB 90)- Lighting Design for Schools	Derslik	300	0,8	>80	≤19	%3-5	-	Günişliği dağılımı (U ₀): 0,3-0,4	-
				Duvar (düşey)	200 (düşey)	-	-	-	-	-	-	
				Tahta	500 (düşey)	Mümkün olduğunca yüksek	-	-	-	-	-	
				Sirkülasyon	80-120 (zemin)	-	-	≤19	-	-	-	
				Atölye (resim)	500	0,8	-	≤19	-	-	-	
				Açıklamalar	Yüzey yansıtma çarpanları: Dersliklerde duvarlar için 0,6’dan, tavan için 0,7’den az olmamalıdır ve zemin için elverdiğince yüksek olmalı. Renk sıcaklığı (CCT): 3000-4000 K olmalı. Günişliği çarpanı: %5 ve üzeri GÇ sahip mekanlar yapay aydınlatmaya ihtiyaç duymaz, %2-5 arası Ekim ve Mart ayları arası yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyarken %2 ve altı GÇ sahip mekanlar sık sık yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyabilirler. Referans aldığı standart/yönetmelik: CIBSE Lighting Codes, British Standards, Building Research Establishment (BRE), Department for Education and Employment lighting codes.							
65	Birleşik Krallık	Department for Children, Schools and Families-2007 [145]	Lighting Systems in Schools	Derslik	300	≥0,8	>80	≤19	Ort. %2	-	-	-
				İdari mekanlar	300	≥0,8	>80	≤19	-	-	-	-
				Laboratuvar	500	≥0,8	>80	≤19	-	-	-	-
				Sirkülasyon	80-120 (zemin)	Gerek yok*	>80	≤19	-	-	-	-
				Islak hacim	200	Gerek yok*	>80	≤22	-	-	-	-
				Konferans	300	≥0,8	>80	≤19	-	-	-	-
				Kütüphane	300	≥0,8	>80	≤19	-	-	-	-
				Atölye (resim)	500	≥0,8	>80	≤19	-	-	-	-
				Spor salonu	300	≥0,8	>80	≤22	-	-	-	-
				Açıklamalar	Yapay aydınlatmayla ilgili daha geniş olmak üzere yapay ve doğal aydınlatmayla ilgili bilgiler bulunmaktadır. Lambalar: Lamba verimi, ömrü, ışık yeğinlik diyagramı vb. gibi lamba seçimi ve kontrol sistemleri ile ilgili detaylı bilgiler bulunuyor. İşıklılık: Tanım ve genel bilgiler bulunuyor. Gölge: Sert gölgelerin oluşması engellenmeli. Sürdürülebilir Kalkınma Komisyonuna göre Birleşik Krallık’taki okullar karbon emisyonlarının %2’sinden sorumludur. Referans aldığı standart/yönetmelik: Building Bulletin (BB) 87, BB 90, CIBSE Lighting Codes, BS EN 12464 Standard.							
66	İrlanda	Sustainable Energy Authority of Ireland-2010 [146]	A Guide to Energy Efficient and Cost Effective Lighting	Derslik	300	-	≥80	-	-	-	-	-
				İdari mekanlar	300	-	80	-	-	-	-	-
				Bilg.Lab.	300	-	80	-	-	-	-	-
				Sirkülasyon	120	-	80	-	-	-	-	-
				Konferans	300	-	80	-	-	-	-	-
				Kütüphane	300	-	80	-	-	-	-	-
				Atölye (resim)	500	-	≥80	-	-	-	-	-
				Açıklamalar	Okullarda enerjiyi etkin kullanarak yeni teknoloji ve tekniklerle görsel performansın üst düzeyde sağlanması amacıyla oluşturulmuş bir kılavuz. Renk Sıcaklığı: Lambaların renk sıcaklığı 3000-4000K seçilmeli. Lamba-Aygıt seçimi: Genel olarak mekanlarda T5 flüoresan lamba kullanılmalıdır. Gömme aygıtlar tavanı yeteri kadar aydınlatmadığı için duvarların üst kısımlarında gölgeler oluşmasına neden olur. Bu durum büyük hacimlerde kasvetli bir ortam oluşturduğu için yeni okullarda gömme aygıtların kullanılmasına izin verilmemektedir. Tavan yüzeyine monte aygıtlar derslikler için daha uygundur. Referans aldığı standart/yönetmelik: CIBSE Lighting Codes, ASHRAE.							

Çizelge 4. 8 Farklı ülkelerde yayınlanan “Okul Aydınlatma Tasarımı Kılavuzları” (devamı)

	Ülke	Yayınlayan kuruluş ve yılı	Kılavuz adı	Mekanlar	Yapay Aydınlatma				Doğal Aydınlatma			Enerji
					Aydınlık düzeyi (E_m ; lux)	Aydınlığın dağılımı (U_0)	Renksel geriverim (R_a)	Kamaşma (UGR)	Günişliği Çarpanı	Saydamlık Oranı	Diğer	Tüketim
67	Birleşik Krallık	Education Funding Agency-2014 [147]	EFA Daylight Design Guide	Açıklamalar	İklima dayalı günişliği modellemesi (climate based daylight modelling):Yararlı günişliği indeksi (Useful Daylight Index (UDI)) ve günişliği otonomisi (Daylight Autonomy (DA)) hakkında bilgiler bulunuyor.							
68	ABD	Lighting Research Center Rensselaer Polytechnic Institute -2004 [148]	Guide for Daylighting Schools	Açıklamalar	Okullarda doğal aydınlatma tasarımına yönelik yönelenme, cam türleri, günişliği sistemleri vb. konular hakkında detaylı bilgiler bulunuyor. Aydınlık düzeyi vb. değerler bulunmuyor.							
69	Yeni Zelanda	New Zealand Ministry of Education-2007 [149]	Designing Quality Learning Spaces: Lighting	Derslik	240*	-	1B-2	≤19	%4-%5 ideal, min %2	-	-	-
				İdari mekanlar	240*	-	1B-2	≤19	-	-	-	-
				Laboratuvar	320*	-	1A-1B	≤19	-	-	-	-
				Sirkülasyon	160*	-	1B-2	≤19	-	-	-	-
				Konferans	160-240*	-	1B-2	≤19	-	-	-	-
				Kütüphane	240*	-	1B-2	≤19	-	-	-	-
				Atölye (resim)	400-800*	-	1A	≤16	-	-	-	-
				Spor salonu	320*	-	1B-2	≤19	-	-	-	-
				Açıklamalar	<i>*Aydınlık düzeyleri değer düşme çarpanı sonrası verilmiştir.</i> Aydınlatma terimleri ile tanımlar verilmiştir (Sözlük şeklinde kısa tanımlar.) İç yüzey yansıtma çarpanları: Derslik için duvarlar için 0,6'dan, tavan için 0,7'den az olmamalıdır. Zemin için malzeme özelliği elverdiğince yüksek olmalı. Kontrast-kamaşma ilişkisi ile ilgili genel bilgiler bulunuyor. Kontrast oluşmaması için düzgün dağılımlı aydınlatma sağlanmalı. Gölge: Sert koyu gölgelerin oluşmaması için düzgün dağılımlı aydınlatma sağlanmalı. Renk Sıcaklığı: lambaların renk sıcaklığı ılık veya orta seçilmelidir. Güneş ışığından korunma yolları ve günişliği sistemleri hakkında detaylı bilgiler bulunuyor. Renksel geriverim: R_a: 1A ≥90, 1B =90-80, 2=60-80 Lambalar, lamba seçimi, lamba aydınlatma biçimleri, derslik aydınlatma düzenleri ve kontrol sistemleri ile ilgili geniş bilgiler bulunuyor. Doğal ve Yapay aydınlatma tasarımına dair detaylı bilgiler bulunmaktadır. Derslik boyutları: Günişliği açısından dersliğin derinliği genişliğinden büyük olmamalı, derinlik yüksekliğin 2 katından daha fazla olmamalıdır. Pencere karşısındaki duvar açık renkli olmalıdır. Referans aldığı standart/yönetmelik: Code of Practice for Interior Lighting Design (New Zealand Standard 6730), Best Practice in Classroom Design (New Zealand Ministry of Education).							
				Açıklamalar	Yalnızca doğal aydınlatmaya yönelik belirtilen ölçülerdeki derslik, koridor ve spor salonu için tasarım önerileri sunulan bir çalışma. Yapay aydınlatmayla ilgili herhangi bir bilgi bulunmamaktadır.							
70	ABD	Rensselaer Polytechnic Institute-2010 [150]	Patterns to Daylight Schools for People and Sustainability	Açıklamalar	Yalnızca doğal aydınlatmaya yönelik belirtilen ölçülerdeki derslik, koridor ve spor salonu için tasarım önerileri sunulan bir çalışma.							

4.2.1 Aydınlatma Koşulları

Çalışma kapsamında Tasarım, Retrofit, Enerji ve Aydınlatma olarak dört bölümde toplanarak incelenen 70 adet kılavuzun içerdiği bilgiler aşağıda gibi özetlenmiş ve Çizelge 4.9’da örneklenmiştir.

- 70 kılavuzun 30’unda aydınlatma koşullarına yönelik bilgi bulunmamaktadır. Bu kılavuzlarda daha çok okul mimarisine ilişkin genel açıklamalar yapılmıştır.
- 70 kılavuzun 10’unda aydınlatmanın önemi vurgulanmış olup ayrıntılı bilgi verilmemiş ama aydınlatmayla ilgili gerekli standart ve yönetmeliklere yönlendirme yapılmıştır.
- 70 kılavuzun 30’unda ise aydınlatma konusu ayrıntılı olarak ele alınmış ve aydınlatma parametrelerine yönelik bilgiler sunulmuştur. Bu kılavuzlardan;
 - 14’ünde yapay ve doğal aydınlatma ile ilgili sayısal değerler ve açıklayıcı bilgiler verilmiştir.
 - 16’sında yalnızca yapay aydınlatmaya ilişkin sayısal değerler ve açıklayıcı bilgiler verilmiştir.

Ayrıca, aydınlatma tasarımına yönelik bilgiler içeren 30 kılavuzdan;

- 13’ünde yalnızca dersliklere yönelik aydınlatma bilgileri verilmiştir.
- 17’sinde bir okulda yer alması olası mekan türlerine yönelik aydınlatma bilgileri bulunmaktadır.

Aydınlatma bilgilerine yer veren 30 kılavuzun;

- 17’sinde yalnızca yapay aydınlık düzeyi,
- 6’sında yapay aydınlık düzeyi ve renksel geriverim,
- 7’sinde ise yapay ve doğal aydınlık düzeyi, aydınlığın dağılımı, kamaşma ve renksel geriverim özelliklerine yer verilmiştir.

Çizelge 4. 9 Kılavuzlardaki aydınlatma konularına genel bakış

İncelenen toplam 70 kılavuzun;				
30	10	17	6	7
Aydınlatma ile ilgili bilgi bulunmuyor.	Aydınlatma ile ilgili bilgi bulunmuyor, yalnızca ilgili yönetmelik ve standartları işaret ediyor.	Yalnızca aydınlık düzeyi (E) değerleri verilmiş	Yalnızca aydınlık düzeyi (E) ve renksel geriverim (R_a) değerleri verilmiş.	Aydınlık düzeyi (E), renksel geriverim (R_a), aydınlığın dağılımı (U₀) ve kamaşma (UGR) değerleri verilmiş.
		Aydınlatma bilgileri sunan 30 kılavuzun;		
		13	17	
		Yalnızca derslikler için aydınlatma bilgileri sunulmuş.	Çoğu okulda bulunması olası mekanlar (<i>derslikler, sirkülasyon alanları, laboratuvar, kütüphane vb.</i>) için aydınlatma bilgileri sunulmuş.	

Yukarıda verilen özet bilgiler göz önüne alındığında, incelenen kılavuzların yaklaşık olarak yarısında aydınlatmanın okullar için önemli bir konu olduğuna değinilmiş ama diğer yarısında aydınlatma konusuna yeterince değinilmemiş olduğu belirlenmiştir. Aydınlatma konusunu ele alan kılavuzlarda ise öneriler genel olarak derslik mekanı için yapılmış, okulun diğer mekanları ele alınmamıştır. Ayrıca, kılavuzların çoğunda aydınlık düzeyine yer verilirken aydınlığın dağılımı, kamaşma, modelleme, enerji kullanımı gibi diğer konulara fazla değinilmemiştir. Doğal aydınlatma bilgileri açısından kılavuzların genelinde kısıtlı olmasına karşın, bazı kılavuzlarda günışığı çarpanı, saydamlık oranı, günışığı otonomisi gibi faydalı ve güncel bilgiler yer almaktadır.

Sonuç olarak 2000’li yıllardan bu yana okul aydınlatmasına verilen önemin arttığı, ülkelerde bu konuya yönelik çalışmaların hız kazandığı, ancak kabul edilen standartlar arasında ayrımlar olduğu söylenebilir. İncelenen kılavuzlardaki yapay ve doğal aydınlatmaya ilişkin bilgi ve ölçütlere yönelik sayısal değerler aşağıdaki bölümlerde sunulmuştur.

4.2.2 Yapay Aydınlatma Koşulları

Aydınlatma konusuna ayrıntılı olarak yer veren kılavuzlarda genelde derslik mekanı ele alınmıştır. Bölüm 3’te verilen yapay aydınlatma ölçütlerine bağlı olarak Çizelge 4.11’de kılavuzlardaki Aydınlık düzeyi (E; lux), Aydınlığın dağılımı (U₀), Renksel geriverim indisi

(R_a) ve Kamaşma (UGR) parametreleri için verilen sayısal değerler sunulmuştur. Derslikler için söz konusu parametrelere ilişkin önerilen değerler kılavuzların yayımlandıkları yıllara ve ülkelere göre Çizelge 4.10'da sunulmuştur.

Çizelge 4. 10 Kılavuzlarda derslikler için önerilen yapay aydınlatma koşulları

Ülke	Yıl	Aydınlık düzeyi (E_m ; lux)	Aydınlığın dağılımı (U_0)	Renksel geriverim (R_a)	Kamaşma (UGR)
Türkiye	2010-2015	300	-	-	-
ABD	2002-2016	300-400-450-500-550-600	8:1	>80, ≥85	≤19, <19
Birleşik Krallık	1999-2014	300-350	≥0,8, 8:1	>80	
İskoçya	2007	300	≥0,8	>80	≤19, 20:1
İrlanda	2008-2014	300	-	-	-
Kuzey İrlanda	2011	300	-	-	-
Avrupa	2014-2015	300	0,6	>80	-
Yeni Zelanda	2004-2015	240	-	>80	≤19
Kanada	2007-2012	-	-	-	-
Avustralya	2011-2015	240	-	-	-
BAE	2010-2012	400-500	-	-	-
Endonezya	2009	500	-	-	-
Katar	2010	-	-	-	-
Güney Afrika	2012	200	-	-	-
Kosova	2015	300-500	-	-	-

Çizelgede yer alan sayısal bilgiler parametrelere göre aşağıdaki gibi değerlendirilebilir;

Aydınlık Düzeyi (E): ABD’de derslikler için gerekli aydınlık düzeyi yıllara göre 300 ila 600 lux arasında değişim gösterirken, Avrupa ülkelerinde aydınlık düzeyi değeri derslikler için 300 lux olarak verilmiştir. Yeni Zelanda ve Avustralya için bu değer 240 lux olarak belirlenmiştir. BAE’nde derslikler için aydınlık düzeyi 500 lux istenirken, Güney Afrika’da 200 lux düzeyi yeterli görülmektedir. Aydınlık düzeyi değişimlere yıllara ve bölgelere göre farklılık göstermektedir. Derslikler için ortalama 300 lux aydınlık düzeyinin yeterli bulunduğu sonucu çıkmaktadır.

Aydınlık Dağılımı (U_0): Aydınlatma bilgilerine yer veren birçok kılavuzda dersliklerde aydınlığın düzgün bir dağılıma sahip olması gerektiğinden söz edilmiş ancak sayısal bir değer belirtilmemiştir. Bununla birlikte az sayıdaki kılavuzda dersliklerdeki aydınlığın dağılım düzgünlüğü için genellikle 70 cm yükseklikteki yatay düzlem için 0.6-0.8 değerleri önerilmiştir.

Renksel Geriverim İndisi (R_a): Renklerin doğru algılanması için önemli olan renksel geriverim indisi değeri derslikler için 80 ve üzeri olarak tanımlanmıştır.

Kamaşma: Dersliklerde yer alan aydınlatma aygıtlarının öğrenci ve öğretmenlerin bakış alanı içinde kalmayacak şekilde konumlandırılması gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca, iç ve dış ortam arasındaki ışıklılık farklarını önlemek amacıyla öneriler sunulmuştur. Genellikle yapay aydınlatmanın neden olduğu kamaşma için 19 değerinin aşılması gerektiği vurgulanmıştır.

4.2.3 Doğal Aydınlatma Koşulları

Kılavuzlarda yapay aydınlatma konusunda olduğu gibi doğal aydınlatma koşulları için de genelde derslik mekanı için bilgilendirmeler yer almaktadır. Doğal aydınlatmaya yönelik Bölüm 3'te verilen ölçütlere uygun olarak günışığı çarpanı, saydamlık oranı ve diğer bilgilerin derslikler için önerilen değerleri Çizelge 4.11'de sunulmuştur.

Çizelge 4. 11 Kılavuzlarda derslikler için önerilen doğal aydınlatma koşulları

Ülke	Yıllar	Günışığı çarpanı	Saydamlık oranı	Diğer bilgiler
Türkiye	2010-2015	-	Pencere alanı/ döşeme alanı: %25-50	-
ABD	2002-2016	Düzenli kullanılan alanların %75'inde min. %2 olmalıdır.	Pencere alanı/döşeme alanı: ≥ 7	Günışığı otonomisi ≥ 40
Birleşik Krallık	2002-2003	%4-5	Pencere alanı/duvar alanı: Min. %20 olmalı	Günışığı dağılımı (U_0): 0,3-0,4
İskoçya	2007	%2-6	-	Günışığı dağılımı (U_0): 0,3-0,4
İrlanda	2013-2014	%4,5-5,5	-	-
Kosova	2015	-	Pencere alanı/ döşeme alanı: %15-20	-
Uluslararası Enerji Ajansı	2014	%2 < GÇ < %5	Pencere alanı/duvar alanı: Min. %20 olmalı	-

Çizelge 4.11'deki bilgiler aşağıdaki gibi değerlendirilebilir:

Günışığı çarpanı: Dış ortamdaki aydınlık düzeyinin iç mekandaki aydınlık düzeyine oranı olarak tanımlanan günışığı çarpanı değerleri, ülkelere göre farklılık göstermektedir. Günışığı çarpanının genel olarak %2'den az olmaması ve ortalama %4 civarında olması gerektiği kılavuzlarda verilen bilgilerden anlaşılmaktadır.

Saydamlık oranı: Pencere alanının içinde bulunduğu duvar alanına oranı olarak tanımlanan saydamlık oranının (Pencere alanı/Duvar alanı) %20'den az olmaması önerilmiştir. Ayrıca, kimi kılavuzlarda pencere alanı döşeme alanına oranı (Pencere

alanı/Döşeme alanı) olarak da ifade edilen saydamlık oranının bu durumda %7'den az olmaması gerektiği belirtilmiştir.

Diğer bilgiler: Kılavuzlarda günışığı ile ilgili olarak günışığının dağılım oranı ile günışığı otonomisi değerleri de verilmiştir. Günışığı dağılım düzgünlüğünün 0,3-0,4 olması, günışığı otonomisi değerinin ise %40'dan az olmaması önerilmiştir.

4.2.4 Aydınlatma ile İlgili Kaynaklar

İncelenen kılavuzların bir bölümünde aydınlatma konusuna değinilmiş ancak sayısal değer ve kimi bilgiler açısından çeşitli standart, yönetmelik ya da başka kılavuzlar kaynak gösterilmiş ve yönlendirme yapılmıştır. Kılavuzlardaki söz konusu ilgili kaynaklar Çizelge 4.12'de özetlenmiştir.

Çizelge 4. 12 Kılavuzlarda yer alan kaynaklar

Ülke	Yıl	Standart ve yönetmelikler
Türkiye	2010-2015	EN 12464
ABD	2002-2016	Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) Lighting Handbook American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) New Jersey Educational Facility Planning Standards (NJDOE) ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2004
Birleşik Krallık	1999-2014	Building Bulletin 87 Building Bulletin 90 Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE) Code for Lighting BS EN 12464 Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places Building Research Establishment (BRE) Department for Education and Employment lighting codes
İskoçya	2007	Building Bulletin 90 BS EN 12464 Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE) Code for Lighting
İrlanda	2008-2014	TGD 030 Amendments to the M&E Building Services Guidelines (The Department of Education and Skills)
Kuzey İrlanda	2011	Building Bulletin 87 Building Bulletin 90 CIBSE Code for Lighting
Avrupa	2014-2015	The IES Lighting Handbook "IEA - International Energy Agency, ECBCS - Annex 45 - Energy Efficient Electric Lighting for Buildings" "Guidebook on Energy Efficient Electric Lighting for Buildings"
Yeni Zelanda	2004-2015	Code of Practice for Interior Lighting Design (New Zealand Standard 6730) Best Practice in Classroom Design (New Zealand Ministry of Education).
Kanada	2007-2012	Illuminating Engineering Society (IES) Lighting Handbook National Energy Code of Canada for Buildings American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)
Avustralya	2011-2015	AS/NZS 1680.2.3 Interior and workplace lighting standard
BAE	2010-2012	-

Çizelge 4.12 Kılavuzlarda yer alan kaynaklar (devamı)

Ülke	Yıl	Standart ve yönetmelikler
Endonezya	2009	-
Katar	2010	-
Güney Afrika	2012	-
Uluslararası	2014	“EN 12464 Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places” “EN 15251 Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings- addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics” IESNA The Lighting Handbook
Kosova	2015	-

Kanada ve ABD’nin yer aldığı Amerika kıtasında aydınlatma koşulları için temel olarak IESNA (Illuminating Engineering Society of North America) ve ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) standartlarının ve kendi ülkelerinde yayımlanan kimi yönetmeliklerin kaynak gösterildiği ve bunlardan yararlanıldığı görülmektedir.

Avrupa kıtasında Birleşik Krallık, İskoçya ve Kuzey İrlanda ülkeleri CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers) standartlarını temel almışlar ve BS EN 12464 sayılı aydınlatma standardından yararlanmışlardır. Türkiye’de yayınlanan kılavuzlarda ise TS EN 12464 sayılı Avrupa Birliği aydınlatma standardı referans gösterilmiştir.

Avustralya ve Yeni Zelanda ülkeleri ise kendilerine özgü yayınlanan yönetmeliklere uygun olarak tasarım kılavuzlarını oluşturmuşlardır. BAE, Katar ve Endonezya ile Güney Afrika kılavuzlarında referans alınan aydınlatma standart ve yönetmelikleri bilgilerine ulaşamamıştır.

4.3 Bölüm Sonucu

Çeşitli ülkeler eğitim yapılarındaki aydınlatma konusunda farklı standart, yönetmelik, kılavuz vb. çalışmalar gerçekleştirmektedir. Bu çalışmalar okulların aydınlatma tasarımı ve sistemlerin iyileştirilmesi aşaması gibi çeşitli süreçlerde tasarımcı ve uygulayıcılara yol göstermektedir. İncelenen kılavuzlarda aydınlatma konusunda temel bilgilerin yanında aydınlatma koşulları ve tasarım önerileri gibi yararlı konular da bulunmaktadır. Bazı kılavuzlardaki bilgiler sadece tasarımcılara yönelik değil aynı zamanda okul idareleri ve kullanıcıların da yararlanabileceği düzeyde sunulmuştur.

Kılavuzlardan kimileri uluslararası kabul gören standartlarca ve kuruluşlarca (EN, IESNA, CIBSE) belirlenen aydınlatma koşullarına uyarken aynı zamanda bulundukları bölgeye özgü olan durumları da göz önüne alarak bilgiler sunmuştur. Aydınlatma açısından genel standartlara uymanın yanı sıra ülkelerin bulundukları coğrafi konum, iklim koşulları ve sahip oldukları kaynaklar dikkate alınarak kılavuzların oluşturulması uygun olacaktır.

Ülkemizde yeni tasarlanacak ve mevcut okul sayıları dikkate alındığında aydınlatma sistemlerinin tasarlanmasında ve geliştirilmesinde benzer kılavuz çalışmalarına ihtiyaç olduğu açıktır. Bu amaçla, sonraki bölümde tez kapsamında geliştirilen sürdürülebilir aydınlatma tasarımı yaklaşımı bağlamında eğitim yapılarına yönelik aydınlatma kılavuz önerisi sunulmuştur. Öneri kılavuzun, eğitim yapılarının aydınlatma sistemlerinin kurgulanması konusunda referans bir çalışma olması hedeflenmektedir.

EĞİTİM YAPILARINDA SÜRDÜRÜLEBİLİR AYDINLATMA TASARIMI İÇİN BÜTÜNCÜL BİR YAKLAŞIM

Bu bölümde tez çalışmasının temelinde yer alan eğitim yapılarına yönelik sürdürülebilir aydınlatma tasarımı yaklaşımının amacı, yöntemi, kapsamı ve yaklaşımla ilgili gerçekleştirilen alan çalışmasına ilişkin bilgiler sunulmuştur.

5.1 Yaklaşımın Amacı ve Yöntemi

Önceki bölümlerde verilen açıklamalarda belirtildiği üzere yapılar sürdürülebilir mimariye uygun olarak kullanıcılarına konforlu, sağlıklı mekanlar sunarken, enerji ve doğal kaynakları etkin kullanarak çevreye en az zararı verecek ve ekonomik olacak biçimde kurgulanmalıdır. Konu eğitim yapıları olarak ele alındığında okul binalarındaki aydınlatma sistemlerinin de sürdürülebilir mimari ilkelerine uygun olarak düzenlenmiş olması gerektiği açıktır.

Bu nedenle tez çalışmasında eğitim yapılarına yönelik sürdürülebilir aydınlatma tasarımına yönelik bütüncül bir yaklaşım geliştirilmiştir. Söz konusu yaklaşımın amacı, aydınlatma konusuna bütüncül bir bakış sağlayarak aydınlatma sistemleri açısından hem yeni tasarlanacak hem de mevcut okullar için tasarım ve iyileştirme çalışmalarına yol gösterici bilgiler sunmaktır.

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. Okullarda bulunması olası mekanlar için iş akış şemaları bağlamında aydınlatma kılavuzlarının oluşturulması,

olarak sıralanabilir. Yukarıda amaç ve yöntemi verilen bu yaklaşımla;

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

gibi değişik meslek gruplarındaki kişilerin/kurumların okullar için sürdürülebilir aydınlatma tasarımı konusunda bilinçlenmesi için katkı sağlamış olacaktır. Ayrıca tasarımcı, uygulayıcı ve ilgili meslek grubundaki kişilere sürdürülebilir aydınlatma tasarımı ile ilgili bilgi sağlanması hedeflenmektedir.

Tez kapsamında eğitim yapıları “yeni tasarlanacak ve mevcut” olmak üzere iki başlıkta ele alınmıştır. Bu bağlamda;

- **Yeni tasarlanacak ve mevcut okul binalarının aydınlatma tasarımında kullanılabilecek bir yaklaşımın oluşturulması ve yaklaşımdaki eylemler ile paydaşların belirlenmesi,**
- **Okul binalarının aydınlatma tasarımında kullanılabilecek bir kılavuz önerisinin oluşturulması,**
- **Mevcut okul binalarının aydınlatma sistemlerinin durumlarının belirlenerek değerlendirilmesine ve iyileştirilmesine yardımcı olacak araçların geliştirilmesi**

hedeflenmiştir.

Yeni tasarlanacak ve mevcut okullar için geliştirilen sürdürülebilir aydınlatma yaklaşımıyla, tasarım aşamasında konforsuz mekanların önlenmesi, enerji kayıplarının engellenmesi, çevreye minimum olumsuz etki ve en az işletme giderlerine sahip aydınlatma sistemlerinin tasarlanması mümkün olacaktır. Ayrıca aydınlatma tasarım

sürecindeki işlemlerin, oluşturulan iş akış şemaları ile ilgili paydaş grupları tarafından hızlı ve verimli bir şekilde sürdürülmesi sağlanacaktır.

Okul binalarının aydınlatma sistemlerinin tasarımı için temel ölçütleri ve bunlara ilişkin bilgiler sunan aydınlatma kılavuzunda, aydınlatılması gereken mekanlar ve bu mekanlardaki işlevler için olması gereken doğal ve yapay aydınlatma koşulları yer almaktadır. Kılavuzdaki öneriler, Milli Eğitim Bakanlığı tarafından bir okul binasında bulunması önerilen mekanlar üzerinden örneklenmiştir.

Mevcut okul binalarının aydınlatma sistemlerinin durumunun belirlenmesine yönelik olarak iş akış şeması ve süreçte yararlanılabilecek yöntemlere ilişkin kontrol, gözlem ve anket formları gibi araçlar oluşturulmuştur. Söz konusu iş akış şeması ve değerlendirme araçları ile mevcut okullardaki mekanların aydınlatma sistemlerinde iyileştirme işlemlerinin daha kolay ve hızlı yapılabilmesi hedeflenmiştir.

5.2 Yaklaşımın Kapsamı

Eğitim yapılarında sürdürülebilir aydınlatma tasarımı için geliştirilen yaklaşımın kapsamı;

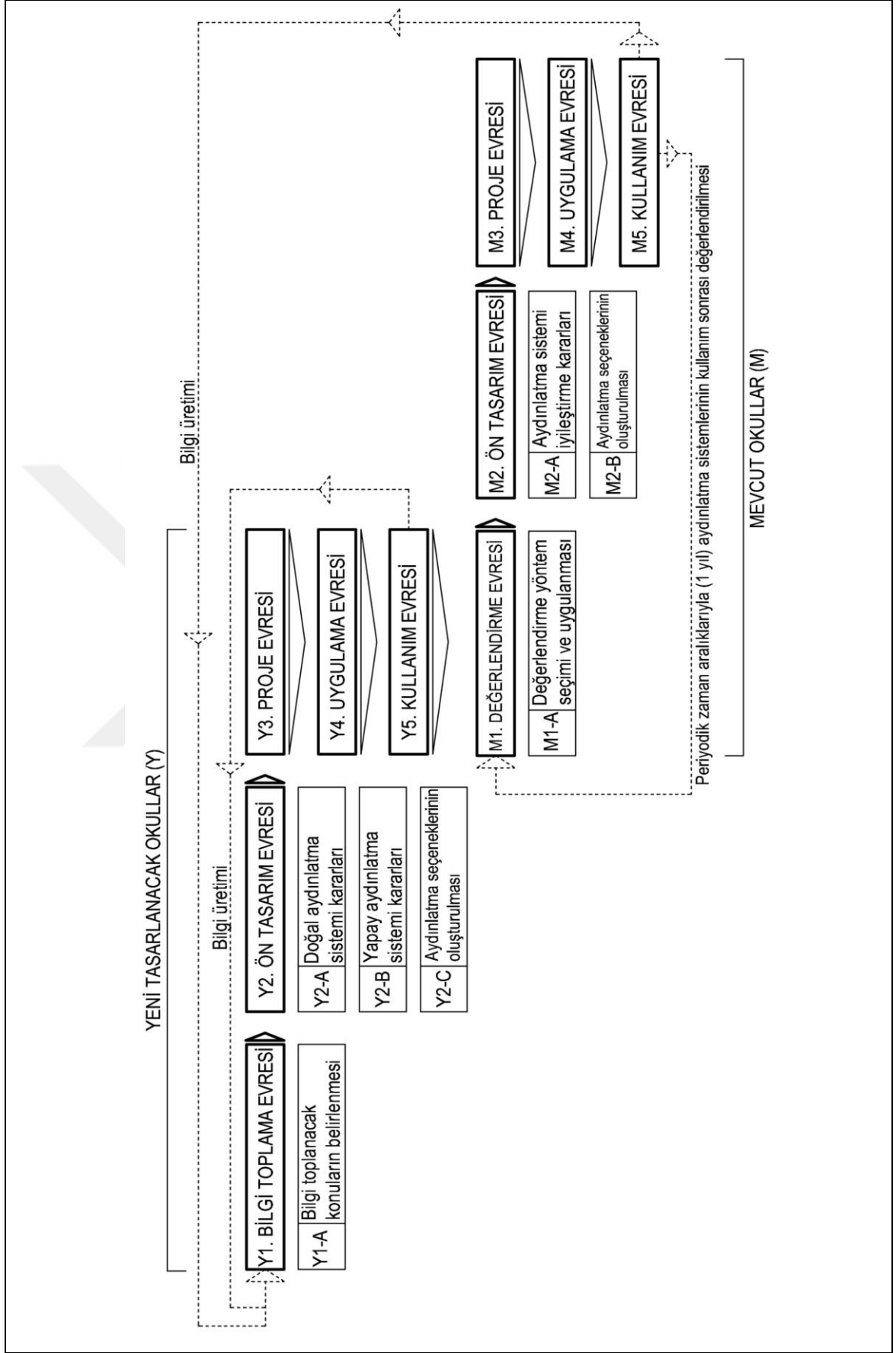
- Yeni yapılacak okullar için aydınlatma sistemlerinin tasarımında yararlanılabilecek, yapılacak işlemlerin sırasını ortaya koyabilecek bir akış şeması oluşturmak ve işlemlerin gerçekleştirilmesinde kullanılabilecek yöntemler geliştirmek, önermek,
- Okul binalarında aydınlatma tasarımlarına yol gösterecek bilgilerin yer aldığı aydınlatma kılavuzu hazırlamak,
- Mevcut okulların aydınlatma sistemlerinin değerlendirilmesi ve iyileştirilmesi çalışmalarının kurgulanmasında kullanılabilecek, yapılacak işlemlerin sırasını belirleyebilecek bir akış şeması oluşturmak,
- Mevcut aydınlatma sistemlerinin değerlendirilmesinde kullanılabilecek yöntemler geliştirmek, önermek,
- Mevcut bir okul binasını geliştirilen yaklaşım ilkeleri doğrultusunda değerlendirmek ve iyileştirme önerileri sunmak

olarak özetlenebilir.

5.3 Yaklaşımın Bölümleri

Okullara yönelik sürdürülebilir aydınlatma yaklaşımı Bölüm 5.1’de belirtildiği üzere hem yeni tasarlanacak hem de mevcut kullanılan okullar için kurgulanmıştır. 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 nedenle yeni ve mevcut okulların aydınlatma sistemlerinin kurgulanması döngüsel bir yapıya sahiptir. 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. Bu işlemlerin, sürdürülebilir aydınlatma sistemi oluşturma sürecindeki evreleri, yeni yapılar için, “bilgi toplama, ön tasarım, tasarım, uygulama ve kullanım” olarak 5 bölümde sıralanabilir. Yeni tasarlanacak okul binalarının aydınlatma tasarımı süreci ve mevcut okulların aydınlatma sistemi iyileştirme evrelerindeki temel ayrım, bilgi toplama evresindedir.

Yeni tasarlanacak ve mevcut okullar için sürdürülebilir aydınlatma sistemi tasarımına yönelik hazırlanan akış şemasına ait evreler ile alt adımları aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır. Yaklaşımın ait genel akış şeması Şekil 5.1’de sunulmuştur.



Şekil 5. 1 Sürdürülebilir Aydınlatma Tasarım Yaklaşımı iş akış şeması

İş akış şemalarında sürecin izlenmesini, işlem ve eylemlerin tanımlanmasını kolaylaştırmak adına bazı kısaltmalar kullanılmıştır. İş akış şemasında “Y” harfiyle başlayan işlemler “Yeni” okullara yönelik, “M” harfiyle başlayan işlemler “Mevcut” okulların aydınlatma sisteminin iyileştirilmesine yönelik işlemleri ifade etmektedir. Ayrıca, Y veya M harflerinden sonra gelen sayılar kaçınıcı evre olduğunu, sayılardan sonra gelen harf evrenin alt adımı, alt adımdan sonra gelen sayılar ise alt adımdaki işlem sırasını göstermektedir. Örneğin, **Y1-A1** kodlu işlem;

Y: Yeni tasarlanacak okullar için,

1: Evre sırası (Bilgi Toplama Evresi),

A: Evrenin alt adımı (Bilgi toplanacak konuların belirlenmesi),

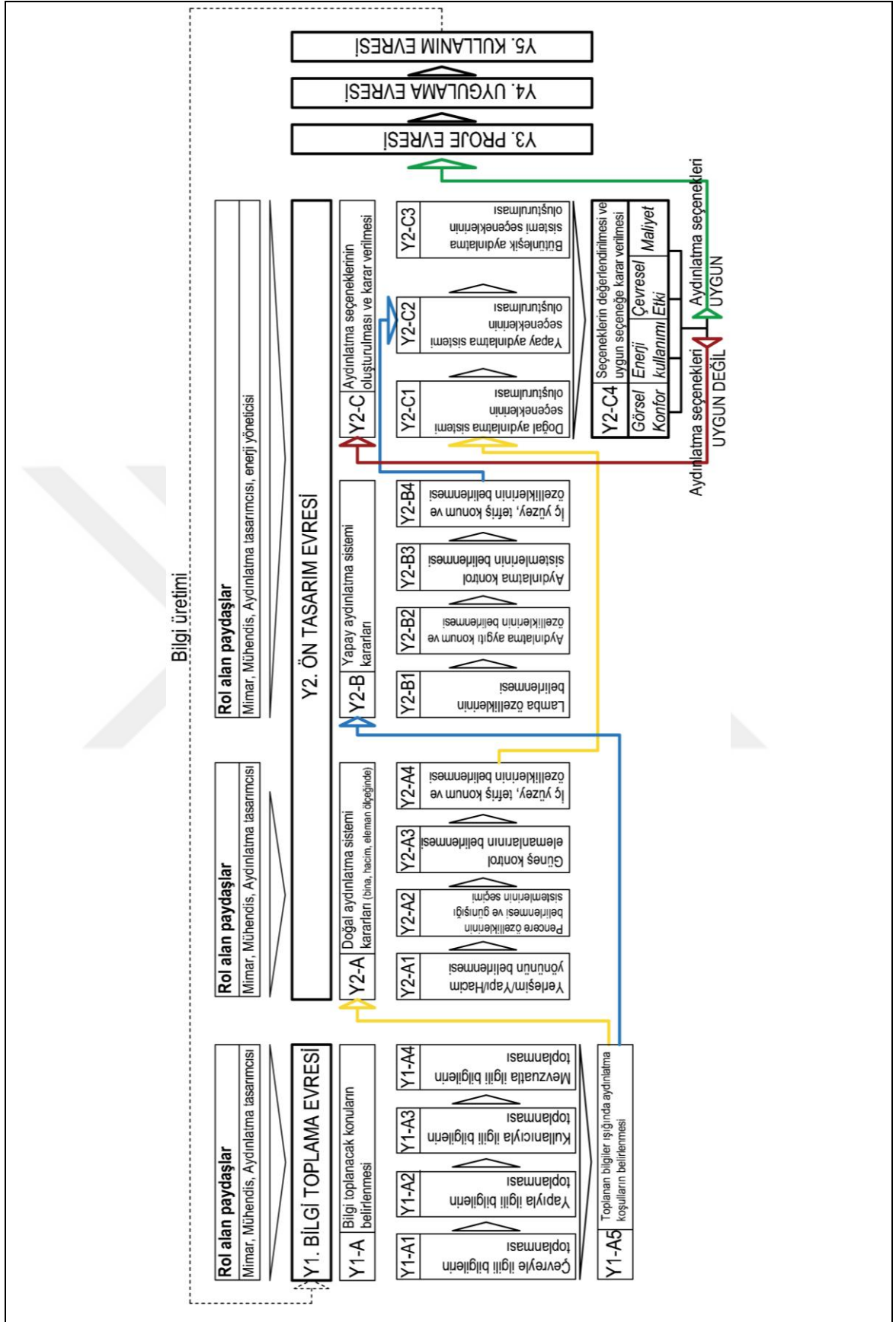
1: Alt adım işlem sırası (Çevreyle ilgili bilgilerin toplanması)

eylemlerini içermektedir.

5.3.1 Yeni Tasarlanacak Eğitim Yapılarında Sürdürülebilir Aydınlatma Yaklaşımı

Bu bölümde yeni tasarlanacak okul binaları (Y) için sürdürülebilir aydınlatma tasarımına yönelik yaklaşım sürecinin evreleri ve iş akış şemasının adımları açıklanmıştır.

Yaklaşım “Bilgi toplama (Y1), Ön tasarım (Y2), Proje (Y3), Uygulama (Y4) ve Kullanım (Y5)” olmak üzere 5 temel evreden oluşmaktadır ve her evrenin kendine özgü adımları ile adımların alt basamakları bulunmaktadır. Evrelere ilişkin özellikler Şekil 5.2’deki iş akış şemasında gösterilmiş ve aşağıda açıklanmıştır. Ayrıca, sürdürülebilir aydınlatma tasarımı iş akış şemasındaki adımlarda hangi paydaşların rol aldığı Çizelge 5.1’de belirtilmiştir.



Şekil 5. 2 Yeni tasarlanacak okullar için sürdürülebilir aydınlatma tasarım yaklaşımı iş akış şeması

Çizelge 5. 1 Yeni tasarlanacak okullarda sürdürülebilir aydınlatma sistemi tasarımı paydaş listesi

Aydınlatma yaklaşımı		İşlemler	Paydaşlar
Evreler	Adımlar		
Y1 BİLGİ TOPLAMA	Y1-A1	Çevreyle ilgili bilgilerin toplanması	Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcısı
	Y1-A2	Yapıyla ilgili bilgilerin toplanması	Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcısı
	Y1-A3	Kullanıcıyla ilgili bilgilerin toplanması	Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcısı
	Y1-A4	Mevzuatla ilgili bilgilerin toplanması	Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcısı
	Y1-A5	Toplanan bilgiler ışığında aydınlatma koşullarının belirlenmesi	Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcısı
Y2 ÖN TASARIM	Y2-A1	Yerleşim/Yapı/Hacim yönünün belirlenmesi	Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcısı
	Y2-A2	Pencere özelliklerinin belirlenmesi ve günışığı sistemlerinin seçimi	Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcısı
	Y2-A3	Güneş kontrol elemanlarının belirlenmesi	Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcısı
	Y2-A4	İç yüzey, tefriş konum ve özelliklerinin belirlenmesi	Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcısı
	Y2-B1	Lamba özelliklerinin belirlenmesi	Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcısı, enerji yöneticisi
	Y2-B2	Aydınlatma aygıtı konum ve özelliklerinin belirlenmesi	Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcısı, enerji yöneticisi
	Y2-B3	Aydınlatma kontrol sistemlerinin belirlenmesi	Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcısı, enerji yöneticisi
	Y2-B4	İç yüzey, tefriş konum ve özelliklerinin belirlenmesi	Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcısı, enerji yöneticisi
	Y2-C1	Doğal aydınlatma sistemi seçeneklerinin oluşturulması	Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcısı
	Y2-C2	Yapay aydınlatma sistemi seçeneklerinin oluşturulması	Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcısı
	Y2-C3	Bütünleşik aydınlatma sistemi seçeneklerinin oluşturulması	Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcısı
	Y2-C4	Seçeneklerin değerlendirilmesi ve uygun seçeneğe karar verilmesi (AHP)	Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcısı, enerji yöneticisi, idare
Y3 PROJE		Aydınlatma projesinin hazırlanması	Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcısı
Y4 UYGULAMA		Aydınlatma projesinin uygulanması	Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcısı
Y5 KULLANIM		Kullanıcılar tarafından aydınlatma sisteminin kullanılması	Öğretmen, öğrenci, idare

5.3.1.1 Y1-Bilgi Toplama Evresi

Aydınlatma tasarım süreci için gerekli olan çevre, yapı, kullanıcı ve mevzuatla ilgili bilgilerin toplanması ve bu bilgiler ışığında ilgili mevzuattan aydınlatma koşullarının belirlenmesi ile ilgili olarak beş adımdan (Y1-A, Y1-A1, Y1-A2, Y1-A3, Y1-A4, Y1-A5)

oluşmaktadır. Bilgi toplama evresindeki adımların alt basamaklarının açılımı ise kısaca aşağıda verilmiştir.

Y1-A adımı (Bilgi toplanacak konuların belirlenmesi): Yapının içinde bulunduğu çevre, kullanıcı, mevzuat vb. temel tasarım etkenlerinin özelliklerinin belirlenmesi.

Y1-A1 adımı (Çevreyle ilgili bilgilerin toplanması): Tasarımı yapılacak yapının bulunduğu bölgenin iklim, gök koşulu ve arazi vb. özelliklerinin belirlenmesi.

Y1-A2 adımı (Yapıyla ilgili bilgilerin toplanması): Tasarlanacak yapının biçimi, yerleşim yönü ve boyutları ile mekan işlev ve özelliklerinin belirlenmesi.

Y1-A3 adımı (Kullanıcıyla ilgili bilgilerin toplanması): Kullanıcıların yaş, eylem ve kullanım saatleri gibi özelliklerinin belirlenmesi.

Y1-A4 adımı (Mevzuatla ilgili bilgilerin toplanması): Okul binasının aydınlatma tasarımı ile ilgili olarak standart, yönetmelik, kılavuz ve yönergelerdeki aydınlatma parametre ve ölçütlerine yönelik bilgilerin toplanması.

Y1-A5 adımı (Aydınlatma koşullarının belirlenmesi): Y1-A1 - Y1-A4 adımlarında toplanan bilgiler aracılığıyla gerekli aydınlık koşul ve gereksinimlerinin belirlenmesi.

5.3.1.2 Y2-Ön Tasarım Evresi

Bu evrede Bilgi toplama (Y1) evresinden elde edilen veriler doğrultusunda tasarımı yapılacak aydınlatma sistemi kararlarının alınması ve sistemlerin değerlendirilmesi işlemleri yer almaktadır. Evrenin adımları doğal aydınlatma sistemi kararlarının alınması (Y2-A), yapay aydınlatma sistemi kararlarının alınması (Y2-B) ve aydınlatma seçeneklerinin oluşturularak değerlendirilmesi (Y2-C) olarak sıralanmıştır.

Y2-A adımı (Doğal aydınlatma sistemi kararları): Doğal aydınlatma sistemi tasarımını etkileyecek ön kararların alınması.

Y2-A1 adımı (Yerleşim/Yapı/Hacim yönünün belirlenmesi): Aydınlatma tasarımı bir yerleşim, bina ya da hacim ölçeğinde gerçekleştirilebilir. Bu amaçla tasarımı planlanan yerleşim, yapı ya da hacim için doğal aydınlatma açısından arazi ve iklim koşulları göz önünde tutularak en uygun yönün belirlenmesi.

Y2-A2 adımı (Pencere özelliklerinin belirlenmesi ve günışığı sistemlerinin seçimi): Yapı tasarım kararları, mekan özellikleri ve görsel konfor koşullarına bağlı olarak pencere özelliklerinin belirlenmesi ve yapı/hacim için uygun günışığı sistemlerinin seçimi.

Y2-A3 adımı (Güneş kontrol elemanlarının belirlenmesi): Güneş ışınımının olumsuz etkilerine karşı hacim işlevi ve tefriş yerleşimine uygun olarak alınacak koruyucu önlemlere karar verilmesi.

Y2-A4 adımı (İç yüzey, tefriş konum ve özelliklerinin belirlenmesi): İç yüzey malzeme ve tefrişlerin ışık yansıtma çarpanı ile renklerinin mekan işlevine uygun olarak seçilmesi, tefrişlerin mekandaki eylemler göz önünde tutularak aydınlatma tasarımına uygun olarak konumlandırılması.

Y2-B adımı (Yapay aydınlatma sistemi kararları): Yapay aydınlatma sistemi tasarımına yönelik ön kararların alınması.

Y2-B1 adımı (Lamba özelliklerinin belirlenmesi): Standartlar ve yönetmelikler göz önünde bulundurularak işlevlere uygun ışık kaynağı (lamba) özelliklerinin belirlenmesi.

Y2-B2 adımı (Aydınlatma aygıtı konum ve özelliklerinin belirlenmesi): Standartlar ve yönetmelikler göz önünde bulundurularak işlevlere uygun aydınlatma aygıtı özelliklerinin ve konumlarının belirlenmesi.

Y2-B3 adımı (Aydınlatma kontrol sistemlerinin belirlenmesi): Aydınlatma kontrol sistemi tür ve özelliklerinin belirlenmesi.

Y2-B4 adımı (İç yüzey, tefriş konum ve özelliklerinin belirlenmesi): İç yüzey malzeme ve tefrişlerin ışık yansıtma çarpanı ile renklerinin mekan işlevine uygun olarak seçilmesi, tefrişlerin mekandaki eylemler göz önünde tutularak aydınlatma tasarımına uygun olarak konumlandırılması.

Y2-C adımı (Aydınlatma seçeneklerinin oluşturulması): Y1-A, Y2-A ve Y2-B adımlarında toplanan bilgiler ve aydınlatma sistemleri için alınan karar doğrultusunda aydınlatma seçeneklerinin oluşturulması.

Y2-C1 adımı (Doğal aydınlatma sistemi seçeneklerinin oluşturulması): Y2-A adımıdaki doğal aydınlatma kararları doğrultusunda doğal aydınlatma sistemi seçeneklerinin oluşturulması.

Y2-C2 adımı (Yapay aydınlatma sistemi seçeneklerinin oluşturulması): Y2-B adımıdaki yapay aydınlatma kararları doğrultusunda yapay aydınlatma sistemi seçeneklerinin oluşturulması.

Y2-C3 adımı (Bütünleşik aydınlatma sistemi seçeneklerinin oluşturulması): Aydınlatma seçeneklerinin değerlendirilerek, bütünleştirilip aydınlatma seçeneklerinin oluşturulması.

Y2-C4 adımı (Seçeneklerin değerlendirilmesi ve uygun seçeneğe karar verilmesi): Bu adımda oluşturulan aydınlatma seçeneklerinin sürdürülebilir mimari çerçevesinde görsel konfor, enerji kullanımı, çevresel etki ve maliyet açısından değerlendirilmesi ve sürdürülebilirlik açısından değerlendirilen aydınlatma seçenekleri içinden en uygun aydınlatma sisteminin seçilmesi işlemi gerçekleştirilir. Bu adımda seçeneklerin görsel konfor ve enerji performanslarını belirlemek amacıyla aydınlatma hesap programlarından (Dialux, Relux, Velux vb.) yararlanmak olanaklıdır.

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, ing. Decision Support Systems, DSS)”ne ilişkin yöntemlerden yararlanılabilir. Karar destek sistemlerini kısaca, bir karar aşamasında, toplanmış bilgilerden faydalanarak karar vermeyi kolaylaştıran sistemler olarak tanımlamak olanaklıdır. 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 sıralamasını gerçekleştirmek mümkündür.

AHS yöntemi;

- Karar seçeneklerini sıralayıp aralarından birini belirtilen çoklu ölçütlere göre seçmeyi sağlayan sayısal bir yöntemdir.
- Her bir karar seçeneğine, karar vericinin ölçütlerini ne kadar sağladığını gösteren sayısal puanlar verilir.
- Thomas Saaty tarafından geliştirilen yöntem çok sayıda kriter içeren kompleks problemleri çözmek için tasarlanmıştır [151].

AHS yöntemiyle birbirleriyle karşılaştırılmak istenen parametrelerin önem derecelerini belirlemek amacıyla Saaty (1980) tarafından geliştirilen ve Çizelge 5.2’de sunulan sayısal değerler kullanılabilir.

Çizelge 5. 2 AHS değerlendirme ölçeği [152]

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.

Bu değerler aracılığıyla parametrelerin birbirlerine göre ne kadar önem taşıdıkları belirlenir. Bu değerlendirme işlemi sırasında, her iki parametre birbirine eşit ise 1 değerini, 1. parametre 2. parametreden daha önemli olması durumunda 3 değerini alır. Bir parametre diğerinden ne kadar derecede önemliyse o kadar yüksek puanı alır.

Parametrelerin değerlendirme ölçeği kullanılarak birbirlerine göre sayısal önem dereceleri belirlendikten sonra her parametrenin “görelî önem dereceleri” AHS ikili karşılaştırma matrisi kullanılarak hesaplanır. (Çizelge 5.3).

Çizelge 5. 3 AHS ikili karşılaştırma matrisi ile görelî önem derecelerinin belirlenmesi

	Parametre 1	Parametre 2	Parametre 3	Parametre n
Parametre 1	P1/P1	P1/P2	P1/P3	P1/Pn
Parametre 2	P2/P1	P2/P2	P2/P3	P2/Pn
Parametre 3	P3/P1	P3/P2	P3/P3	P3/Pn
Parametre n	Pn/P1	Pn/P2	Pn/P3	Pn/Pn

Önem derecelerine göre oluşturulan ikili karşılaştırma matrisiyle her bir parametrenin yüzdesel olarak ağırlık değeri elde edilmiş olur.

AHS yöntemi genel olarak ikili karşılaştırmalara dayalı bir karar destek sistemidir. Karşılaştırılan seçenek sayısının fazla olması durumunda karar vericiyi zorlayacak ikili karşılaştırmalar matrisi yerine puanlama yöntemini kullanılması daha uygun olacaktır. Puanlama yöntemi, çoklu seçenekler arasından karar vermede en sık kullanılan yöntemlerden biridir. Puanlama yönteminde seçenekler, birçok etken yardımıyla ve her bir etkene belli bir sistem içinde sayısal puan verilmesiyle belirlenir [153]. Seçenekler, belirlenen parametrelerden aldıkları puan aralıklarına göre toplam puanları hesaplanarak amaca göre sıralanabilirler. Oluşturulan aydınlatma seçenekleri arasından aydınlatma koşulları açısından en uygun önerinin AHS yöntemi kullanılarak en kısa sürede seçilmesi olanaklıdır.

5.3.1.3 Y3-Proje Evresi, Y4-Uygulama Evresi, Y5-Kullanım Evresi

Y3 Proje evresinde, Y2-C5 adımındaki aydınlatma seçeneklerinden görsel konfor, enerji kullanımı, çevresel etki ve maliyet parametreleri açısından en uygun sonuca ulaşılan (optimum sonuç veren) aydınlatma sisteminin uygulama projeleri hazırlanır.

Y4 Uygulama evresinde, projelendirilen aydınlatma sisteminin uygulama işlemi gerçekleştirilir.

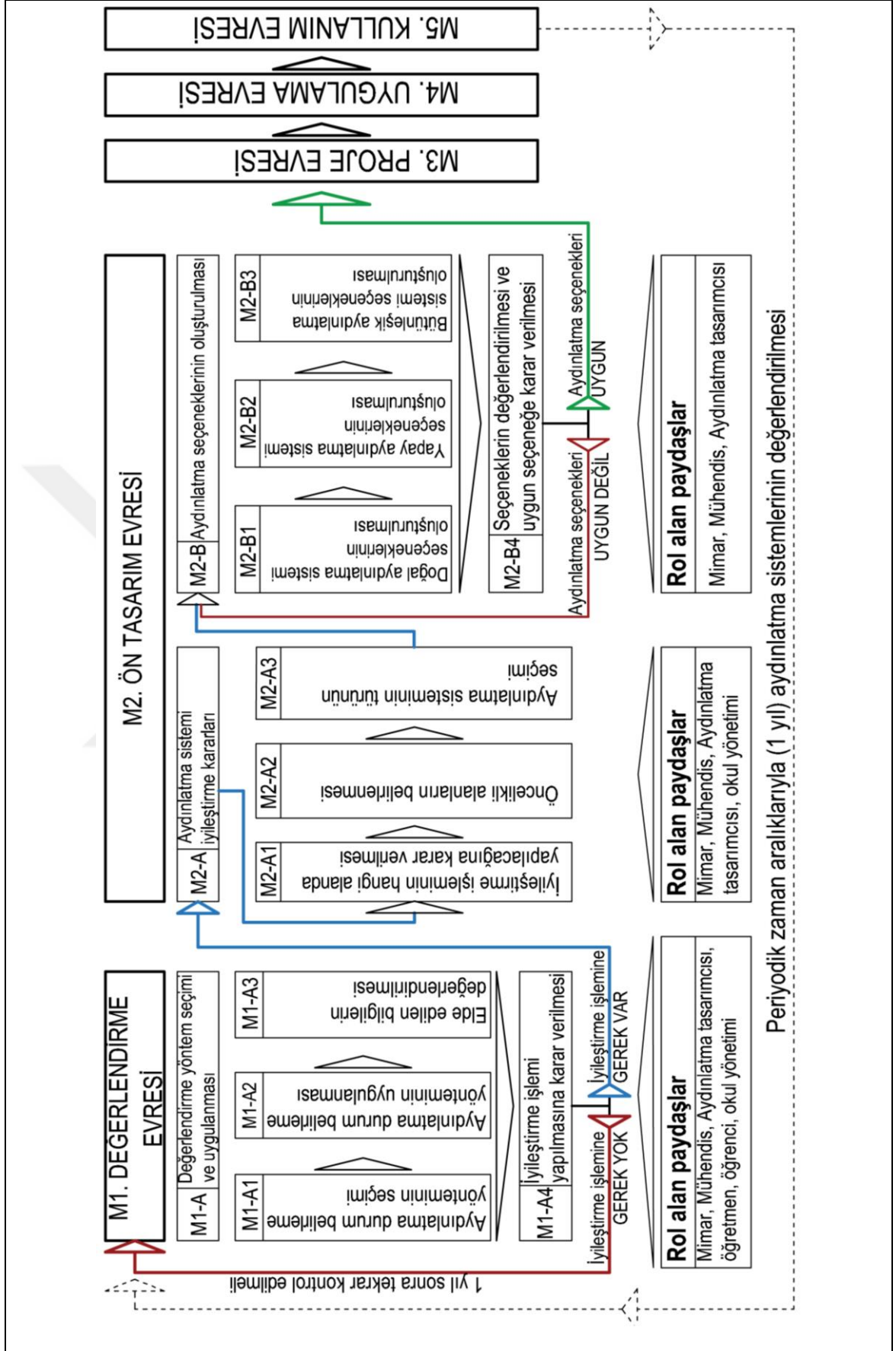
Y5 Kullanım evresinde, tasarımı ve uygulaması tamamlanmış olan aydınlatma sisteminin kullanıcılar tarafından kullanılmaya başlandığı süreçtir. Bu evreden sonra aydınlatma sisteminin periyodik aralıklarla durumu belirlenmeli, değerlendirilmeli ve gerekli iyileştirme işlemleri yapılmalıdır.

Bölüm 3.2.1 ve 3.2.2 bölümlerinde belirtildiği gibi yapay aydınlatma sistemlerindeki lamba, aygıt ve iç yüzeylerin temizlenmesi, nominal ömürleri dolan lambaların değiştirilerek bakımının yapılması, doğal aydınlatma sistemlerindeki pencere, doğrama ve camların temizlenmesi sistem verimliliği açısından önemlidir.

Çalışma kapsamında periyodik bakım işlemlerin aralığı, her eğitim dönemi öncesi aydınlatma sistemlerinin kontrol edilmesi amacıyla 1 yıl olarak önerilmiştir. Bir başka anlatımla, yeni yapı artık mevcut yapı konumuna geçtiği için kullanıma başladıktan 1 yıl sonra Bölüm 5.3.2’de sunulan “Mevcut eğitim yapılarında sürdürülebilir aydınlatma yaklaşımı”ndaki evreler ve ilgili işlemler takip edilebilir.

5.3.2 Mevcut Eğitim Yapılarında Sürdürülebilir Aydınlatma Yaklaşımı

Bu bölümde mevcut okul binalarının aydınlatma sistemlerinin sürdürülebilirlik açısından iyileştirilmesine yönelik sürecin evreleri ve iş akış şemasının adımları açıklanmıştır. Mevcut okul yapıları için geliştirilen yaklaşım 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 5.3 ve Çizelge 5.4’te verilmiştir.



Şekil 5. 3 Mevcut okullar için sürdürülebilir aydınlatma tasarım yaklaşımı iş akış şeması

Çizelge 5. 4 Mevcut okullarda sürdürülebilir aydınlatma sistemi iyileştirme işlemleri paydaş listesi

Aydınlatma yaklaşımı		İşlemler	Paydaşlar
Evreler	Adımlar		
M1 DEĞERLENDİRME	M1-A1	Aydınlatma durum belirleme yönteminin seçimi	Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcısı
	M1-A2	Aydınlatma durum belirleme yönteminin uygulanması	Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcısı, enerji yöneticisi, okul idaresi, öğretmen, öğrenci
	M1-A3	Elde edilen bilgilerin değerlendirilmesi	Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcısı, enerji yöneticisi
	M1-A4	İyileştirme işlemi yapılmasına karar verilmesi	Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcısı, enerji yöneticisi, okul idaresi
M2 ÖN TASARIM	M2-A1	İyileştirme işleminin hangi alanda yapılacağına karar verilmesi	Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcısı, enerji yöneticisi, okul idaresi
	M2-A2	Öncelikli alanların belirlenmesi	
	M2-A3	Aydınlatma sistemi türünün seçilmesi	
	M2-B1	Doğal aydınlatma sistemi seçeneklerinin oluşturulması	Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcısı
	M2-B2	Yapay aydınlatma sistemi seçeneklerinin oluşturulması	
	M2-B3	Bütünleşik aydınlatma sistemi seçeneklerinin oluşturulması	
	M2-B4	Seçeneklerin değerlendirilmesi ve uygun seçeneğe karar verilmesi (AHP)	
M3 PROJE		Aydınlatma projesinin hazırlanması	Mimar, mühendis, aydınlatma tasarımcısı
M4 UYGULAMA EVRESİ		Aydınlatma projesinin uygulanması	
M5 KULLANIM		Kullanıcılar tarafından aydınlatma sisteminin kullanılmaya başlanması	Okul idaresi, öğretmen, öğrenci

5.3.2.1 M1-Değerlendirme Evresi

Bu evrede mevcut okul yapılarının aydınlatma sistemlerinin durumunun belirlenmesine yönelik adımlar bulunmaktadır. Evre dört adımdan (M1-A1, M1-A2, M1-A3, M1-A4) oluşmaktadır. Değerlendirme evresindeki adımlar ve alt basamakların açılımı kısaca aşağıda verilmiştir.

M1-A adımı (Değerlendirme yöntem seçimi ve uygulanması): Okuldaki mevcut aydınlatma sisteminin durumunun değerlendirilmesi için uygun yöntemlerin ve kullanılacak değerlendirme araçlarının oluşturulması.

M1-A1 adımı (Aydınlatma durum belirleme yönteminin seçimi): Okullardaki aydınlatma sistemlerinin iyileştirilmesine başlanmadan önce ilk adım olarak mevcut aydınlatma sisteminin özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Mevcut aydınlatma sisteminin özelliklerinin belirlenmesi için “Kullanım Sonrası Değerlendirme (KSD, Post-Occupancy Evaluation; POE)” yöntemlerinden yararlanılabilir.

Literatürde “Kullanım Sonrası Değerlendirme (KSD)” konusunda farklı tanımlar ve yorumlar bulmak olanaklıdır. Genel olarak KSD, kullanımdaki binalar hakkında çeşitli verilerin sistematik olarak işlenerek, bina performansının kullanıcıların bakış açısından değerlendirilmesi şeklinde tanımlanabilir [154]. KSD’nin temel amacı mekanların sürekli iyileştirme hedefini desteklemek için gerekli bilgilerin sağlanmasıdır [155].

Kullanım sonrası değerlendirmenin başarılı (doğru) ya da başarısız (yanlış) olmasını, genellikle araştırmacının seçtiği ve kullandığı bilgi toplama yöntemleri belirler. Friedman, Zimring, and Zube, bilgi toplama yöntemlerini doğrudan gözlem (direct observation), mülakat (interview) ve benzetim (simulation) olmak üzere aşağıda açıklanan üç grupta toplamışlardır [156]. Okullarda uygulanabilecek üç yöntemde de dolaylı ya da dolaysız olarak öğrenci ile öğretmenlerin katılımı söz konusudur [157].

- **Doğrudan Gözlem (Direct observation):** Bu yöntemle bilgi, gerçek yaşamdan ve doğal davranışlardan elde edilir. Gözlemci belirli bir ortamda dikkat çekmeden olayları kaydeder.
- **Mülakat (Interview):** Bu yöntem fiziksel ortamda insanların tepkilerini değerlendirmek için en sık kullanılan araçlardan biridir. Kullanıcı ile görüşmeler yapılan bu yöntemde, mekan ve görüşme soruları önceden belirlenebilir ya da alan çalışması sırasında kullanıcılara sorular yöneltilerek gerçekleştirilebilir.
- **Benzetim (Simulation):** Bu yöntemde mekanlar, ortamlar temsili olarak ifade edilerek ya da modellenerek aydınlatma koşulları açısından değerlendirilir.

Mevcut okulların aydınlatma sistemlerinin değerlendirilmesi için yukarıda sözü edilen bilgi toplama yöntemleri, paydaşlar ve yapılacak işlemler Çizelge 5.5’te sunulmuştur. Çizelgede belirtilen yöntemlerden biri veya birkaçının, ilgili meslek gruplarındaki

paydaşlar tarafından uygulanarak mevcut bir okulun aydınlatma sisteminin durumunun belirlenmesi olanaklıdır.

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

Bilgi toplama yöntemi	İlgili, paydaş	Yapılacak işlemler
Gözlem	Uzman (Mimar, Mühendis, Aydınlatma tasarımcısı, Enerji Yöneticisi), Kullanıcı (İdari personel, öğretmen)	Yerinde gözlem (Mekanları inceleyerek gözlem yoluyla sistem ve aydınlatma koşullarını belirleme) Kontrol listesi (Kontrol listesi yardımıyla mevcut aydınlatma sisteminin özelliklerini belirleme) Ölçme (Ölçüm cihazlarıyla aydınlatma koşullarını belirleme)
Mülakat	Uzman (Mimar, Mühendis, Aydınlatma tasarımcısı, Enerji Yöneticisi), Kullanıcı (Öğrenci, öğretmen, İdari personel)	Görüşme (Kullanıcılarla yüz yüze görüşerek aydınlatma koşullarına yönelik sorunları belirleme) Anket (Kullanıcılara anket uygulayarak aydınlatma koşullarını belirleme)
Benzetim (Simülasyon)	Uzman (Mimar, Mühendis, Aydınlatma tasarımcısı, Enerji Yöneticisi)	Mevcut aydınlatma sisteminin modellenerek performansının belirlenmesi

Çalışma kapsamında mevcut eğitim yapılarında mekanların ve aydınlatma düzenlerinin özelliklerinin belirlenmesine ilişkin işlemlerin kolay ve hızlıca yapılabilmesi için Kullanım Sonrası Değerlendirme (KSD)'ye yönelik gözlem ve mülakat yöntemleri için;

- Uzman için “uzman aydınlatma gözlem formu (UAG)”,
- Öğretmen ve idari personel için “kullanıcı aydınlatma gözlem formu (KAG)”,
- Öğrenciler için “kullanıcı aydınlatma gözlem anket formu (KAA)”
- İdari personel için “kullanıcı aydınlatma mülakat formu (KAM)”

formları hazırlanmış ve sırasıyla EK A, EK B, EK C ve EK D’de sunulmuştur. Bu formlarda (UAG, KAG, KAA, KAM) yapı, mekan ve aydınlatma sistemlerinin özellikleri ile aydınlatma koşullarının belirlenmesine yönelik sorular yer almaktadır. Kullanım Sonrası Değerlendirmeye (KSD) yönelik hazırlanan formların içerikleri kısaca aşağıda verilmiştir:

- Uzmanlara yönelik hazırlanan gözlem formlarında (UAG) mekanların doğal ve yapay aydınlatma düzenlerinin özelliklerini belirlemek amacıyla oluşturulan 12 sorunun yanı sıra, mekan özellikleri (konum, boyut, iç yüzeyler vb.), aygıt özellikleri (gücü, sayısı, türü), gök koşulu gibi durumlara yönelik bilgiler de istenmektedir.
- Öğretmenlere yönelik hazırlanan gözlem formlarında (KAG) öğrenci ve öğretmenler açısından mekanın aydınlatma durumunun belirlenmesi amacıyla 13 sorunun cevaplanması ve aynı zamanda mekan özellikleri ve gök durumu gibi genel bilgilerin doldurulması istenmektedir.
- Öğrencilere yönelik hazırlanan formda (KAG) ise genel bilgilerin (3 soru) yanı sıra aydınlatma koşullarının belirlenmesi amacıyla 5'li likert ölçeğine göre düzenlenmiş 16 soru olmak üzere toplam 19 soruya yer verilmiştir.
- Okul yönetimi için hazırlanan aydınlatma mülakat formunda da (KAM) okulun genel aydınlatma durum bilgisi, yapılan/yapılacak iyileştirme işlemleri ve aydınlatma konusundaki genel olumsuz geri dönüşler hakkında bilgiler istenmektedir.

M1-A2 adımı (*Aydınlatma durum belirleme yönteminin uygulanması*):

Aydınlatma sistemlerinin mevcut durumunun belirlenmesine yönelik olarak KSD yöntemlerinin bir ya da birkaçının ilgili paydaş/paydaşlar tarafından seçilip uygulanması.

M1-A3 adımı (*Elde edilen bilgilerin değerlendirilmesi*): Aydınlatma durum belirleme yöntemlerinden seçilen yöntem/yöntemlerle doğal ve yapay aydınlatma sistemleriyle ilgili elde edilen bilgilerin çalışmada oluşturulan ve Bölüm 5.4'te verilen öneri kılavuz ışığında değerlendirilmesi.

M1-A4 adımı (*İyileştirme işlemi yapılmasına karar verilmesi*): Elde edilen bilgilerin değerlendirmesi sonucunda sistemin yeterli olması durumunda periyodik aralıklarla sistemin kontrol edilmesine karar verilir. Değerlendirmede sistemin yetersiz olduğu saptanırsa yapılacak iyileştirmeler için Ön Tasarım (M2) evresine geçilir.

Çalışmada mevcut durumun bir yıl aralıklarla denetlenerek değerlendirilmesi ön görülmüştür. Bu durumda M1 evresinin süreci yinelenmelidir.

5.3.2.2 M2-Ön Tasarım Evresi

Bu evrede M1-A4 adımından elde edilen yapının mevcut aydınlatma sisteminin değerlendirme sonuçlarına göre iyileştirme yapılacak alanlara ve tasarımı yapılacak aydınlatma sistemlerine ilişkin kararların alınması ile sistemlerin değerlendirilmesi işlemleri yer almaktadır.

M2-A adımı (Aydınlatma sistemi iyileştirme kararları): Aydınlatma sisteminin mevcut durumunun olumsuz/yetersiz olması koşulunda, iyileştirme işleminin yapılacağı alanlar ve aydınlatma sistem türünün seçimi bu alanda gerçekleştirilir.

M2-A1 adımı (İyileştirme işleminin hangi alanda yapılacağına karar verilmesi): M1-A4 adımında elde edilen bilgiler doğrultusunda yapının aydınlatma açısından yetersiz olduğu saptanan mekanları değerlendirilerek, yapının bir bölümü (bölgesel) ya da tümü için iyileştirme kararı alınır.

M2-A2 adımı (Öncelikli alanların belirlenmesi): Aydınlatma sisteminde bölgesel ya da tüm bina iyileştirme işlemine karar verildikten sonra, maliyet, süre ve yapısal kısıtlamalar vb. nedenlerle aydınlatma açısından yetersiz olduğu saptanan mekanlar arasından iyileştirme yapılacakların öncelik sırasının belirlenmesinin gerektiği durumlar ortaya çıkabilir. Başka bir anlatımla, mekanlar aydınlatma önceliğine göre sınıflandırılıp kademe kademe aydınlatma iyileştirme işlemi gerçekleştirilebilir. Değişik işlevli hacimleri barındıran bir okul binasındaki mekanların “aydınlatılma öncelik sırası” olabilir. Bölgesel olarak yapılacak iyileştirme işleminin hangi mekanlarda gerçekleştirileceği, mekanların kullanım sıklığı, kullanıcı sayısı, kullanıcı memnuniyeti, enerji tasarruf potansiyeli vb. durumlar göz önünde tutularak karar verilmelidir. Öncelik sıralaması için bir örnekleme Çizelge 5.6’da sunulmuştur.

Çizelge 5. 6 Aydınlatma açısından yetersiz mekanların önceliklerinin belirlenmesi örneği

Mekan adı	Adet	Etkilenen kullanıcı sayısı	Günlük kullanım süresi	Enerji tüketimi (günlük)	Toplam alan büyüklüğü (m ²)
Derslik	3	90	8 saat	5184 Wh	150
Laboratuvar	1	30	4 saat	1728 Wh	50
İdari Mekan	2	4	8 saat	576 Wh	40

Bu örneğe göre, etkilenen kullanıcı sayısı ve enerji tasarruf potansiyeli göz önüne alınarak iyileştirme işlemlerine derslikle başlanmasına karar verilmesi uygun olacaktır. İyileştirmede öncelikli alanların belirlenmesinde Bölüm 5.3.1.2’de yeni okullar için verilen ve Y2-C4 adımıyla açıklanan karar destek sistemlerinden biri olan AHS yönteminden de yararlanılabilir.

M2-A3 adımı (Aydınlatma sistemi türünün seçimi): Bölgesel ya da tüm binadaki iyileştirme işleminin hangi aydınlatma sistemi veya sistemlerinde (doğal, yapay, doğal ve yapay) yapılacağına, M1 Değerlendirme adımıyla elde edilen veriler ışığında karar verilmesi.

M2-B adımı (Aydınlatma sistemi seçeneklerinin oluşturulması ve değerlendirilmesi): Doğal, yapay ve bütünsel aydınlatma seçeneklerinin oluşturulması ve değerlendirilerek karar verilmesi işlemlerini kapsayan dört alt adımı içermektedir.

İyileştirme yapılacak aydınlatma sistemleriyle ilgili seçenekler, çeşitli kısıtlamaları (süre, maliyet, yapısal vb.) da göz önünde tutarak oluşturulmalıdır. Çalışma kapsamında süre kısıtlamalarına yönelik olarak önerilen, kısa (≤ 15 gün), orta (≤ 90 gün) ve uzun vadeli (> 90 gün) iyileştirmeler başlıkları altında doğal, yapay aydınlatma ve mekan özellikleri için kurgulanan ve Çizelge 5.7’de sunulan seçenekler kullanılabilir. Bu seçenekler ülkemizdeki okul eğitim dönemleri (ara tatil, yaz tatili vb.) dikkate alınarak düzenlenmiştir.

Çizelge 5. 7 Aydınlatma ölçütleri açısından iyileştirme önerileri

Ölçütler	Doğal Aydınlatma			Yapay Aydınlatma			Mekan özellikleri					
	Kısa vadeli iyileştirmeler (≤ 15 gün) (15 Ocak-1 Şubat)	Orta vadeli iyileştirmeler (≤ 90 gün) (15 Haziran-15 Eylül)	Uzun vadeli iyileştirmeler (> 90 gün)	Kısa vadeli iyileştirmeler (≤ 15 gün) (15 Ocak-1 Şubat)	Orta vadeli iyileştirmeler (≤ 90 gün) (15 Haziran-15 Eylül)	Uzun vadeli iyileştirmeler (> 90 gün)	Kısa vadeli iyileştirmeler (≤ 15 gün) (15 Ocak-1 Şubat)	Orta vadeli iyileştirmeler (≤ 90 gün) (15 Haziran-15 Eylül)	Uzun vadeli iyileştirmeler (> 90 gün)			
Aydınlık düzeyi (E)	•Pencerelerin bakımı ve temizlenmesi •Yapı dışındaki bitkilerin budanması	•Cam ve doğramalarının iyileştirilmesi	•Pencerelerin boyut, konum, sayı vb. özelliklerin yeniden düzenlenmesi •Yapı kabuğu ve saydam alanların yeniden tasarımı/değiştirilmesi	•Lamba ve aygıtların bakımı ve temizlenmesi •Lamba değişimi (lm/W, renk vb açılardan)	•Lamba ve aygıt türülerinin değişimi •Aygıtların konumunun değişimi	•Aydınlatma sisteminin yeniden tasarımı	•İç yüzeylerin temizlenmesi, boyanması, tefriş düzeninin değiştirilmesi	•İç yüzey ve kaplamaların ışık yansıtma çarpanlarının düzenlenmesi	•İç mekanın yeniden tasarımı			
Aydınlığın dağılımı (U ₀)	•Tefriş düzeninin değiştirilmesi	•Işık rafı vb. elemanların kullanımı	•Yapı kabuğunun yeniden tasarımı	•Aygıt değişimi (Işık yeğinlik diyagramı açısından), •Tefriş düzeninin değiştirilmesi				•Aydınlatma sisteminin çalışma düzenine göre kurgulanması				
Kamaşma	•Yapı içi güneş kontrol elemanlarının (Perde ve jaluzi vb.) eklenmesi	•Cepheye güneş kontrol elemanlarının eklenmesi						•İç yüzey ve kaplamaların ışık yansıtma çarpanlarının düzenlenmesi •Aydınlatma sisteminin çalışma düzenine göre kurgulanması				
Enerji tüketimi (W/m ²)	•Pencerelerin bakımı ve temizlenmesi •Yapı dışındaki bitkilerin budanması	•Cam ve doğramaların değişimi										

M2-B1 adımı (Doğal aydınlatma sistemi seçeneklerinin oluşturulması): İyileştirme yapılacak mekanlar ve sistem ile ilgili veriler ve kısıtlamalar göz önünde tutularak doğal aydınlatma sistemi seçeneklerinin oluşturulması.

M2-B2 adımı (Yapay aydınlatma sistemi seçeneklerinin oluşturulması): İyileştirme yapılacak mekanlar ve sistem ile ilgili veriler ve kısıtlamalar göz önünde tutularak yapay aydınlatma sistemi seçeneklerinin oluşturulması.

M2-B3 adımı (Bütünleşik aydınlatma sistemi seçeneklerinin oluşturulması): Doğal ve yapay aydınlatma seçenekleri belirlendikten sonra bu sistemlerin bütünleştirilmesi işlemine geçilir. Doğal ve yapay aydınlatma sistemleri ile birlikte aydınlatma kontrol elemanları da eklenerek farklı seçenekler oluşturulması.

M2-B4 adımı (Seçeneklerin değerlendirilmesi ve uygun seçeneğe karar verilmesi): Aydınlatma seçenekleri sürdürülebilirlik bağlamında görsel konfor, enerji kullanımı, çevresel etki ve maliyet ölçütleri açısından değerlendirilir. Değerlendirme işlemlerinde okul yapıları için sağlanması gereken minimum görsel konfor ölçütleri, enerji kullanımı, ilk yatırım maliyeti ve işletme giderleri ile çevresel etkileri göz önünde bulundurulur. Bu adımda seçeneklerin görsel konfor ve enerji performanslarını belirlemek amacıyla aydınlatma hesap programlarından (Dialux, Relux, Velux vb.) yararlanmak olanaklıdır. Oluşturulan seçeneklerin değerlendirilmesinde Bölüm 5.3.1.2’de yeni okullar için verilen ve Y2-C4 adımıyla açıklanan karar destek sistemlerinden biri olan AHS yöntemi kullanılarak en uygun aydınlatma sistemi seçilebilir.

5.3.2.3 M3-Proje Evresi, M4-Uygulama Evresi, M5-Kullanım Evresi

M3 Proje evresinde M2-B5 adımıyla belirlenen öneri aydınlatma sistemlerinden görsel konfor, enerji kullanımı, çevresel etki ve maliyet parametreleri açısından en uygun sonuca ulaşılan aydınlatma sisteminin uygulama projeleri hazırlanır.

M4 Uygulama evresinde, projelendirilen aydınlatma sisteminin uygulamasının gerçekleştirilir.

M5 Kullanım evresinde, tasarımı ve uygulaması tamamlanmış olan aydınlatma sisteminin kullanıcılar tarafından başlatıldığı süreç adımıdır. Bu adımdan sonra belirli

periyodik sürelerle aydınlatma sisteminin bakım ve onarımı ile birlikte kontrolü yapılmalıdır. Çalışmada mevcut durumun bir yıl aralıklarla denetlenerek değerlendirilmesi ön görülmüştür. Bu durumda M1 evresinin süreci yinelenmelidir.

5.4 Eğitim Yapıları Aydınlatma Kılavuzu Önerisi

Çeşitli standart, yönetmelik ve kılavuz türü çalışmalarda okul yapılarının aydınlatma koşullarına yönelik bilgiler yer almakta, aydınlatma ölçütlerine ilişkin sayısal değerler ve kısa açıklamalar bulunmaktadır. Sayısal değerlerin dışında aydınlatma ile ilgili verilecek bilgi ve önerilerin tasarımcı ve kullanıcılar için daha açıklayıcı ve daha yararlı olacağı açıktır.

Tez kapsamında okullardaki sürdürülebilir aydınlatma yaklaşımının uygulanması işlemlerinde mekanların görsel konfor parametreleri ve ölçütlerine göre öneri bir kılavuz oluşturulmuştur. Çalışmada önerilen aydınlatma kılavuzunun genel amacı, bir okul binasındaki aydınlatma sisteminin oluşturulmasına yardımcı olmak, doğru aydınlatma tasarımlarının yaygınlaştırılmasını sağlamak, yapılan yanlış uygulamaların önlenerek, görsel konfor koşullarına sahip eğitim ortamlarının sağlanması olarak sıralanabilir.

Kılavuzun, okul mekanı örnekleri özelinde sunduğu bilgiler aracılığıyla eğitim yapıları aydınlatması konusunda tasarımcılardan kullanıcılara kadar tüm paydaşlara yön göstererek hizmet etmesi hedeflenmiştir.

Kılavuzda verilen aydınlatma koşulları ve açıklayıcı bilgilerin daha kolay anlaşılabilmesi için Çizelge 5.8’de sunulan Ne-Neden-Nasıl soru kalıpları oluşturulmuştur.

Çizelge 5. 8 Aydınlatma tasarım önerilerine yönelik genel bilgiler (Ne-Neden-Nasıl)

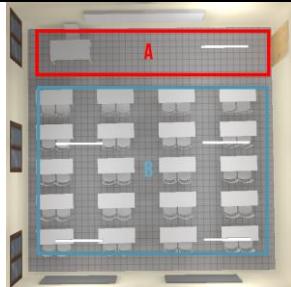
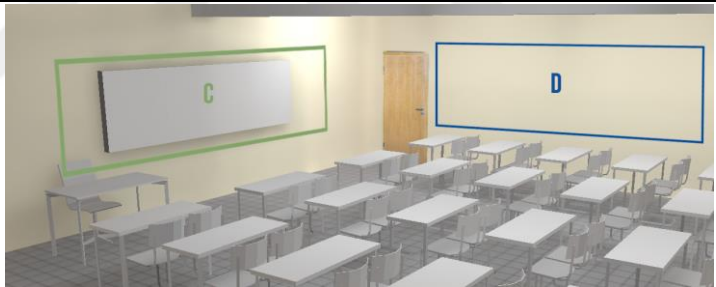
Ne (nedir)	Neden (gerekli)	Nasıl (olmalı)	
		Doğal Aydınlatma	Yapay Aydınlatma
Aydınlık düzeyi (E)	•Görsel konfor •Görsel performans •Eğitim performansı •Enerji tüketimi	•Pencereler doğal aydınlatmadan maksimum şekilde yararlanacak şekilde yönlendirilmeli •Mekana giren günışığını engelleyecek dış engellerden kaçınılmalı •Uygun güneş kontrol elemanları kullanılmalı •İç yüzeylerin yansıtma çarpanları uygun değerlerde seçilmeli	•Enerji tüketimi ve verim açısından en uygun ışık kaynağı seçilmeli •Geriverimi yüksek aygıtlar seçilmeli •İç yüzeylerin yansıtma çarpanları uygun değerlerde seçilmeli
Aydınlığın dağılımı (U_0)	•Görsel konfor •Eğitim performansı •Enerji tüketimi	•Pencere konumu ve boyutu mekana giren ışığın dağılımında önemli rol oynar. Mekanın işlevine ve tefriş yerleşimine uygun seçilmeli. •Tefriş-pencere ilişkisi aydınlık dağılımına uygun düzenlenmeli.	•Aygıt ışık dağılımı özellikleri (ışık yeğinlik diyagramı) işleve uygun seçilmeli •Tefriş-Aydınlatma düzeni ilişkisi işleve uygun tasarlanmalı
Kamaşma	•Görsel konfor •Eğitim performansı	•Pencereler silüet etkisi ve kamaşma yaratmaması için öğrencilerin arkasında olacak şekilde konumlandırılmamalı •Öğrencilerin yazdıklarını görebilmesi için ışık genellikle sol taraftan mekana alınmalı. •Dolaysız güneş ışığının mekana girmesi engellenmeli •Gerektiği durumlarda güneş kontrol elemanlarından faydalanılmalı	•Aygıtlar kamaşmaya neden olmaması için bakış yönü göz önüne alacak şekilde konumlandırılmalı •Mekanlarda kullanılacak aygıtlar kamaşmaya neden olmayacak özellikte seçilmeli
Renksel Geriverim (R_a)	•Görsel konfor •Eğitim performansı •Renkleri ayırt edebilme	•Nesnelerin gerçek renginde algılanabilmesi için mekanlarda günışığından maksimum düzeyde faydalanılmalı	•Nesnelerin gerçek renginde algılanabilmesi için renksel geriverimi yüksek lambalar tercih edilmeli
Modelleme	•Görsel konfor •Görsel performans •Eğitim performansı	•Nesnelerin detaylarıyla algılanabilmesi için aydınlatmanın doğrultusuna dikkat edilmeli	•Aydınlatma biçimi, ışık yeğinlik eğirisine ve aygıt sayı ve konumuna dikkat edilmelidir

Aydınlatma kılavuzu önerisi Milli Eğitim Bakanlığına bağlı mevcut ve yeni yapılması planlanan okullarda bulunan farklı işleve sahip sekiz mekan özelinde (derslik, koridor, ofis, kütüphane, fen bilgisi laboratuvarı, bilgisayar laboratuvarı, görsel sanatlar dersliği ve çok amaçlı salon) hazırlanmış ve Çizelge 5.9-5.16’da sunulmuştur.

Tez yazarı tarafından oluşturulan aydınlatma kılavuz çizelgeleri hazırlanırken ilgili literatürdeki eğitim yapılarına ilişkin standart, yönetmelik, kılavuz vb. çeşitli kaynaklardan yararlanılmıştır.

Her kılavuz çizelgesinde mekan işlevi, kullanıcı ve mekanda gerçekleştirilen eylem türü ile aydınlatma alanları belirtilmiştir. Ayrıca, alanlardaki aydınlatma gereksinimlerine yönelik yapay ve doğal aydınlatma ölçütlerinin sayısal değeri ile yapay aydınlatma önerilerine yer verilmiştir. Kılavuzun notlar bölümünde ise aydınlatma tasarımına yönelik kısa bilgiler sunulmuştur.

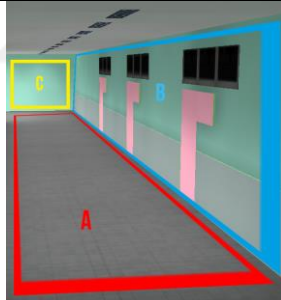
Çizelge 5. 9 Derslikler için aydınlatma kılavuz çizelgesi

Mekan türü: Derslik			
Kullanıcılar: Öğretmen-Öğrenci			
Mekandaki kullanıcılar ve eylemler			
Öğretmen	Öğrenci		
Tahtaya yazma	Tahtadan okuma		
Öğrencilere ders anlatma	Öğretmeni dinleme		
Ekrandan sunum yapma	Ekranı bakma		
Öğrenci çalışmalarını inceleme	Yazma, okuma, çizme		
Aydınlatma alanları			
			
A: Tahta önü; öğretmen-öğrenci çalışma alanı B: Sıra alanı; öğrenci çalışma alanı	C: Tahta (düşey düzlem); öğretmen-öğrenci çalışma alanı D: Duvar-pano alanı		
Alanlardaki aydınlatma gereksinimleri			
A: Yatay aydınlık düzeyi (sıra düzlemi), silindirselsel aydınlık düzeyi, kamaşma, aydınlığın dağılımı, renksel geriverim, kamaşma	B: Yatay aydınlık düzeyi, aydınlığın dağılımı, renksel geriverim, kamaşma	C: Düşey aydınlık düzeyi (tahta düzlemi), silindirselsel aydınlık düzeyi, aydınlığın dağılımı, renksel geriverim, kamaşma, ışıklılık-kontrast (karşıtlık)	D: Düşey aydınlık düzeyi, aydınlığın dağılımı, renksel geriverim, kamaşma, ışıklılık-kontrast (karşıtlık)
Yapay aydınlatma ölçütleri			
Ortalama aydınlık düzeyi (E_m , lux)	Aydınlığın dağılımı (U_0)	Kamaşma (UGR)	Renksel Geriverim (R_a)
$\geq$ Yatay 300 (sıra alanı)	$\geq 0,6$	≤ 19	≥ 80
$\geq$ Düşey 500 (tahta)	$\geq 0,7$		
$\geq$ Silindirselsel 150 (yüz)	$\geq 0,1$		

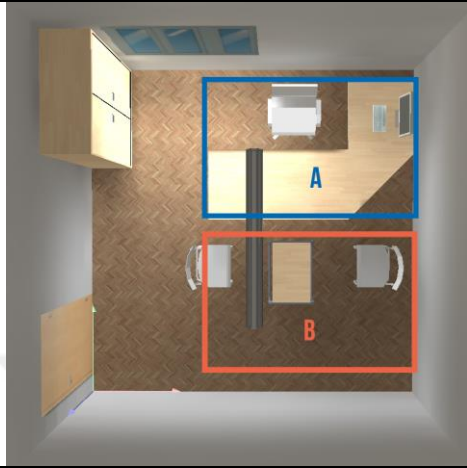
Çizelge 5.9 Derslikler için aydınlatma kılavuz çizelgesi (devamı)

Doğal aydınlatma ölçütleri			
Günlü ışık çarpanı	Günlü ışık dağılımı	Saydamlık oranı	Günlü ışık otonomisi
$\geq \%2$	$\geq 0,3$	$\geq \%20 - \leq \%50$	$\geq \%50$
Yapay aydınlatma önerileri			
Aydınlatma biçimi	Aygıt türü	Renk sıcaklığı	Enerji tüketimi
Dolaysız Yarı dolaysız	Paletli Opal yayılcı	3300 K 4000 K	$\leq 8 \text{ kWh/m}^2$
Notlar			
- Aydınlatma düzeninde loşlaştırılabilir aygıtlar kullanılabilir. Bu şekilde farklı senaryolara göre istenilen aydınlık düzeyleri sağlanabilir. - Günlü ışığa duyarlı kontrol sistemlerinin kurulması görsel konfor ve enerji tüketiminin azaltılması açısından olumlu etki sağlayacaktır. - Öğretmenlerin mimik ve dudak hareketlerinin görülmesini engelleyecek sert gölgelerin oluşması engellenmelidir. - İç yüzeylerin ışık yansıtma çarpanları uygun değerlerde seçilmelidir (Döşeme:0,20-0,40; duvar:0,50-0,80, tavan:0,70-0,90).			

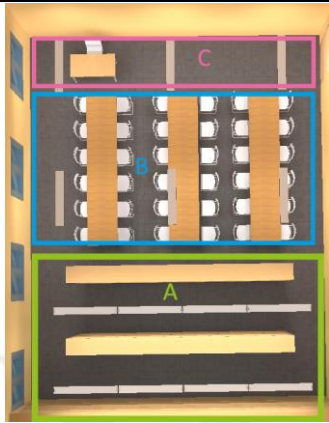
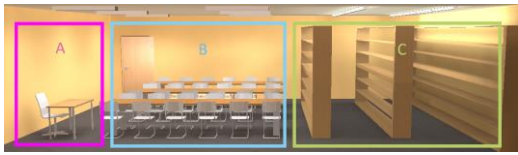
Çizelge 5. 10 Koridor için aydınlatma kılavuz çizelgesi

Mekan türü: Koridor			
Kullanıcılar: Tüm kullanıcılar			
Mekandaki göz önünde bulundurulması gereken eylemler			
Mekanlar arası dolaşım, mekanlara ulaşım, duyuru alanları			
Aydınlatma alanları			
	A: Dolaşım alanı (zemin seviyesi)		
	B: Pano alanı ve derslik giriş alanı		
	C: Kullanıcı karşılaşıma alanı		
Alanlardaki Aydınlatma Gereksinimleri			
A: Yatay aydınlık düzeyi (zemin seviyesi), kamaşma, aydınlığın dağılımı, renksel geriverim		B: Düşey aydınlık düzeyi, aydınlığın dağılımı, ışıklılık-kontrast (karşıtlık)	
		C: Silindirel aydınlık düzeyi, renksel geriverim, kamaşma, ışıklılık-kontrast (karşıtlık)	
Yapay aydınlatma ölçütleri			
Aydınlık düzeyi (E_m; lux)	Aydınlığın dağılımı (U_0)	Kamaşma (UGR)	Renksel Geriverim (R_a)
$\geq$ Yatay 100 (zemin)	$\geq 0,4$	≤ 25	≥ 80
Doğal aydınlatma ölçütleri			
Günlü ışık çarpanı	Günlü ışık dağılımı	Saydamlık oranı	Günlü ışık otonomisi
$\geq \%1$	$\geq 0,2$	$\geq \%10$	$\geq \%10$
Yapay aydınlatma önerileri			
Aydınlatma biçimi	Aygıt türü	Renk sıcaklığı	Enerji tüketimi
Dolaysız	Paletli	3300 K	$\leq 10 \text{ kWh/m}^2$
Yayınık	Opal yayılcı	4000 K	
Notlar			
•Varlık sensörlü ve günlük ışığa duyarlı vb. kontrol sistemlerinin kullanımı enerji tüketiminin azaltılması açısından olumlu etki sağlayacaktır.			

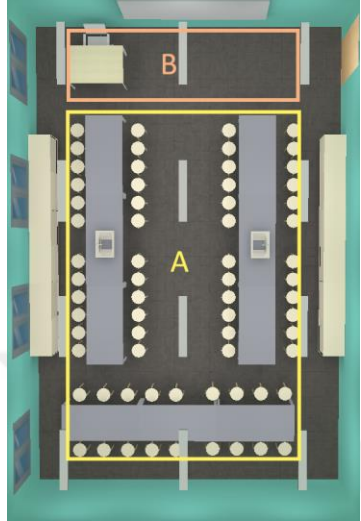
Çizelge 5. 11 Ofis için aydınlatma kılavuz çizelgesi

Mekan türü: Ofis			
Kullanıcılar: İdare			
Mekandaki göz önünde bulundurulması gereken eylemler			
Genel ofis çalışma alanı, yazma, okuma, bilgisayar ortamında çalışma.			
Aydınlatma alanları			
		A: Çalışma alanı	
		B: Genel kullanım alanı	
Alanlardaki Aydınlatma Gereksinimleri			
A: Yatay aydınlık düzeyi, kamaşma, aydınlığın dağılımı, renksel geriverim		B: Yatay aydınlık düzeyi, aydınlığın dağılımı, kamaşma, renksel geriverim	
Yapay aydınlatma ölçütleri			
Aydınlık düzeyi (E _m ; lux)	Aydınlığın dağılımı (U ₀)	Kamaşma (UGR)	Renksel Geriverim (R _a)
≥ Düşey 150	≥ 0,1	≤ 19	≥ 80
≥ Yatay 300	≥ 0,6		
Doğal aydınlatma ölçütleri			
Günişliği çarpanı	Günişliği dağılımı	Saydamlık oranı	Günişliği otonomisi
≥ %2	≥ 0,3	≥%20 - ≤%50	≥ %30
Yapay aydınlatma önerileri			
Aydınlatma biçimi	Aygıt türü	Renk sıcaklığı	Enerji tüketimi
Yarı dolaysız Yayınık	Paetli Opal yayıncılı	3300 K 5300 K	≤ 10 kWh/m ²
Notlar			
•Aygıtlar çalışma alanlarına uygun olarak konumlandırılmalı. •İstenen durumlarda bölgesel aydınlatma kullanılabilir. •Tefriş düzeni bilgisayar ekranındaki istenmeyen kamaşmaları önlemeye yönelik düşünülmeli.			

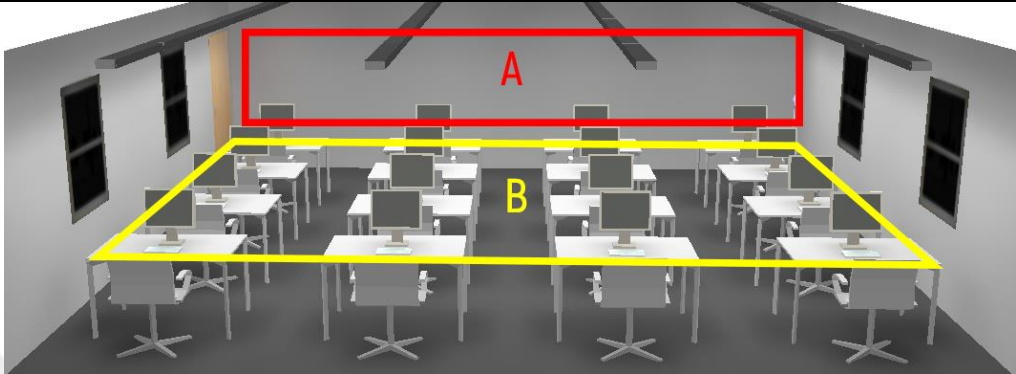
Çizelge 5. 12 Kütüphane için aydınlatma kılavuz çizelgesi

Mekan türü: Kütüphane			
Kullanıcılar: Öğrenci, öğretmen			
Mekândaki göz önünde bulundurulması gereken eylemler			
Okuma, yazma, çalışma.			
Aydınlatma alanları			
			A: Kitap (raf) alanı
			B: Çalışma - Okuma alanı
			C: Genel kullanım alanı
Alanlardaki Aydınlatma Gereksinimleri			
A: Düşey aydınlık düzeyi, aydınlığın dağılımı, kamaşma, renksel geriverim		B: Yatay aydınlık düzeyi, aydınlığın dağılımı, kamaşma, renksel geriverim	
		C: Yatay aydınlık düzeyi, aydınlığın dağılımı, kamaşma.	
Yapay aydınlatma ölçütleri			
Aydınlık düzeyi (E_m; lux)	Aydınlığın dağılımı (U_0)	Kamaşma (UGR)	Renksel Geriverim (R_a)
$\geq$ Düşey 150	$\geq 0,1$	≤ 19	≥ 80
$\geq$ Yatay 500 (okuma alanı)	$\geq 0,6$		
$\geq$ Yatay 200 (kitap rafları)	$\geq 0,6$		
Doğal aydınlatma ölçütleri			
Günişliği çarpanı	Günişliği dağılımı	Saydamlık oranı	Günişliği otonomisi
$\geq$ Min. %2	$\geq 0,3$	$\geq \%20$	$\geq \%30$
Yapay aydınlatma önerileri			
Aydınlatma biçimi	Aygıt türü	Renk sıcaklığı	Enerji tüketimi
Dolaysız	Paletli	3300 K	$\leq 8 \text{ kWh/m}^2$
Yayınık	Opal yayıncılı	5300 K	
Notlar			
•Aydınlatma aygıtları tefriş düzenine uygun olarak yerleştirilmelidir. •Okuma alanlarında rahatsız edici kamaşmalardan kaçınılmalıdır. •Raf bölmeleri uygun ışık yeğinlik dağılımına sahip aygıtlarla aydınlatılmalıdır (Asimetrik-Simetrik ışık yeğinliğine sahip).			

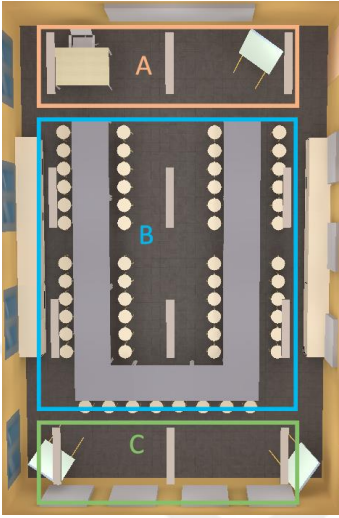
Çizelge 5. 13 Fen laboratuvarı için aydınlatma kılavuz çizelgesi

Mekan türü: Fen Laboratuvarı			
Kullanıcılar: Öğretmen, öğrenci			
Mekandaki göz önünde bulundurulması gereken eylemler			
Çalışma alanı, deney alanı			
Aydınlatma alanları			
		A: Çalışma alanı- Deney alanı	
		B: Öğretmen anlatım alanı	
		C: Tahta alanı	
		D: Duvar-pano alanı	
Alanlardaki Aydınlatma Gereksinimleri			
A: Yatay aydınlık düzeyi, kamaşma, aydınlığın dağılımı, renksel geriverim		B: Yatay aydınlık düzeyi, Yarı silindrsel aydınlık düzeyi, aydınlığın dağılımı, kamaşma, renksel geriverim	
		C: Düşey aydınlık düzeyi, aydınlığın dağılımı, kamaşma, renksel geriverim, kontrast.	
		D: Düşey aydınlık düzeyi, aydınlığın dağılımı, kamaşma, renksel geriverim, kontrast.	
Yapay aydınlatma ölçütleri			
Aydınlık düzeyi (E_m; lux)	Aydınlığın dağılımı (U_0)	Kamaşma (UGR)	Renksel Geriverim (R_a)
$\geq$ Düşey 500 (Tahta alanı)	$\geq 0,7$	≤ 19	≥ 80
$\geq$ Düşey 150 (Pano alanı)	$\geq 0,5$		
$\geq$ Yatay 500 (Çalışma-deney alanı)	$\geq 0,6$		
Doğal aydınlatma ölçütleri			
Günişliği çarpanı	Günişliği dağılımı	Saydamlık oranı	Günişliği otonomisi
$\geq \%1$	$\geq 0,2$	$\geq \%10$	$\geq \%20$
Yapay aydınlatma önerileri			
Aydınlatma biçimi	Aygıt türü	Renk sıcaklığı	Enerji tüketimi
Dolaysız Yayınık	Paetli Opal yayıcılı	4000 K 5300 K	$\leq 8 \text{ kWh/m}^2$
Notlar			
•Çalışma alanlarına uygun bölgesel aydınlatma kurgulanmalıdır.			
•Deney-çalışma alanlarındaki aydınlık düzeyi normal alanlardan daha fazla olabilir.			

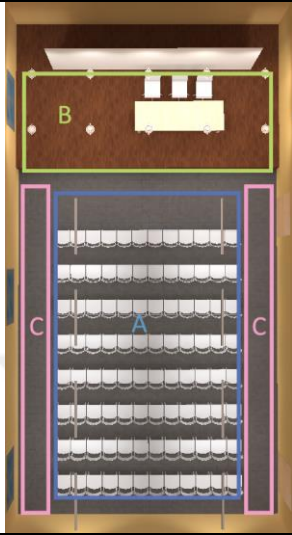
Çizelge 5. 14 Bilgisayar laboratuvarı için aydınlatma kılavuz çizelgesi

Mekan türü: Bilgisayar laboratuvarı			
Kullanıcılar: Öğretmen, öğrenci			
Mekandaki göz önünde bulundurulması gereken eylemler			
Bilgisayar ortamında yazma, okuma, multimedya-sunum izleme			
Aydınlatma alanları			
			
A: Ekran-Tahta-Sunu alanı		B: Çalışma alanı	
Alanlardaki Aydınlatma Gereksinimleri			
A: Düşey aydınlık düzeyi, kamaşma, aydınlığın dağılımı, renksel geriverim		B: Yatay aydınlık düzeyi, aydınlığın dağılımı, kamaşma, renksel geriverim	
Yapay aydınlatma ölçütleri			
Aydınlık düzeyi (E_m; lux)	Aydınlığın dağılımı (U_0)	Kamaşma (UGR)	Renksel Geriverim (R_a)
$\geq$ Düşey 500 (ekran)	$\geq 0,6$	≤ 20	≥ 80
$\geq$ Yatay 300 (sıra alanı)	$\geq 0,6$		
Doğal aydınlatma ölçütleri			
Günişliği çarpanı	Günişliği dağılımı	Saydamlık oranı	Günişliği otonomisi
$\geq \%1$	$\geq 0,2$	$\geq \%10$	-
Yapay aydınlatma önerileri			
Aydınlatma biçimi	Aygıt türü	Renk sıcaklığı	Enerji tüketimi
Dolaysız Yayınık	Paletli Opal yayıclı	3300 K 5300 K	$\leq 10 \text{ kWh/m}^2$
Notlar			
- Bilgisayar ekranında istenmeyen kamaşmaların engellenmesi için tefriş düzeni ve pencere ilişkisi düşünülmelidir. - İhtiyaca verecek şekilde loşlaştırılabilir aydınlatma kontrol sistemleri seçilmelidir. - Farklı senaryolara uygun olarak bölgesel aydınlatmadan yararlanılabilir. - Sunum yapılacak perde alanı ve etrafındaki bakış alanının ışıklılık değerleri kontrol edilmeli, yüzey renkleri buna göre seçilmelidir.			

Çizelge 5. 15 Görsel sanatlar dersliği için aydınlatma kılavuz çizelgesi

Mekan türü: Görsel sanatlar dersliği			
Kullanıcılar: Öğrenci, öğretmen.			
Mekandaki göz önünde bulundurulması gereken eylemler			
Çizim yapma, boyama, okuma, yazma, sunum.			
Aydınlatma alanları			
			A: Tahta alanı
			B: Çalışma alanı
			C: Pano-sergi alanı
Alanlardaki Aydınlatma Gereksinimleri			
A: Yatay aydınlık düzeyi, kamaşma, aydınlığın dağılımı, renksel geriverim	B: Düşey aydınlık düzeyi, aydınlığın dağılımı, kamaşma, renksel geriverim	C: Düşey aydınlık düzeyi, aydınlığın dağılımı, kamaşma, renksel geriverim	
Yapay aydınlatma ölçütleri			
Aydınlık düzeyi (E_m; lux)	Aydınlığın dağılımı (U_0)	Kamaşma (UGR)	Renksel Geriverim (R_a)
$\geq$ Düşey 500 (Pano alanı)	$\geq 0,6$	≤ 19	≥ 80
$\geq$ Yatay 750 (Çalışma alanı)	$\geq 0,6$		
Doğal aydınlatma ölçütleri			
Günişliği çarpanı	Günişliği dağılımı	Saydamlık oranı	Günişliği otonomisi
$\geq \%2$	$\geq 0,3$	$\geq \%20$	$\geq \%40$
Yapay aydınlatma önerileri			
Aydınlatma biçimi	Aygıt türü	Renk sıcaklığı	Enerji tüketimi
Dolaysız Yayınık	Paletli Opal yayıncılı	≥ 5300	$\leq 8 \text{ kWh/m}^2$
Notlar			
•Renksel geriverimi yüksek ışık kaynakları seçilmeli. •Derslikte yer alacak sergi düzeni için bölgesel aydınlatma kurgulanabilir. •Sunum, sergi vb. eylemlere uygun loşlaştırılabilir aydınlatma senaryoları oluşturulabilir.			

Çizelge 5. 16 Çok amaçlı salon için aydınlatma kılavuz çizelgesi

Mekan türü: Çok amaçlı salon			
Kullanıcılar: Öğrenci, öğretmen, ilgili personel			
Mekandaki göz önünde bulundurulması gereken eylemler			
Performans gösterimi, izleme, sunum			
Aydınlatma alanları			
		A: Seyirci alanı	
		B: Sahne alanı (yatay)	
		C: Sirkülasyon alanı	
		D: Sahne (düşey)	
Alanlardaki Aydınlatma Gereksinimleri			
A: Yatay aydınlık düzeyi, kamaşma, aydınlığın dağılımı, renksel geriverim	B: Yatay aydınlık düzeyi, silindirselsel aydınlık, aydınlığın dağılımı, kamaşma, renksel geriverim,	C: Yatay aydınlık düzeyi, aydınlığın dağılımı, kamaşma	D: Düşey aydınlık düzeyi, Silindirselsel aydınlık düzeyi, aydınlığın dağılımı, kamaşma, renksel geriverim, ışıklılık-kontrast, modelleme
Yapay aydınlatma ölçütleri			
Aydınlık düzeyi (E_m; lux)	Aydınlığın dağılımı (U_0)	Kamaşma (UGR)	Renksel Geriverim (R_a)
$\geq$ Yatay 500	0,6	≤ 19	80
$\geq$ Silindirselsel 150	0,1		
$\geq$ Düşey 250	0,6		
Doğal aydınlatma ölçütleri			
Günişliği çarpanı	Günişliği dağılımı	Saydamlık oranı	Günişliği otonomisi
$\geq \%1$	$\geq 0,2$	$\geq \%10$	-
Yapay aydınlatma önerileri			
Aydınlatma biçimi	Aygıt türü	Renk sıcaklığı	Enerji tüketimi
Dolaysız	Paetli	3300 K	≤ 12
Yayınık	Opal yayıncılı	5300 K	kWh/m ²
Notlar			
•Özellikle sahne aydınlatmasına uygun aydınlatma aygıtları seçilmelidir. •Mekanın işlevi gereği çeşitli senaryolara uygun dinamik, loşlaştırabilir aydınlatma düzenleri kurgulanabilir. •Sirkülasyon alanlarında acil durum aydınlatmaları düşünülmelidir. •Perde ve sahne aydınlatmasında modelleme değerleri göz önünde tutulmalıdır.			

5.5 Yaklaşımın mevcut bir okul binasında uygulanması

Bu bölümün amacı, tez kapsamında tasarımcılara ve kullanıcılara yol göstermeye yönelik olarak “eğitim yapılarında sürdürülebilir aydınlatma tasarımı için geliştirilen bütüncül yaklaşım”ın mevcut bir okula uygulanarak, önerilen yaklaşımın uygulanabilirliğini ortaya koymaktır.

Belirtilen amaç doğrultusunda Adana ilinde yer alan Milli Eğitim Bakanlığı’na bağlı Ramazanoğlu Ortaokulu seçilmiştir. Okulun özellikleri ve yaklaşımın uygulanmasına ilişkin bilgiler aşağıdaki bölümlerde verilmiştir.

5.5.1 Okul özellikleri

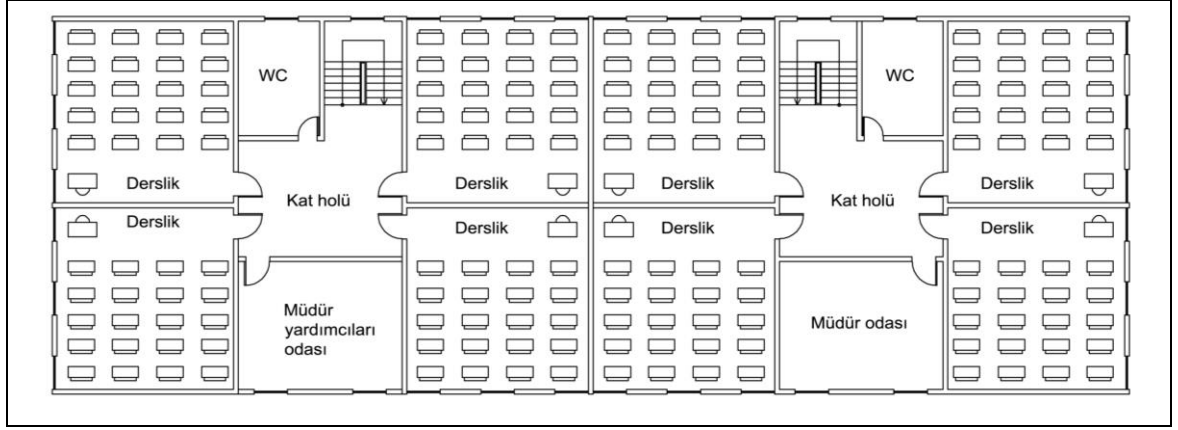
Ramazanoğlu Ortaokulu’nda 19 derslik, 5 idari mekan, 1 çok amaçlı salon, 1 bilgisayar laboratuvarı, 1 fen laboratuvarı, 1 öğretmen odası, ıslak hacimler ve servis için kullanılan diğer mekanlardan oluşmaktadır. Okula ait genel bilgiler Çizelge 5.17’de, plan ve görselleri Şekil 5.4 ve 5.5’te sunulmuştur.

Çizelge 5. 17 Ramazanoğlu Ortaokulu (RO) genel özellikleri

Okulun		
Adı	Ramazanoğlu Ortaokulu	
Yapım yılı	1993	
Öğretim şekli	İkili öğretim 07.00-12.40, 12.50-18.30	
Derslik sayısı	19	
Kat sayısı	3 kat	
Öğrenci sayısı	1081	
Yönlenme durumu	Kuzeydoğu-Güneybatı aksı	
Dış Yapay/Doğal Engeller	Yok	
Konumu	Şehir içi	



Şekil 5. 4 Ramazanoğlu Ortaokulu (RO)



Şekil 5.5 Ramazanoğlu Ortaokulu (RO) normal kat planı

5.5.2 Yaklaşımın Uygulanması

Mevcut eğitim yapıları için Bölüm 5.3.2’de verilen yaklaşım, Değerlendirme (M1), Ön tasarım (M2), Proje (M3), Uygulama (M4) ve Kullanım (M5) olmak üzere beş evre ve bu evrelerdeki alt adımlardan oluşturulmuştur. Yaklaşımın uygulanmasına yönelik Ramazanoğlu Ortaokulu’ndaki alan çalışmasının kapsamı;

- Bütüncüllük 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 değerlendirilmiş, bir derslik mekanı için iyileştirmeye yönelik ön tasarım seçenekleri oluşturulmuş ve bu seçeneklerden en uygun olanı belirlenmiştir.

Mevcut durum değerlendirme (M1) ve Ön tasarım (M2) evreleri ile alt adımlarına ilişkin gerçekleştirilen çalışmalar aşağıdaki bölümlerde sunulmuştur.

5.5.2.1 M1-Değerlendirme Evresi

Ramazanoğlu Ortaokulu'nun mevcut aydınlatma koşullarını belirleme evresi 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).

M1-A Aydınlatma durum belirleme yöntem seçimi

Mevcut ortaokul binasında aydınlatma sistemlerinin durumunun değerlendirilebilmesi için Bölüm 5.3.2.1'de verilen kullanım sonrası değerlendirmeye yönelik gözlem, mülakat ve benzetim yöntemlerinin her üçünün de kullanılmasına karar verilmiştir. Söz konusu yöntemlerde rol alacak paydaşlar **uzman** (mimar), **kullanıcı** (idari personel, öğretmen ve öğrenci) olarak iki başlık altında toplanmıştır (Çizelge 5.18).

Çizelge 5. 18 Aydınlatma sistemi durum belirleme işlemi

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, Velux aydınlatma programları (Mimar)

M1-A2 Aydınlatma Durum Belirleme Yöntemlerinin Uygulanması

Alan çalışmasında ele alınan on mekanın aydınlatma durumunun belirlenmesi işlemlerinde Bölüm 5.3.2.1'de açıklanan gözlem ve mülakat yöntemleri için geliştirilen ve EK A, EK B, EK C ve EK D'de sunulan, “uzman aydınlatma gözlem formu (UAG), kullanıcı aydınlatma gözlem formu (KAG), kullanıcı aydınlatma gözlem anketi (KAA) ve kullanıcı mülakat formu (KAM)” kullanılmıştır.

Uzman aydınlatma gözlem yöntemi için oluşturulan formun (UAG) uygulanması tez yazarı tarafından gerçekleştirilmiştir. Kullanıcılar için hazırlanan gözlem formları (KAG) Ramazanoğlu Ortaokulu’nda dersliklerde görevli altı ve yönetimde görevli iki öğretmen olmak üzere sekiz öğretmen tarafından doldurulmuştur. Öğrenci anket formları (KAA) ise farklı derslik ve mekanlarda bulunan toplam 140 öğrenciye uzman tarafından uygulanmıştır. Kullanıcı aydınlatma mülakat formu (KAM) okul idaresinde görevli iki öğretmene yöneltilen sorular yardımıyla tez yazarı (uzman) tarafından doldurulmuştur. Benzetim yöntemi için yine tez yazarı tarafından Dialux 4.13 aydınlatma programı aracılığıyla mekanların doğal ve yapay aydınlık düzeyleri hesaplanmıştır.

M1-A3 Elde edilen bilgilerin değerlendirilmesi

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

• Uzman - Gözlem sonuçları ve değerlendirme (UAG):

Tez yazarı tarafından (uzman) okuldaki mekanların doğal ve yapay aydınlatma sistemleri ile mekan özelliklerine ait bilgiler “uzman aydınlatma gözlem formları (UAG)” ile toplanmıştır. Uzman tarafından doğal ve yapay aydınlatma sistemleri ile iç yüzey ve donatı özelliklerine ilişkin yapılan belirlemeler Çizelge 5.19-5.21’de 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 dizgesine göre saptanmıştır. İç yüzeylerin ışık yansıtma çarpanları ise Munsell Renk Dizgesi’nin değer bileşeni bağlamında belirlenmiştir [159], [160].

Çizelge 5. 19 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

Çizelge 5. 19 Mevcut doğal aydınlatma düzeni özellikleri (devamı)

Mekan ismi	Yön	Pencere adedi/boyutu (m)	Pencere yönü-konumu	Bakım durumu	Gölgeleme elemanı
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 5. 20 Mevcut yapay aydınlatma düzeni özellikleri

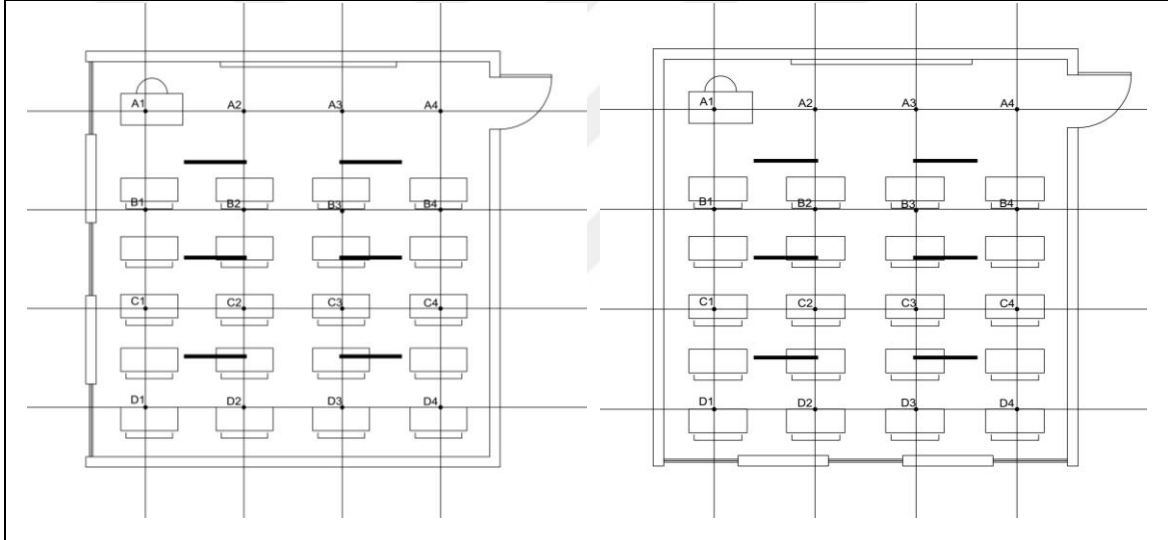
Mekan ismi	Lamba türü	Aygıt türü	Aygıt konumu	Lamba sayısı/çalışan lamba sayısı	Bakım durumu	Kontrol durumu
GB derslik	36W-765 Doğrusal Flüoresan	Açık aygıt	Bakış yönüne dik	12/12	Bakımsız	Manuel
GD derslik	36W-765 Doğrusal Flüoresan	Açık aygıt	Bakış yönüne dik	12/10	Bakımsız	Manuel
KB derslik	36W-765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

Çizelge 5. 21 Mekan yüzey ve donatılarının Munsell Renk Dizgesi'ne göre renkleri ve ışık yansıtma çarpanları

	İç yüzey renkleri (Tür/Değer/Doymuşluk) / Yansıtma çarpanları (r; %)				
Mekan ismi	Döşeme	Duvar 1	Duvar 2	Tavan	Tefriş
GB derslik					
	7,5Y 5/0,5 20	10YR 6/2 30	5Y 6/1 30	2,5Y 8/0,5 59	2,5Y 8/1 59
GD derslik					
	7,5Y 5/0,5 20	10YR 6/2 30	5Y 6/1 30	2,5Y 8/0,5 59	2,5Y 8/1 59
KB derslik					
	7,5Y 5/0,5 20	10YR 6/2 30	5Y 6/1 30	2,5Y 8/0,5 59	2,5Y 8/1 59
KD derslik					
	7,5Y 5/0,5 20	10YR 6/2 30	5Y 6/1 30	2,5Y 8/0,5 59	2,5Y 8/1 59
GB Bilg. Lab.			-		
	7,5Y 5/0,5 20	5GY 8/0,5 59	-	2,5GY 7/0,5 43	7,5YR 5/2 20
GD ÇAS			-		-
	7,5Y 5/0,5 20	2,5Y 8/2 59	-	7,5YR 6/1 51	-
KB Ofis			-		
	7,5Y 5/0,5 20	5Y 7/0,5 43	-	N 8/0 59	7,5YR 4/2 12
Koridor					-
	7,5Y 5/0,5 20	5Y 7/2 43	10Y 6/2 30	2,5Y 7/0,5 43	-
Merdiven					-
	10YR 8/2 59	10R 7,5/2 51	7,5YR 7/2 43	2,5Y 6/0,5 30	-
Kat holü			-		-
	10YR 8/2 59	2,5Y 8/2 59	-	2,5Y 7/0,5 43	-

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

Ramazanoğlu Ortaokulu'ndaki doğal ve bütünselik (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 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. Diğer mekanlarda da yine standartlarda belirtilen aralıklar dikkate alınarak ölçme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Ölçmeler Extech HD450 marka aydınlık ölçer ile perdeler açık durumda gerçekleştirilmiştir. Dersliklerin aydınlatma düzeni şematik olarak Şekil 5.6'da örneklenmiştir.



Şekil 5. 6 Örnek dersliklere ait aydınlık düzeyi ölçüm noktaları, aygıt ve pencere konumları

TS EN 12464-1 standardında verilen olması gereken değerler ile doğal ve bütünselik (doğal ve yapay) aydınlık düzeyi ölçme sonuçları Çizelge 5.22'de verilmiştir.

Çizelge 5. 22 Aydınlik Düzeyi Ölçme Sonuçları (6 Aralık 2016, 12 Aralık 2017)

İlgili pavdas	Mekan ismi	Doğal aydınlatma				Bütünleşik aydınlatma			
		Yatay Aydınlık (E _h ; lux)	Düşey Aydınlık (E _v ; lux)	Yatay Aydınlığın dağılımı (U _h)	Düşey Aydınlığın dağılımı (U _v)	Yatay Aydınlık (E _h ; lux)	Düşey Aydınlık (E _v ; lux)	Yatay Aydınlığın dağılımı (U _h)	Düşey Aydınlığın 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	286	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 Bilg. 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 (Zemin)	35	-	0,12	-	62	-	0,19	-
	TS EN 12464-1	150	-	0,4	-	150	-	0,4	-
	Merdiven (Zemin)	140	-	0,25	-	173	-	0,31	-
	TS EN 12464-1	100	-	0,4	-	100	-	0,4	-
	Kat holü (Zemin)	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 lux) doğal aydınlatma ve bütünleşik 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.

- Aydınlığın 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 programından yararlanılmıştır. Uzman tarafından benzetim yöntemi için söz konusu program ile Ramazanoğlu Ortaokulu'ndaki on mekan modellenmiş, mevcut durum için yapay ve doğal aydınlatma koşulları ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Doğal aydınlatma koşulları

Doğal aydınlatma düzeni performansının gerçekçi bir biçimde saptanabilmesi gök koşullarının doğru belirlenmesine bağlıdır. Bu bağlamda, tez kapsamında Adana Meteoroloji 6. Bölge Müdürlüğü'nün 1956-2016 yılları arasındaki 60 yıllık verileri kullanılarak, Adana ili için saatlik gök model durumları (gök koşulları) Perez Berraklık İndisi yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır [161]. Hesap yöntemi için Şener ve Yener'in CIE standart gök modelleri üzerine yaptıkları çalışmadan yararlanılmıştır [13], [162].

Hesaplamalarda Güvenkaya'nın çalışması bağlamında ayların 15. günü karakteristik gün olarak kabul edilmiştir [163]. Ayların 15. günlerindeki 07-19 saatleri için hesaplanan "gök model durumları (gök koşulları)" Çizelge 5.23'te verilmiştir.

Çizelge 5. 23 Adana ili gök koşulları

Saat	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
7	*	Kapalı	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Açık	Açık	Ortalama	Ortalama	Kapalı	Kapalı	*
8	Kapalı	Kapalı	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Açık	Açık	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Kapalı	Kapalı
9	Kapalı	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Açık	Açık	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Kapalı
10	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Açık	Açık	Açık	Açık	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Kapalı
11	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Ortalama	Ortalama	Ortalama
12	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Ortalama	Ortalama
13	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Ortalama	Ortalama	Ortalama
14	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Açık	Ortalama	Ortalama	Ortalama
15	Kapalı	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Açık	Açık	Açık	Açık	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama
16	Kapalı	Kapalı	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Açık	Açık	Açık	Ortalama	Ortalama	Kapalı	Kapalı
17	Kapalı	Kapalı	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Açık	Açık	Ortalama	Ortalama	Kapalı	Kapalı	Kapalı
18	*	*	*	Ortalama	Ortalama	Açık	Açık	Ortalama	Ortalama	Kapalı	*	*
19	*	*	*	*	*	Açık	Açık	Ortalama	*	*	*	*

Tez çalışmasında eğitim dönemi içindeki Eylül, Aralık, Mart ve Haziran ayları ve bu ayların 15. günlerindeki 08, 12 ve 16 saatleri için gök koşulları Dialux aydınlatma

programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Belirtilen gün ve saatlerde Adana ili için gök model sonuçları Çizelge 5.24'te verilmiştir.

Çizelge 5. 24 Adana ili için ilgili hesap tarihlerindeki gök model sonuçları

Saat	15 Eylül	15 Aralık	15 Mart	15 Haziran
08:00	Ortalama gök	Kapalı gök	Kapalı gök	Ortalama gök
12:00	Ortalama gök	Ortalama gök	Ortalama gök	Açık gök
16:00	Ortalama gök	Kapalı gök	Ortalama gök	Ortalama gök

Doğal aydınlatma benzetim sonuçları, alan çalışmasında ele alınan Ramazanoğlu Ortaokulu'nun Kuzeydoğu (KD) dersliği için Çizelge 5.25'te örneklenmiştir.

Çizelge 5. 25 Kuzeydoğu dersliği doğal aydınlatma benzetim sonuçları

Tarih-Saat	Gök durumu	Yatay aydınlık (sıra) (E_h ; lux)	Yatay aydınlık dağılımı (sıra) (U_h)	Düşey aydınlık (tahta) (E_v ; lux)	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

Yapay aydınlatma koşulları

Ele alınan mekanların yapay aydınlatma koşulları uzman gözlem sonuçlarının yer aldığı Çizelge 5.19-5.21'deki bilgiler kullanılarak Dialux 4.13 programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Mevcut yapay aydınlatma benzetim sonuçları Kuzeydoğu (KD) dersliği için Çizelge 5.26'da sunulmuştur.

Çizelge 5. 26 Kuzeydoğu dersliği mevcut yapay aydınlatma benzetim sonuçları

	Yatay aydınlık (sıra) (E_h ; lux)	Yatay aydınlık dağılımı (sıra) (U_h)	Düşey aydınlık (tahta) (E_v ; lux)	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 sağlanamamıştır.

• **Öğretmen - Aydınlatma gözlem formu sonuçları ve değerlendirme (KAG):**

Öğretmen ve idari personelden doldurmaları istenen kullanıcı aydınlatma gözlem formlarındaki (KAG) 13 soruya verdikleri yanıtlar Çizelge 5.27’de sunulmuştur.

Çizelge 5. 27 Öğretmenler tarafından verilen cevaplar

No	Sorular	Mekanlar					
		GB derslik	GD derslik	KB derslik	KD derslik	GB Bilg. Lab.	KB Ofis
1	Lambalar kapalı olduğunda, günışığının öğrenci sıraları üzerinde oluşturduğu aydınlık yeterli mi?	Evet	Evet	Evet	Hayır	Evet	Hayır
2	Pencerelerden gelen güneş ışığı gözünüzü kamaştırıyor mu?	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Evet	Hayır
3	Pencereler temiz mi?	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Evet	Evet
4	Okul çevresinde günışığını engelleyen yapı var mı?	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
5	Okul çevresinde günışığını engelleyen ağaç, bitki vb. var mı?	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
6	Güneş ışığı kontrol elemanı var mı? Varsa türü	Perde	Perde	Perde	Perde	Perde	Perde
7	İç yüzeyler (duvar ve tavan renkleri) açık renkli mi?	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet
8	Lambalar açık olduğunda, öğrenci sıraları üzerinde oluşturduğu aydınlık yeterli mi?	Evet	Evet	Hayır	Hayır	Evet	Evet
9	Lambalar gözünüzü kamaştırıyor mu?	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Evet	Hayır
10	Derslikteki tüm lambalar çalışıyor mu?	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Evet
11	Derslikteki lambalar temiz mi?	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Evet	Evet
12	Lamba ve armatürler düzenli olarak temizleniyor mu?	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Evet
13	Aydınlatma kontrol elemanı var mı? Varsa türü	Elle kontrol	Elle kontrol	Elle kontrol	Elle kontrol	Elle kontrol	Elle kontrol

Aydınlatma gözlem formlarındaki bilgilere göre öğretmenler Güneybatı, Güneydoğu derslikleri ile Güneybatı bilgisayar laboratuvarında lambalar kapalı olduğunda, sıralar üzerindeki doğal aydınlığın yeterli, Kuzeydoğu ve Kuzeybatı derslikleri ile Kuzeybatı ofisinde ise doğal aydınlığın yetersiz olduğunu belirtmişlerdir. Öğretmenler lambalar açık olduğunda ise Kuzeydoğu (KD) dersliği dışındaki tüm mekanlarda bütünleşik

aydınlatmayı yeterli bulmuşlardır. Ayrıca, öğretmenlerin çoğu lambaların kamaşmaya neden olmadığını ama bakımsız olduğunu ve düzenli olarak bir bakım işleminin yapılmadığını söylemişlerdir.

•**Öğrenci - Aydınlatma gözlem anketi sonuçları ve değerlendirme (KAA):**

Öğrenci aydınlatma anket formlarında (KAA) genel olarak öğrencilerden derslikteki aydınlığın azlığı-çokluğu, sıralarda ve tahtada yansıma nedeniyle oluşan kamaşma, lambaların ve günışığının neden olduğu kamaşma ile onları derslikte aydınlatma açısından rahatsız eden durumları değerlendirilmeleri istenmiştir. Değerlendirme soruları 5'li Likert ölçeği ve 0,8 puan aralığı kullanılarak hesaplanmış olup Çizelge 5.28'de sunulmuştur.

Çizelge 5. 28 Öğrenci anket formlarının değerlendirilmesinde kullanılan puan aralıkları

Likert Ölçeği	Sorular (ölçekler)		Puan Aralıkları
	Aydınlık düzeyi ve dağılımı	Parlama ve Kamaşma	
1	Çok kötü	Hiç	1,00-1,79
2	Kötü	Az	1,80-2,59
3	Orta	Orta	2,60-3,39
4	İyi	Fazla	3,40-4,19
5	Çok iyi	Çok fazla	4,20-5,00

Öğrencilerin ankete verdiği cevapların ortalama sonuçları ise Çizelge 5.29-5.31'de verilmiştir.

Çizelge 5. 29 Öğrenci gözlem anket formu aydınlık düzeyi sonuçları

Mekan ismi	Doğal aydınlatma		Bütünleşik aydınlatma		Aydınlığın dağılımı
	Sıra üstündeki aydınlık	Tahta üstündeki aydınlık	Sıra üstündeki aydınlık	Tahta üstündeki aydınlık	
GB derslik	Çok iyi	İyi	Çok iyi	Çok iyi	İyi
GD derslik	Çok iyi	Orta	Çok iyi	Orta	Kötü
KB derslik	İyi	Kötü	İyi	Orta	İyi
KD derslik	Orta	Orta	İyi	Orta	İyi
GB Bilg. Lab.	İyi	İyi	Çok iyi	İyi	Orta

Çizelge 5. 30 Öğrenci gözlem anket formu kamaşma sonuçları

Mekan ismi	Doğal aydınlatma		Bütünleşik aydınlatma			Gölge
	Kamaşma	Tahta üstündeki Parlama	Tahta üstündeki Parlama	Sıra üstündeki Parlama	Kamaşma	
GB derslik	Orta	Az	Az	Az	Az	Az
GD derslik	Hiç	Fazla	Çok fazla	Fazla	Az	Fazla
KB derslik	Hiç	Orta	Orta	Orta	Az	Fazla
KD derslik	Orta	Fazla	Fazla	Az	Az	Orta
GB Bilg. Lab.	Orta	Orta	Fazla	Az	Orta	Orta

Çizelge 5. 31 Öğrenci gözlem anket formu rahatsızlık veren durumlar

Derslik	En çok rahatsızlık veren ilk üç durum		
	1.	2.	3.
GB derslik	Pencereden gelen ışık gözümü kamaştırıyor (%81)	Lambalar yandığında tahtada parlama oluyor (%61)	Lambadan gelen ışık gözümü kamaştırıyor (%45)
GD derslik	Pencereden gelen ışık tahtada parlama yapıyor (%88)	Lambalar yandığında tahtada parlama oluyor (%83)	Pencereden gelen ışık sırada parlama yapıyor (%50)
KB derslik	Lambalar yandığında tahtada parlama oluyor (%96)	Lambadan gelen ışık gözümü kamaştırıyor (%68)	Pencereden gelen ışık tahtada parlama yapıyor (%52)
KD derslik	Pencereden gelen ışık tahtada parlama yapıyor (%75)	Lambalar yandığında tahtada parlama oluyor (%72)	Pencereden gelen ışık gözümü kamaştırıyor (%50)
GB Bilg. Lab.	Lambalar yandığında tahtada parlama oluyor (%89)	Pencereden gelen ışık tahtada parlama yapıyor (%87)	Pencereden gelen ışık gözümü kamaştırıyor (%75)

Anket sonuçlarına göre, öğrenciler genel olarak sıra üzerindeki aydınlık düzeyinin yeterli, tahta üzerindeki aydınlığın ise yetersiz olarak değerlendirmişlerdir. Ayrıca, tüm dersliklerdeki öğrencilerin yaklaşık %82'si tahta üzerindeki yansılardan rahatsız olduklarını belirtmişlerdir.

Okuldaki mevcut aydınlatma koşullarının belirlenmesi için uzman ve kullanıcılar aracılığıyla gerçekleştirilen gözlem, mülakat ve benzetim yöntemlerinden elde edilen değerlendirme sonuçları birbirine paralellik göstermektedir. Örneğin, Güneydoğu cephede yer alan derslikte pencerelerin öğrencilerin arkasında yer alması durumu, ankette verilen yanıtlardaki pencereden gelen günışığının tahtada yansıma oluşturmaları sonucuyla birebir örtüşmektedir. Ayrıca, yine aynı derslikte günışığının öğrencilerin

arkasından gelmesi sıra üzerinde gölge oluşmasına neden olduğu da uzman gözlemi ve öğrenci anket sonuçlarında da ortaya çıkmaktadır.

Yukarıda verilen sonuç ve değerlendirmeler bu yöntemlerin tümünü veya birkaçını kullanarak aydınlatma koşullarını belirlemenin olanaklı olduğunu göstermektedir. Değişik yöntemlerle yapılan değerlendirme sonuçları ele alınan mekanlarda aydınlatma sistemlerinde iyileştirme yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

M1-A4 İyileştirme işlemi yapılmasına karar verilmesi

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.

5.5.2.2 M2 - Ön Tasarım Evresi

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 bütünleşik aydınlatma seçenekleri oluşturulmuş (M2-B1, M2-B2, M2-B3),
- Seçenekler Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi ile değerlendirilmiş (M2-B4) ve en uygun seçenek belirlenmiştir.

M2-A Aydınlatma sistemi iyileştirme kararları

Ramazanoğlu Ortaokulu'nun mevcut aydınlatma sistemlerinin değerlendirme sonuçlarına göre incelenen tüm mekanlarda iyileştirmeye yönelik yeni tasarımların yapılması gereklidir. Bu bağlamda, Bölüm 5.3.2.2'de belirtildiği üzere bölgesel ya da tüm mekanlarda iyileştirme işlemi gerçekleştirilebilir. Tez 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.

M2-B Aydınlatma seçeneklerinin oluşturulması

İyileştirme yapılacak Kuzeydoğu dersliğine ilişkin aydınlatma sistem seçenekleri oluşturulurken Bölüm 5.3.2.2'deki Çizelge 5.7'de yer alan önerilerden "kısa vadeli (<15 gün)" olanlara göre kurgulamalar yapılmıştır. Bu bağlamda, kısa vadeli iyileştirmeler için uygulanan işlemler Çizelge 5.32'de sunulmuştur.

Çizelge 5. 32 Kısa vadeli aydınlatma iyileştirme önerileri

		Kısa vadeli iyileştirmeler (<15 gün)		
		Doğal Aydınlatma	Yapay Aydınlatma	Mekan özellikleri
Görsel Konfor Ölçütleri	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 kullanımı	Enerji tüketimi (W/m^2)	-Pencerelerin bakımı, temizlenmesi	-Lamba ve aygıt bakımı ile temizlenmesi -Lamba değişimi (lm/W açısından)	

Seçenekler, sürdürülebilir aydınlatma açısından görsel konfor ve enerji kullanımı konularına yönelik ölçütler dikkate alınarak üretilmiştir. Üretilen seçenekler Dialux 4.13 programı ile modellenmiş ve gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

M2-B1 Doğal aydınlatma seçeneklerinin oluşturulması

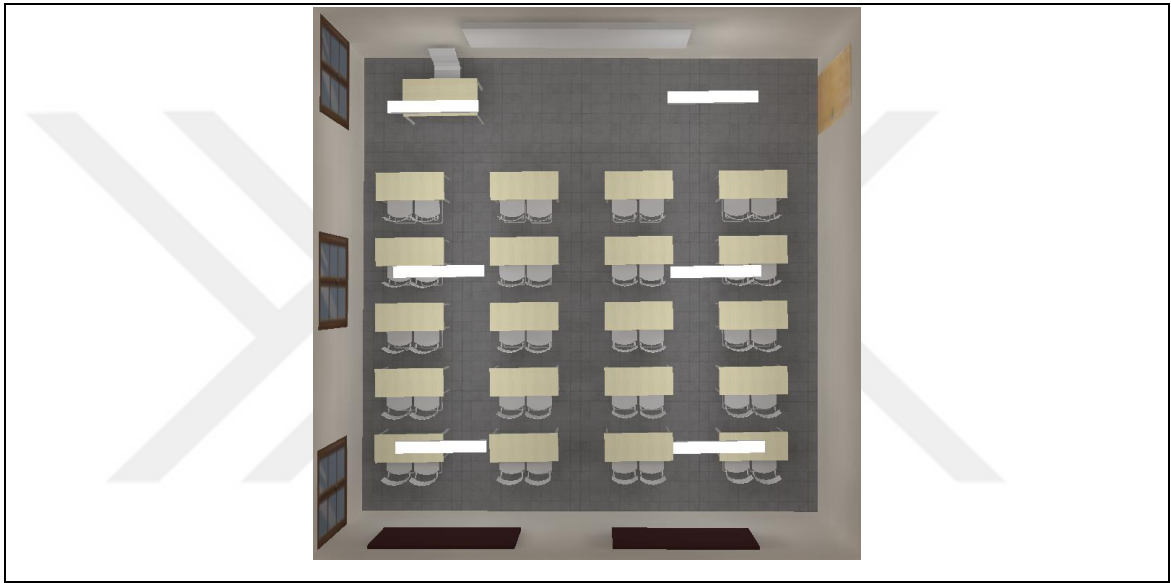
Kuzeydoğu dersliğinde doğal aydınlatma sisteminin kısa vadeli iyileştirilmesine yönelik olarak, pencere konumları ve boyutları değiştirilmeden;

- Derslik iç yüzeylerinin boyanarak ışık yansıtma çarpanı değerlerinin yükseltilmesi,
- Pencerelerin temizliğinin yapılarak camın ışık geçirme çarpanı ve sistem bakım çarpanının yükseltilmesi

işlemlerinin yer aldığı üç seçenek (D1, D2, D3) oluşturulmuştur. Doğal aydınlatma sistemi için dersliğin mevcut durumu ve oluşturulan iyileştirme seçenekleri Çizelge 5.33'te, tefriş durumu Şekil 5.4'te sunulmuştur.

Çizelge 5. 33 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 geçirime 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 5. 6 Kuzeydoğu dersliği tefriş düzeni

M2-B2 Yapay aydınlatma seçeneklerinin oluşturulması

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

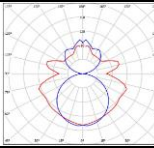
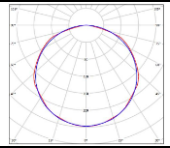
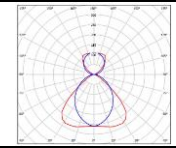
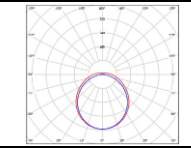
- Derslik iç yüzeylerinin boyanarak ışık yansıtma çarpanı değerlerinin yükseltilmesi,
- Yapay aydınlatma sistemi bakım çarpanının yükseltilmesi,
- Aygıt konum ve sayıları değiştirilmeden, lamba ve aygıtların ışıksal özelliklerinin yeniden düzenlenmesi

İşlemlerinin yer aldığı üç seçenek (Y1, Y2, Y3) oluşturulmuştur.

Söz konusu yapay aydınlatma seçeneklerinin ikisinde floüresan 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 5.34'te sunulmuştur.

Çizelge 5. 34 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 (R_a)	80	80	80	80
Aygıt türü	Çıplak	Yansıtıcı	Paletli	Opal yayıcı
Aygıt resmi				
Işık yeğinlik dağılımı/aydınlatma biçimi				
	Yarı dolaysız	Dolaysız	Yarı dolaysız	Dolaysız

M2-B3 Bütünleşik aydınlatma seçeneklerinin oluşturulması

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.

M2-B4 Seçeneklerin değerlendirilmesi ve uygun seçeneğe karar verilmesi

Bu adımdaki 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 iyileştirme seçeneklerinin görsel konfor ölçütleri (yatay ve dikey aydınlık düzeyi, yatay ve dikey aydınlığın dağılımı, kamaşma) ve enerji kullanımına (W/m^2) yönelik hesaplama sonuçları Çizelge 5.35'te verilmiştir.

Çizelge 5. 35 Bütünleşik aydınlatma seçeneklerine ilişkin sayısal sonuçlar

No	Seçenekler	Görsel konfor ölçütleri					Enerji (W/m2)
		E_h (lux)	U_h	E_v (lux)	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

Çalışmada ele alınan dersliğin aydınlatma sisteminin iyileştirilmesine yönelik olarak oluşturulan dokuz seçenek içinden en uygunun belirlenmesi için özellikleri Bölüm 5.3.2.1'de verilen ve Y2-C4 adımıda açıklanan "Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS)" yönteminden yararlanılmıştır.

AHS yöntemine göre seçeneklerin sıralanması işleminde;

- **Görsel konfor ölçütleri** (yatay aydınlık düzeyi (E_h), yatay aydınlığın dağılımı (U_h), dikey aydınlık düzeyi (E_v), dikey aydınlığın dağılımı (U_v) ve kamaşma (UGR)),
- **Enerji tüketimi** (W/m^2)

parametreleri dikkate alınmıştır. Söz konusu parametrelerin ikili karşılaştırma matrisi aracılığıyla hesaplanan göreceli önem dereceleri Çizelge 5.36’da sunulmuştur.

Çizelge 5. 36 Enerji kullanımı ve görsel konfor ölçütlerinin göreceli önem dereceleri

	Enerji (W/m ²)	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

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 5.37’de verilmiştir.

Çizelge 5. 37 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
Yatay dağılım (U_h)		Puan aralığı
0,1-0,3	Kötü	0,1
0,3-0,6	Orta	0,3
>0,6	İyi	0,6
Düşey aydınlık (E_v)		Puan aralığı
100-300	Kötü	0,1
300-500	Ortalama	0,3
500-700	İyi	0,6
Düşey dağılım (U_v)		Puan aralığı
0,1-0,4	Kötü	0,1
0,4-0,7	Orta	0,3
>0,7	İyi	0,6

Çizelge 5. 37 Sıralama parametrelerinin sınıfları ve puan aralıkları (devamı)

Parametreler	Sınıfı	Puan aralığı
Yatay aydınlık (E_h)		
Kamaşma (UGR)		Puan aralığı
>19	Kötü	0,3
<19	İyi	0,7
Enerji tüketimi (W/m^2)		Puan aralığı
>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 5.38’de sunulmuştur. Çizelge 5.38’deki 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 5. 38 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

5.6 Bölüm sonucu

Bu bölümde önce eğitim yapılarında sürdürülebilir aydınlatma tasarımı için oluşturulan bütüncül yaklaşımın amacı, yöntemi, kapsamı ve bölümleri ele alınmıştır. Yaklaşımın temel amacı aydınlatma konusuna bütüncül bir bakış sağlayarak, hem yeni tasarlanacak hem de mevcut okullar için yol gösterici bilgiler sunmaktır. Bu bağlamda

önce yeni ve mevcut okul binalarının aydınlatma düzeninin kurgulanmasındaki evreleri ve alt adımları ortaya koymayı hedefleyen iş akış şemaları ve özellikleri tanıtılmıştır. Sonra yeni tasarlanacak ve/ya da yenilenecek mevcut okul binaları için tasarımcı, uygulamacı ve kullanıcılara bilgiler sunan çeşitli standart, yönetmelik ve kılavuzlardan yararlanılarak oluşturulan “aydınlatma kılavuzu” önerileri sunulmuştur. Söz konusu kılavuzlar ülkemiz Milli Eğitim Bakanlığı’na bağlı okullarda yer alması gereken sekiz mekan özelinde hazırlanmıştır. Kılavuzlarda mekan işlevi, kullanıcılar, eylemler bağlamında aydınlatma tekniği bakımından göz önünde tutulması gereken çeşitli bilgiler ve sayısal değerler yer almaktadır. Böylece çalışma, hem yeni tasarlanacak ve mevcut okul binalarını hem de bir okulda bulunması öngörülen mekanların çoğunu ele alması nedeniyle bütüncül bir yaklaşım olarak nitelendirilebilmektedir. Oluşturulan iş akış şemaları ve aydınlatma kılavuz önerileri de bu nitelemeyi desteklemektedir.

Daha sonra tez kapsamında geliştirilen yaklaşımın mevcut yapılarla ilgili bölümü için Adana’da yer alan Ramazanoğlu Ortaokulu’nda gerçekleştirilen alan çalışması sunulmuştur. Alan çalışmasında ortaokuldaki on farklı mekanın mevcut aydınlatma durumu değerlendirilmiş, bir derslik mekanı özelinde koşulları iyileştirmeye yönelik tasarım önerileri/seçenekleri oluşturulmuş ve bu seçeneklerden en uygun olanı belirlenmiştir.

Tez çalışmasında, yaklaşımın mevcut okullar bölümünde mekanların aydınlatma durumlarının değerlendirilmesi amacıyla uzman ve kullanıcılar (öğretmen, öğrenci, idari personel) için formlar hazırlanmış ve kullanılmıştır. Ayrıca, mevcut durum değerlendirmesinin yapıldığı okul yapısının yer aldığı Adana iline ait 1956-2016 yılları arasındaki meteorolojik veriler kullanılarak gök koşulları belirlenmiş ve hesaplamalarda kullanılmıştır.

En uygun aydınlatma seçeneğinin belirlenmesi işlemlerinde ise “Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS)” yöntemleri kullanılmıştır. İkili karşılaştırma matrisiyle görece önem dereceleri belirlenen görsel konfor (yatay ve dikey aydınlık düzeyi, yatay ve dikey aydınlığın dağılımı, kamaşma) ve enerji tüketimi (W/m^2) parametreleri kullanılarak aydınlatma seçeneklerinin AHS puanlama yöntemi aracılığıyla sıralanması

gerçekleştirilmiş ve en yüksek puana sahip aydınlatma sisteminin seçim işlemi gerçekleştirilmiştir.

Ramazanoğlu Ortaokulu mekanlarında gerçekleştirilen değişik değerlendirme yöntemlerinin (gözlem, mülakat, benzetim) sonuçları birbirine benzerlik göstermiştir. Özellikle görüşmelerden ve anket formlarından elde edilen bulgular, aydınlatmanın öğrenci, öğretmen vb. kullanıcılar tarafından önemli bir konfor koşulu olarak değerlendirildiğini ve mekanlarda rahatsızlık veren pek çok durumun aydınlatma sisteminden kaynaklandığını ortaya koymuştur.

Alan çalışması ile tez kapsamında geliştirilen yaklaşımın uygulanabilirliği de kanıtlanmıştır. Günümüzde değişen ve gelişen teknolojik koşullar ve okul binalarının bunlara uyum sağlaması gerekliliği önerilen yaklaşım ve benzeri çalışmaya olan gereksinimi arttırmaktadır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Okul binalarının tasarımı, öğrenme ve öğretme eylemleri ile bu eylemlerden doğan verimlilikte önemli rol oynayan aydınlatma konusundan bağımsız olarak düşünülemez. Öğrencilerin akademik başarılarından, öğretmenlerin daha iyi bir ortamda eğitim sunmalarına kadar okuldaki eylemlerde aydınlatmanın doğrudan olumlu ya da olumsuz yönde etkisi söz konusudur. Okul binalarının sağladığı nitelikli mekanların bireylerin eğitilmesinin yanı sıra tüketilen enerjinin azaltılmasıyla beraber çevreye de doğrudan olumlu etkide bulunabileceği de unutulmamalıdır.

Tez çalışması kapsamında eğitim yapılarına yönelik yapılmış çalışmalar ile araştırmalar incelenmiş ve aydınlatma sistemine yönelik olanların genellikle derslik mekanları ile sınırlı kaldığı görülmüştür. Oysa, yalnızca dersliklerin değil okulun tüm mekanlarının da ele alınarak konuya bütüncül bir bakış açısıyla yaklaşılmasının daha yararlı olacağı açıktır.

Dünya yapı stoğunda ofis ve konut yapılarından sonra en büyük pay eğitim yapılarına aittir. Ülkemizde ilk, orta ve lise binalarının sayısı elli bin dolaylarında olup sayıları her geçen gün artmaktadır. Bu bağlamda sürdürülebilir mimariye dolayısıyla sürdürülebilir aydınlatmaya uygun eğitim yapılarının da tasarımının gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Tez çalışmasında, literatürdeki kimi eksiklikler göz önünde bulundurularak yeni ve mevcut eğitim yapılarının aydınlatma sistemlerinin tasarım evresinden kullanım

evresine kadar tüm süreci kapsayan “sürdürülebilir aydınlatma tasarımı için bütüncül bir yaklaşım” önerisi sunulmuştur.

Çalışmanın temel amacı yeni tasarlanacak ve mevcut okul yapılarının aydınlatma sisteminin tasarlanmasına ve iyileştirilmesine yardımcı olacak sürdürülebilir mimarlık çerçevesi içinde bir yaklaşım sunmaktır. Belirtilen amaç doğrultusunda öğrencilerin zamanlarının büyük bir çoğunluğunu geçirdiği okul binalarında sürdürülebilir aydınlatma sistemlerinin görsel konfor ölçütlerini yerine getirmesi, aydınlatma için harcanan enerjinin minimum olması, çevresel etkilerinin en az düzeyde olması ve maliyet etkinliğinin yüksek olması beklenmektedir. Çalışmada söz konusu koşulların oluşturulabilmesi için gerekli bilgiler sunulmuş ve bu koşulların yerine getirilmesi amacıyla iş akış şemaları ile yapılacak eylemler ve bu eylemlerde görev alacak ilgili paydaşlar belirlenmiştir.

Tez çalışmasında okul yapılarındaki aydınlatma konusuna değinilmeden önce genel olarak konuyla ilgili genel terimler, kavramlar, ölçütler ve sistemler hakkında bilgiler sunulmuş, daha sonra çeşitli ülkelerde farklı kurum ve kuruluşlar tarafından yayımlanan eğitim yapıları kılavuzlarındaki aydınlatma bölümleri incelenmiştir. İncelenen kılavuzların içerdiği aydınlatma bilgileri ve ölçütlerinden çıkarımlar yapılmış ve içerdikleri bilgiler değerlendirilmiştir. Tez kapsamında MEB tarafından bir okul binasında bulunması önerilen mekanlar göz önünde tutularak **aydınlatma kılavuz önerisi** geliştirilmiştir. Bu kılavuzun, tasarımcılara okulların aydınlatma sistemi tasarımında ya da iyileştirme işlemlerinde bilgi verici ve yön gösterici bir kaynak olması hedeflenmiştir.

Mevcut okul binalarının aydınlatma sistemlerinin değerlendirilmesine yönelik **“Kullanım Sonrası Değerlendirme (KSD)”** yöntemleri tanıtılmış ve değerlendirme işlemleri için aydınlatma **gözlem, anket ve mülakat formları** oluşturulmuştur. Aydınlatma yaklaşımında yer alan iş akış şemalarındaki eylemler göz önünde bulundurularak değerlendirme sürecine dahil olacak paydaşlar belirlenmiş, okulların aydınlatma düzenlerinin paydaş grubu tarafından sistemli ve hızlı bir biçimde değerlendirmesini sağlayacak bir yöntem geliştirilmiştir.

Yeni ve mevcut okulların aydınlatma sistemlerinin tasarımı ya da iyileştirilmesi işlemleri sırasında Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi ile aydınlatma tasarım seçeneklerinin değerlendirilerek optimum karar verilmesine ilişkin bilgiler sunulmuş ve konuyla ilgili örneklemeler yapılmıştır.

Çalışma kapsamında geliştirilen sürdürülebilir aydınlatma yaklaşımının mevcut okul yapılarına yönelik olan bölümü Adana’da yer alan Ramazanoğlu Ortaokulu’nda uygulanmıştır. Aydınlatma sistemlerinin değerlendirmek için “Kullanım Sonrası Değerlendirme (KSD)” yöntemlerinden, “gözlem, mülakat ve benzetim” yöntemlerine ilişkin geliştirilen formlar kullanılmıştır. Söz konusu yöntemlerin çalışmada belirlenen paydaşlar (uzman; *mimar*, kullanıcı; *öğretmen*, *öğrenci*, *idari personel*) tarafından uygulanması sağlanmıştır. Gözlem ve mülakat yöntemleri için “uzman aydınlatma gözlem formu (UAG)”, öğretmen ve idari personel için “kullanıcı aydınlatma gözlem formu (KAG)”, öğrenciler için “kullanıcı aydınlatma gözlem anket formu (KAA)”, idari personel için “kullanıcı aydınlatma mülakat formu (KAM)” oluşturulmuş ve uygulanmıştır. Ayrıca, benzetim yöntemiyle ortaokul binasının doğal aydınlatma performansını hesaplamak için Adana iline ait 1956-2016 arası meteorolojik veriler analiz edilerek “**gök durum koşulları**” belirlenmiştir. Gök durum koşulları kullanılarak Dialux programı aracılığıyla incelenen mevcut ortaokul binasının doğal aydınlatma performansı da hesaplanmıştır. Değerlendirmeler sonucunda ortaokul binasının aydınlatma açısından yetersiz mekanları belirlenmiş, bu mekanlar içinden bir dersliğe **teknolojik gelişmelere paralel olarak aydınlatma iyileştirme önerileri** sunulmuştur. Aydınlatma önerilerinin oluşturulmasında, tez kapsamında hazırlanan Bölüm 5.1.’de yer alan “**Aydınlatma ölçütleri açısından iyileştirme önerileri** (Çizelge 5.7)” çizelgesinden yararlanılmıştır. Söz konusu önerilerden **kısa vadeli iyileştirme önerileri** (>15 gün) ışığında dokuz iyileştirme seçeneği oluşturulmuştur. Söz konusu aydınlatma seçenekleri görsel konfor ve enerji kullanımı açısından değerlendirilerek en uygun aydınlatma düzeni karar destek sistemlerinden Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemiyle belirlenmiştir. Bu işlemle seçim süresi oldukça kısalmış ve optimum seçenek elde edilmiştir.

Okullar için geliştirilen sürdürülebilir aydınlatma tasarım yaklaşımı, okulların tasarımından kullanımına ve daha sonra yenilenmesine kadar geçen tüm süreçlerde

aydınlatma sisteminin güncel kalarak çağa ayak uydurmasını hedeflemektedir. Elde edilen sonuçlar, iş akış şeması, değerlendirme araçları ve kılavuz önerisinin bu yönde yarar sağladığını ortaya koymuştur. Yaklaşımında sunulan iş akış şemaları, kılavuzlar, kullanılan yöntemler ve hazırlanan değerlendirme araçları ile yeni tasarlanacak ve mevcut eğitim yapılarında sürdürülebilirlik çerçevesinde aydınlatma tasarımı gerçekleştirmek ve değerlendirmek olanaklıdır.

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.

Gelecek çalışmalara yönelik olarak, oluşturulan aydınlatma kılavuz çizelgelerinin genişletilerek tüm öğrenme ve kullanım alanları için çeşitlendirilmesi ve bir kitapçık haline getirilerek ülkemizdeki konuyla ilgili kurum ve kuruluşlarıyla paylaşılması planlanmaktadır. Ayrıca, tez kapsamında aydınlatma seçenekleri arasından en uygun sisteme karar verilmesi işlemi, görsel konfor ve enerji kullanımı açısından gerçekleştirilmiştir. Sürdürülebilirlik bağlamında AHS yöntemleri kullanılarak görsel konfor, enerji kullanımı, çevresel etki ve maliyet konularının tümünün yer aldığı daha kapsamlı bir sistem seçim yöntemi geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Baskan, T., (2004). Bir Tasar Ölçütü Olarak Dersliklerde Görsel Konfor ve Optimum Enerji Kullanımı İçin Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [2] Graça V.A., Kowaltowski D.C. ve Petreche J.R. (2007). "An Evaluation Method For School Building Design At The Preliminary Phase With Optimisation Of Aspects of Environmental Comfort For The School System of The State Sao Paulo in Brazil", Building and Environment, 42:984-999.
- [3] Kesten, D.K., (2006). Investigation Of Efficient Lighting Design in Educational Buildings At The Example Municipal School of La Tour De Salvagny, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [4] 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, İstanbul.
- [5] Yener, A.K., Güvenkaya, R.K. ve Şener, F. (2009), "İlköğretim Binalarının Görsel Konfor Koşulları Açısından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi", İTÜ/a Mimarlık, Planlama, Tasarım Dergisi, 8(1):105-116.
- [6] Winterbottom A., Wilkins, A., (2009). "Lighting and Discomfort in the Classroom", Journal of Environmental Psychology, 29:63–75.
- [7] Hill C. M., Kathryn K., (2010). "The Impact of Physical Classroom Environment on Student Satisfaction and Student Evaluation of Teaching in the University Environment", Academy of Educational Leadership Journal 14(4):65-79.
- [8] Erlalelitepe, İ., Aral, D. ve Kazanasmaz, T., (2011). "Eğitim Yapılarının Doğal Aydınlatma Performansı Açısından İncelenmesi", Megaron Dergisi, 6(1):39-51.
- [9] Ulusan, N.G., (2012). Eğitim Yapılarının Enerji Etkin Aydınlatma Açısından İncelenmesi: Kağıthane Anadolu Lisesi Örneği", Doktora Tezi, MSGSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [10] Şansal, K.E., (2012). Time-Dependent Effects of Indoor Lighting on Well-Being and Academic Performance", Doktora Tezi, University College London, Londra.
- [11] Yang, Z., Gerber, B. ve Mino, L. (2013), "A Study on Student Perceptions of Higher Education Classrooms: Impact of Classroom Attributes on Student Satisfaction and Performance", Building and Environment 70:171-188.

- [12] Sleepers, P.J.C, Moolenaar, N.M, Galetzka, M., Pruyn, A, Sarroukh, B.E ve Van der Zande, B., (2013). "Lighting Affects Students' Concentration Positively: Findings From Three Dutch Studies", *Lighting Research and Technology* 45:159-175.
- [13] Yılmaz, F.Ş., (2014). Sürdürülebilir Çevre için Mimari Aydınlatma Tasarımı Yaklaşımı: Türkiye Örneği, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [14] World Commission on Environment and Development (WCED), (1987). *Our Common Future*, Oxford University Press, London.
- [15] Kayihan, K.S., (2006). Sürdürülebilir Mimarlığın Yarı Nemli Marmara İkliminde Tasarlanacak Temel Eğitim Binalarında İrdelenmesi ve Bir Yöntem Önerisi, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [16] Dikmen, Ç.B., (2011). "Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örnekleme", *Politeknik Dergisi*, 14(2):121-134.
- [17] Shediak-Rizkallah M. ve Bone L.R., (1998). "Planning for the sustainability of community-based health programs: conceptual frameworks and future directions for research, practice and policy", *Journal of Health Education Research*, 13(1):87-1008.
- [18] Radford, A., Bennets, H. ve Williamson, T.J., (2003). *Understanding Sustainable Architecture*, First Edition, Spoon Press, New York.
- [19] Arsan, Z.D., (2008). "Türkiye'de Sürdürülebilir Mimari", *Mimarlık Dergisi*, 340:21-30.
- [20] Sev, A., (2013). "Sürdürülebilir Mimarlığı Doğru mu Anlıyoruz?", *Ege Mimarlık Dergisi*, 83:16-19.
- [21] Guy, S. ve Farmer, G., (2001). "Reinterpreting Sustainable Architecture: The Place of Technology", *Journal of Architectural Education*, 54(3):140-148.
- [22] New York State Energy Research and Development Authority, (2007). *NY-CHPS High Performance School Guidelines*, New York.
- [23] Boston Green Schools, Sustainable Schools, <http://bostongreenschools.org/green-your-school/what-is-a-green-school/>, 20 Mayıs 2016.
- [24] T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, Millî Eğitim İstatistikleri Örgün Eğitim 2016-2017 Yılı, http://sgb.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2017_03/31152628_meb_istatistikleri_organ_egitim_2016_2017_1.pdf, 22 Ocak 2018.
- [25] IESNA, (2011). *Lighting Handbook*, 9th edition, New York.
- [26] TS EN 12464-1, (2011). *Işık ve Işıklandırma İş Mahallerinin Aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı Alandaki İş Mahalleri*, TS EN, Ankara.
- [27] EN 17037, (2017). *Daylight of Buildings*, BS EN, Londra.
- [28] TS EN 15193-1, (2017). *Binalarda enerji performansı-Aydınlatma için enerji özellikleri*, TS EN, Ankara.

- [29] TS EN ISO 14040, (2007). Çevre yönetimi - Hayat boyu değerlendirme - İlkeler ve çerçeve, TSE, Ankara.
- [30] TS EN 15804, (2012).Yapıların sürdürülebilirliği - Mamullere ilişkin çevresel beyanlar, TS EN, Ankara.
- [31] BS EN 15459, (2017). Binaların enerji performansı-binalardaki enerji sistemlerinin değerlendirme, BS EN, Londra.
- [32] Berköz E. ve Küçükdoğu M.Ş., (1995). Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı. Tübitak, INTAG201.
- [33] Yener, A.K., (1996). Pencerelele uygulanan gölgeleme araçlarının tasarımında iklimsel ve görsel konfor koşullarının sağlanması amacıyla kullanılabilecek bir yaklaşım, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- [34] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, (2016). Bütünleşik Bina Tasarımı, Ankara.
- [35] Öztürk, L., (2018). "Pencere Tasarımını Etkileyen Önemli Bir Parametre: Güneşiğine Yönelik Yeni Avrupa Standardı", İstanbul 1.Konut Kurultayı, 10-11 Mayıs 2018, İstanbul.
- [36] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji yoğunluğu, www.eie.gov.tr/document/WEB_enerjiyogunlugu_22122016.doc, 12 Mart 2016
- [37] T.C. Kalkınma Bakanlığı (2014), Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi Programı Eylem Planı, <http://dap.gov.tr/yeniDosyalar/Kaynaklar/odop/2.pdf>, 15 Mart 2015
- [38] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı, http://www.eie.gov.tr/duyurular_haberler/h_2015_ulusal_enerji.aspx, 15 Mart 2015
- [39] European Commission for Energy-EU, (2011). Energy 2020 A Strategy For Competitive, Sustainable And Secure Energy, Publications Office of the European Union, Lüksemburg.
- [40] Directive on Energy Performance of Buildings, (2002). 2002/91/EC, Brüksel.
- [41] Ünnü, S., Y., Yılmaz, F., Ş. ve Yener, A., K., (2013). "Binalarda Aydınlatma Enerjisi Performansının Belirlenmesinde Kontrol Sistemlerinin Rolü", 6. Aydınlatma Sempozyumu, 24-25 Kasım 2011, İzmir.
- [42] Öztas, K.S., Tanaçan, L., (2017). "Türk Yapı Malzemesi Sektörü için Geliştirilen Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirme Modelinin Sınanması", Tübvav Bilim Dergisi, 10(2):65-76.
- [43] Taygun, G. T., (2005). Yapı Ürünlerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine Yönelik Bir Model Önerisi, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [44] Adalberth, K., (1997). "Energy Use During the Life Cycle of Buildings: a Method", Building and Environment, 32(4):317-320.

- [45] Ünver, R., (2015). "Eğitim yapılarında konfor ne demek?", Led&Lighting Dergisi, 1(16):114-121.
- [46] Yener, A.K., Güvenkaya, R. ve Şener, F., (2009). "İlköğretim Dersliklerinin Görsel Konfor Açısından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi", İTÜ dergisi, 8(1):105-116.
- [47] Baskan, T.B. ve Sözen, M. Ş., (2006). "Dersliklerde Görsel Konfor Ve Etkin Enerji Kullanımı - Bir Örnek Derslik Aydınlatması", Megaron Dergisi, Cilt 1(2-3):143-153.
- [48] California Energy Commission, Consumer Energy Center, <http://www.consumerenergycenter.org/>, 13 Nisan 2016.
- [49] Gligor, V., (2004). "Luminous environment and productivity at workplaces", Thesis (Licentiate), Helsinki University of Technology, Espoo.
- [50] Halonen, L., Tetri, E. ve Bhusal, P., (2010). "Guidebook Energy Efficient Electric Lighting for Buildings", Aalto University School of Science and Technology Department of Electronics Lighting Unit, Finland.
- [51] CIE International Lighting Vocabulary (e-ILV), <http://eilv.cie.co.at/>, 17 Mart 2017.
- [52] Sirel, Ş., (1997). Aydınlatma sözlüğü, Yem Yayınevi, İstanbul.
- [53] Sirel, Ş., (1989). Yapılarda Aydınlatma, <http://www.yfu.com/yazilar/insaat89-yapayd.pdf>, 13 Nisan 2016.
- [54] Kruithof, A.A., (1941). "Tubular Fluorescent Lamps for General Illumination", Philips Technical Review, 6(3);65-96.
- [55] Ünver, F.R., (1992). Parıltı ve Işıklılık Terimlerinde Tarihsel Gelişme ve Bugünkü Tanımlar, YTÜ Basım -Yayın Merkezi, İstanbul.
- [56] IESNA ,(2011). Lighting Handbook, 11th edition, New York.
- [57] Ünver, F.R., (1990). Günışığının Hacim İçinde Oluşturduğu Aydınlığın Hesaplanması, YTÜ Basım-Yayın Merkezi, İstanbul.
- [58] <https://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/aperture-placement-area>, 04 Nisan 2018
- [59] Hopkinson, R., G. ve Longmore, J., (1959). "The Permanent Supplementary Artificial Lighting of Interiors", Light and Research Technology Journal, 24(3):121-148.
- [60] Hopkinson, R.,G., Petherbridge, P. ve Longmore, J., (1966). Daylighting, William Heinemann, London.
- [61] Tratchte, S. ve De Herde, A., (2014). Sustainable Refurbishment School Buildings, International Energy Agency-Solar Heating and Cooling Programme.
- [62] Ünver F.R., (1991). Kapalı Hacimlerde Lamba Işığının Yatay Düzlemde Oluşturduğu Aydınlığın ve Aygıt Geriveriminin Hesaplanması, YTÜ Basım-Yayın Merkezi, İstanbul.

- [63] UK Department Children, Schools and Families, (2007). Lighting Systems in Schools-Standard specifications, layouts and dimensions, ISBN: 978-1-84775-050-1, Nottingham, Birleşik Krallık.
- [64] UK Department for Education and Employment, (1999). Building Bulletin 90-Lighting Design for Schools, ISBN 0 11 271041 7, Norwich, Birleşik Krallık.
- [65] Yener, A., (2007). "Binalarda Güneşten Yararlanma Yöntemleri-Çağdaş Teknikler", VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 25-28 Ekim 2007, İzmir.
- [66] International Energy Agency, Solar Heating & Cooling Programme, (2010). Daylight in Buildings-Annex 29, ECBS, Birmingham.
- [67] Nair, M.G., Ramamurthy, K. ve Ganesan, A.R., (2014). "Classification of Indoor Daylight Enhancement Systems", Lighting Research and Technology, 46:245-267.
- [68] Courret, G., Scartezini, J.L., Francioli, D. ve Meyer., J.J., (1998). "Design and assessment of an anidolic lightduct", Energy and Buildings,28: 79–99.]
- [69] Jack, D.A., Nakamura, T., Sadler, P. Ve Cuello, J.L., (2002). "Evaluation of two fiber optic-based solar collection and distribution systems for advanced space life support", Transactions of ASAE, 45: 1547–1558.
- [70] <http://www.energy.soton.ac.uk/holographical-optical-elements-hoe/>, 24 Nisan 2018
- [71] International Energy Agency, (2016). "Daylighting and lighting retrofit to reduce energy use in non-residential buildings: A literature review", A Technical Report of IEA SHC Task 50, ss 19, Stuttgart, Almanya.
- [72] Zhenjun M., Cooper, P., Daly, D. ve Ledo, L., (2012). "Existing building retrofits: Methodology and state-of-the-art", Energy and Buildings, (55):889-902.
- [73] Krarti, M., Erickson P.M ve Hillman, T.C., (2005). "A simplified method to estimate energy savings of artificial lighting use from daylighting", Building and Environment, 40(6): 747-754.
- [74] International Energy Agency (2014). <http://www.iea.org/topics/electricity/publications/>, 26 Nisan 2017.
- [75] Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie, (2012). "Fotovoltaik Sistemler," Çatakli Enerji Yayıncılık, İstanbul.
- [76] Çelebi, G. (2002). "Bina Düşey Kabuğunda Fotovoltaik Panellerin Kullanım İlkeleri", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 17(3):17-33.
- [77] <http://newscenter.lbl.gov/2011/09/15/tracking-the-sun-iv/>, 07 Mart 2016.
- [78] <http://www.onyxsolar.com/projects/onyxsolar-bipv-projects.html>, 07 Mart 2016.
- [79] Çelik, K., Ünver, R. (2015). "Yapı Elemanı Olarak FV Kullanımı ve Aydınlatma; İlköğretim Yapısı Örneği", 8. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, 21-22 Ekim 2015, İzmir.
- [80] T.C. MEB, <http://iedb.meb.gov.tr/katalog/#/0>, 22 Ekim 2017.

- [81] T.C. MEB Yatırımlar ve Tesisler Dairesi Başkanlığı, (2010). “Eğitim Yapıları Mimari Proje Hazırlanması Genel İlkeleri”, Ankara.
- [82] T.C. MEB İnşaat ve Emlak Dairesi Başkanlığı, (2013). “Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu”, Ankara.
- [83] T.C. MEB İnşaat ve Emlak Dairesi Başkanlığı, (2015). “Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu”, Ankara.
- [84] UK The Department of Education and Skills, (2002). BB 95 (Building Bulletin) - Schools for the Future Designs For Learning Communities, Birleşik Krallık.
- [85] UK The Department of Education and Skills, (2003). BB 98 - Briefing Framework for Secondary School Projects, Birleşik Krallık.
- [86] UK The Department of Education and Skills, (2003). BB 87 - Guidelines for Environmental Design in School, Birleşik Krallık.
- [87] UK The Department of Education and Skills, (2004). BB 81-Design and Technology Accommodation in Secondary Schools A Design Guide, Birleşik Krallık.
- [88] Joint Information Systems Committee, (2006). Designing Spaces For Effective Learning, Birleşik Krallık.
- [89] UK Department for Education, (2014). BB 103-Area Guidelines for Mainstream Schools Birleşik Krallık.
- [90] Smarter Scotland Scottish Executive, (2007). School Design: Optimising The Internal Environment, İskoçya.
- [91] UK Planning & Building Unit Department of Education and Skills, (2008). TGD-021 (Technical Guidance Document) Construction Standards for Schools, İrlanda.
- [92] Planning & Building Unit Department of Education and Skills ,(2008). TGD-023 Post-primary School Design Guidelines, İrlanda.
- [93] Planning & Building Unit Department of Education and Skills, (2011). TGD-020 General Design Guidelines for Schools, İrlanda.
- [94] Planning & Building Unit Department of Education and Skills, (2012). TGD-025 Identification and Suitability Assessment of Sites for Primary Schools, İrlanda.
- [95] Planning & Building Unit Department of Education and Skills, (2012). TGD-027 Identification and Suitability Assessment of Sites for Post Primary Schools, İrlanda.
- [96] Planning & Building Unit Department of Education and Skills, (2012). TGD-026 (Technical Guidance Document) School Design Guide, İrlanda.
- [97] Planning & Building Unit Department of Education and Skills, (2013). TGD-022 Primary Schools Design Guidelines, İrlanda.
- [98] Northern Ireland Department of Education, (2011). Primary Schools Building Handbook, Kuzey İrlanda.

- [99] New Zealand Ministry of Education, (2004). "Best Practice in Classroom Design", Wellington, Yeni Zelanda.
- [100] Alberta Infrastructure and Transportation, (2007). Standards and Guidelines for School Facilities, Alberta, Kanada.
- [101] The International Institute for Sustainable Development, (2009) Guide for Sustainable Schools in Manitoba, Kanada
- [102] Ontario Ministry of Education, (2010). Green Schools Resource Guide, Ontario/Kanada
- [103] Construction Quality & Technical Assistance - Institute of Technology Bandung, (2009). Handbook of Typical School Design, Endonezya.
- [104] Abu Dhabi Education Council, (2010). Design Manual Minimum Requirements for Private School Facilities, Abu Dabi (BAE).
- [105] Supreme Education Council, (2010). Standards and Requirement for School Buildings, Katar.
- [106] Department of Education and Early Childhood Development, (2011). Building Quality Standards Handbook, Victoria/ Avustralya.
- [107] Government of Alberta-Technical Services Branch, (2012). Architectural Design Guidelines for Schools, Alberta/Kanada.
- [108] South Africa Department of Basic Education, (2012). Guidelines Relating to Planning for Public School infrastructure, Güney Afrika.
- [109] Abu Dhabi Education Council, (2012). Educational Facilities Design Manual, <https://www.adec.ac.ae/en/mediacenter/Downloads/Private%20School%20Design%20Manual.pdf>, 25 Ekim 2016.
- [110] New Zealand Ministry of Education, (2015). Designing Schools in New Zealand-Requirements and Guidelines, Yeni Zelanda.
- [111] Ministry of Education, Science and Technology, (2015). Design Guidelines For School Facilities Norms And Standards Vol1 & Vol2,Kosova.
- [112] US Department of Energy-National Renewable Energy Laboratory, (2002). Energy Design Guidelines for High Performance Schools, ABD.
- [113] Poudre School District, (2005). Sustainable Design Guidelines, ABD.
- [114] Collaborative for High Performance Schools (CHPS), (2006). Best Practise Manual-Planning, ABD.
- [115] Collaborative for High Performance Schools (CHPS), (2006). Best Practise Manual-Design, ABD.
- [116] Illinois Capital Development Board, Illinois State Board of Education, (2006) Illinois Resource Guide for Healthy, High Performing School Buildings, ABD.
- [117] New Hampshire Department of Education, (2006). Manual for Planning and Construction of School Buildings, ABD.

- [118] Bureau of Indian Affairs Office of Facilities Management and Construction, (2007). School Facilities Design Handbook, ABD.
- [119] US Department of Energy, (2007). National Best Practices Manual For Building High Performance Schools, ABD.
- [120] New Jersey Schools Construction Corporation, (2007). 21st Century Schools Design Manual, ABD.
- [121] New York State Education Department, (2007). NY-CHPS High Performance Schools Guidelines, ABD.
- [122] Office of Superintendent of Public Instruction, (2011). School Facilities Manual, ABD.
- [123] Public Schools of North Carolina, (2012). High Performance Guidelines for the Design and Construction of K12 Public Schools, ABD.
- [124] Virginia Department of Education, (2013). Virginia Department of Education-2013, ABD.
- [125] Office of Superintendent of Public Instruction, (2015). Guidelines for School Districts: High-Performance School Buildings, ABD.
- [126] Los Angeles Unified School District-Design Standards Department, (2015). School Design Guide Los Angeles Unified School District, ABD.
- [127] Ohio School Facilities Commission, (2016). Ohio School Design Manual, ABD.
- [128] 21st Century School Fund, (2004). A leadership guide to renewing public school buildings, ABD.
- [129] US Department of Energy, (2009). Guide to Operating and Maintaining EnergySmart Schools, ABD.
- [130] US Department of Energy, (2013). Advanced Energy Retrofit Guide K-12 Schools, ABD.
- [131] California University Lighting Technology Center, (2014). Lighting Retrofit Strategies for California Schools, ABD.
- [132] International Energy Agency, (2014). Sustainable Refurbishment School Buildings, Uluslararası Enerji Ajansı projesi.
- [133] Planning & Building Unit Department of Education and Skills, (2014). TGD-031 Amendments to the M&E Building Services Engineering Guidelines, İrlanda.
- [134] M. Zinzi, C.Romeo ve K.E.Thomsen (EU Project School of the Future), (2015). Guidelines for Energy Retrofitting-Towards zero Emission Schools, Avrupa Birliği Projesi.
- [135] Minnesota Pollution Control Agency, (2007). Guide for Change-Healthy Sustainable Schools, ABD.
- [136] New York City School Construction Authority, (2007). NYC Green Schools Guide, ABD.

- [137] US Environmental Protection Agency, (2008). Energy Star Building Upgrade Manual, ABD.
- [138] US DOE, Energy efficiency & Renewable Energy, (2009). Guide to Operating and Maintaining EnergySmart Schools, ABD.
- [139] Superintendent Public Instruction-CHPS, (2010). WSSP -Criteria for High Performance Schools, ABD.
- [140] ASHRAE, (2011). Advanced Energy Design Guide for K-12 School Buildings, ABD.
- [141] US Environmental Protection Agency, (2011). Energy Efficiency Programs in K-12 Schools, ABD.
- [142] British Columbia Ministry of Education, (2010). Sustainable Schools Best Practise Guide, Kanada.
- [143] Australia Department of Education, Sustainability Victoria Schools, (2015). Energy Efficiency in Schools, Avustralya.
- [144] UK Department for Education and Employment, (1999). Building Bulletin 90 (BB 90)-Lighting Design for Schools, Birleşik Krallık.
- [145] UK Department for Children, Schools and Families, (2007). Lighting Systems in Schools, Birleşik Krallık.
- [146] Sustainable Energy Authority of Ireland, (2010). A Guide to Energy Efficient and Cost Effective Lighting, İrlanda.
- [147] Education Funding Agency, (2014). EFA Daylight Design Guide, Birleşik Krallık
- [148] Lighting Research Center Rensselaer Polytechnic Institute, (2004). Guide for Daylighting Schools, ABD.
- [149] New Zealand Ministry of Education (2007). Designing Quality Learning Spaces: Lighting, Yeni Zelanda.
- [150] Rensselaer Polytechnic Institute, (2010). Patterns to Daylight Schools for People and Sustainability, ABD.
- [151] Saaty, T.L. ve Vargas, L.G., (2001). Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process, Kluwer's Academic Publishers, Boston.
- [152] Saaty,T.L., (1980). The Analytic Hierarchy Process, Mc. Graw Hill, USA
- [153] Dağdeviren, M., Akay, D. ve Kurt, M., (2004). "İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması", Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 19(2):131-138.
- [154] Hadjri, K. ve Crozier, C., (2009). "Post-occupancy evaluation: purpose, benefits and barriers", Emerald Journal, 27(1-2).
- [155] Zimmerman, A. ve Martin, M., (2001). "Post-occupancy evaluation: benefits and barriers", Building Research and Information, 29(2):168-74.
- [156] Friedman, A., Zimring, C. ve Zube, C., (1978). Environmental Design Evaluation, Plenum, New York, NY.

- [157] Sanoff, H., (2001). School Building Assessment Methods, Washington: National Clearinghouse for Educational Facilities, Washington.
- [158] DIAL, Dialux 4.13 aydınlatma programı, <https://www.dial.de/en/dialux/>, 17 Mart 2015.
- [159] Munsell, A.H., (1971). A Color Notation, Munsell Color Company, Baltimore, ABD.
- [160] Luke, J., T., (1996). The Munsell Color System a Language for Color, Fairchild Publications, New York, ABD.
- [161] Perez, R., Seals, R., ve Michalsky, J., (1993). "All Weather Model for Sky Luminance Distribution -Preliminary Configuration and Validation", Solar Energy, 50(3):235-245.
- [162] Şener, F. ve Yener, A.K., (2012). "Sky Model Determination On Meterological Data for Daylight Calculations in Architecture - application for İstanbul, Balkanlight Congress, Belgrad.
- [163] 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, İstanbul.

UZMAN AYDINLATMA GÖZLEM FORMU (UAG)

İncelemenin yapıldığı;				
Okul adı:	Pencere yerlerini ve mekan ölçülerini krokide belirtiniz			
Saat ve tarih:				
Gök koşulları (<i>Açık, kapalı, parçalı bulutlu</i>):.....				
Mekanın bulunduğu kat/adı/no:.....				
Mekanın boyutları (en-boy-yükseklik m):.....				
Pencere sayısı/yönü:				
☐ Kuzey ☐ Güney ☐ Doğu ☐ Batı ☐ Diğer.....				
Toplam pencere boşluk alanı (m ²):.....				
Saydamlık oranı (Pencere alanı alanı/pencerenin bulunduğu duvar alanı):.....				
Lamba türü:.....				
Lamba gücü (Watt) ve sayısı:.....				
Aygıt sayısı ve türü:.....				
İç mekan renk özellikleri:.....				
Dış yatay aydınlık düzeyi:.....				
		Evet	Hayır	Değerlendirmeler
1.	Lambalar kapalı olduğunda günışığının sıralar üzerinde oluşturduğu ortalama aydınlık yeterli mi?			
2.	Pencerelerden gelen dolaysız güneş ışığı gözünüzde kamaşmaya neden oluyor mu?			
3.	Pencereler temiz mi?			
4.	Yapı dışında günışığını engelleyen bir yapı, ağaç vb. var mı? <i>Varsa belirtiniz</i>			

5.	Mekana giren güneş ışığı kontrol edilebiliyor mu? Cevap evet ise belirtiniz. ☐ Perde ☐ Jaluzi ☐ Panjur ☐ Diğer.....			
6.	İç yüzeyler açık renkli mi?			
7.	Lambaların sıra üzerinde oluşturduğu aydınlık yeterli mi?			
8.	Tüm lambalar çalışıyor mu?			
9.	Lambalar temiz mi?			
10.	Lamba ve armatürler düzenli olarak temizleniyor mu?			
11.	Lambalar kamaşmaya neden oluyor mu?			
12.	Aydınlatma kontrol sistemi var mı?	Otomatik kontrol ☐ Güneş ışığı sensörü ☐ Hareket sensörü ☐ Zaman ayarlı ☐ Diğer.....	Elle kontrol ☐ Tek düğmeyle ☐ İki düğmeyle ☐ Üç düğmeyle ☐ Diğer.....	

KULLANICI (ÖĞRETMEN) AYDINLATMA GÖZLEM FORMU (KAG)

İncelemenin yapıldığı;

Okul adı:

Saat ve tarih:

Hava durumu (*Açık, kapalı, parçalı bulutlu*):.....

Mekanın bulunduğu kat / mekanın adı:

Sınıf/Şube:.....

Pencere sayısı/yönü:

☐ Kuzey ☐ Güney ☐ Doğu ☐ Batı ☐ Diğer.....

		Evet	Hayır
1.	Lambalar kapalı olduğunda, günışığının öğrenci sıraları üzerinde oluşturduğu aydınlık yeterli mi?		
2.	Pencerelerden gelen güneş ışığı gözünüzü kamaştırıyor mu?		
3.	Pencereler temiz mi?		
4.	Okul çevresinde günışığını engelleyen yapı var mı?		
5.	Okul çevresinde günışığını engelleyen ağaç, bitki vb. var mı?		
6.	Mekana giren güneş ışığı kontrol edilebiliyor mu? <i>Cevabınız evet ise belirtiniz.</i> ☐ Perde ☐ Jaluze ☐ Panjur ☐ Diğer.....		
7.	İç yüzeyler (duvar ve tavan renkleri) açık renkli mi?		
8.	Lambalar açık olduğunda, öğrenci sıraları üzerinde oluşturduğu aydınlık yeterli mi?		
9.	Öğrencilere bakarken/ders anlatırken lambalar gözünüzü kamaştırıyor mu?		
10.	Derslikteki tüm lambalar çalışıyor mu?		
11.	Derslikteki lambalar temiz mi?		
12.	Lamba ve armatürler düzenli olarak temizleniyor mu?		
13.	Lambaları nasıl çalıştırıyorsunuz? (İlgili alana X koyunuz)	Otomatik kontrol ☐ Güneş ışığı sensörü ☐ Hareket sensörü ☐ Zaman ayarlı ☐ Diğer.....	Elle kontrol ☐ Tek düğmeyle ☐ İki düğmeyle ☐ Üç düğmeyle ☐ Diğer.....

KULLANICI (ÖĞRENCİ) AYDINLATMA GÖZLEM ANKET FORMU (KAA)



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MİMARLIK ANABİLİM DALI YAPI FİZİĞİ DOKTORA PROGRAMI

Okul Mekanlarındaki Aydınlatma Koşullarının Belirlenmesi

Bu anket Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim dalında devam eden “Eğitim Yapılarında Sürdürülebilir Aydınlatma Tasarımı için Bütüncül Bir Yaklaşım” doktora tezi kapsamında okul mekanlarındaki aydınlatma koşullarını ortaya koymak amacıyla yapılmaktadır.

Edinilen bilgiler, bu araştırmanın kapsamı dışında kullanılmayacaktır.

Ayırdığınız zaman için teşekkür ederiz.

Y. Mimar Kasım ÇELİK

Okul adı:.....

Tarih:.....Saat:.....

1.Sınıf/Şube:

2.Cinsiyetiniz: Kız ☐ Erkek ☐

3.Yaşınız:

Sınıfta oturduğunuz yeri çarpı (X) ile işaretleyiniz

4.Günün hangi saatleri okulda bulunuyorsunuz?

☐ 07:00 - 12:30 ☐ 12:30 – 17:30 ☐ 08:00 – 15:00 ☐ Diğer.....

5.Herhangi bir görme probleminiz var mı?

☐ Yok ☐ Uzağı iyi göremiyorum ☐ Yakını iyi göremiyorum ☐ Renkleri ayırt edemiyorum
☐ Diğer.....

6.Sınıfta genel olarak en çok hangi aydınlatma türü kullanılıyor? (Tüm bir eğitim yılını göz önünde tutunuz.)

☐ Genellikle lamba ☐ Genellikle günışığı ☐ Genellikle lamba ve günışığı birlikte

7.-12. Soruları üzerine işaretleyiniz.

No	Sorular	Çok kötü	Kötü	Orta	İyi	Çok iyi
7	Öğretmeniniz tahtada ders anlatırken yüz ve mimik hareketlerini rahatça algılayabiliyor musunuz?	1	2	3	4	5
8	Lambalar kapalıyken tahtayı rahatça görebiliyor musunuz?	1	2	3	4	5
9	Lambalar açıkken tahtayı rahatça görebiliyor musunuz?	1	2	3	4	5
10	Lambalar kapalıyken sıra üzerindeki aydınlık yeterli mi?	1	2	3	4	5
11	Lambalar açıkken sıra üzerindeki aydınlık yeterli mi?	1	2	3	4	5
12	Sıranızın üzerindeki aydınlık sıranızın her yerinde eşit mi?	1	2	3	4	5

13.-18. Soruları üzerine işaretleyiniz.

No	Sorular	Hiç	Az	Orta	Fazla	Çok Fazla
13	Tahtaya ya da öğretmene bakarken lambaların parlaklığı gözlerinizi kamaştırıyor mu?	1	2	3	4	5
14	Sıralarınızın üzerinde rahatsız edici parlamalar oluşuyor mu?	1	2	3	4	5
15	Lambalar açıkken tahta üstünde parlamalar oluşuyor mu?	1	2	3	4	5
16	Pencereden gelen günışığı tahtada parlama yapıyor mu?	1	2	3	4	5
17	Pencereden gelen günışığı gözünüzü kamaştırıyor mu?	1	2	3	4	5
18	Sıra üzerinde kendi gölgeniz ya da başka nesnelerin gölgesi oluşuyor mu?	1	2	3	4	5

19.Aydınlatma açısından sınıfta en fazla sizi rahatsız eden durumlar nelerdir?

(Birden fazla şıkkı işaretleyebilirsiniz. Sizi en fazla rahatsız eden durumdan en az rahatsız eden duruma göre yapacağınız sıralamayı kutucuklara yazınız)

- ☐ Pencereden gelen ışık gözümü kamaştırıyor
- ☐ Lambadan gelen ışık gözümü kamaştırıyor
- ☐ Lambanın ışığı titriyor
- ☐ Lambadan ses geliyor
- ☐ Sıralar üzerindeki aydınlık az
- ☐ Tahta üzerindeki aydınlık az
- ☐ Lambalar yandığında tahtada parlama oluyor
- ☐ Lambalar yandığında sıra üstünde parlama oluyor
- ☐ Pencereden gelen ışık tahtada parlama yapıyor
- ☐ Pencereden gelen ışık sırada parlama yapıyor
- ☐ Diğer (sebebini açıklayınız).....

KULLANICI (İDARİ PERSONEL) AYDINLATMA MÜLAKAT FORMU (KAM)

İncelemenin yapıldığı;	
Okul adı:	
Saat ve tarih:	
Görevi:.....	
1	Okulun lambaları en son ne zaman değiştirildi?
2	Okulun elektrik tesisatında yenileme işlemi en son ne zaman yapıldı?
3	Lambaların çalışma durumu düzenli olarak kontrol ediliyor mu?
4	Lambaların nominal ömürleri göz önüne alınarak düzenli olarak değiştiriliyor mu?
5	Düzenli olarak aygıtlar temizleniyor mu?
6	Düzenli olarak pencereler temizleniyor mu?
7	Düzenli olarak iç mekan yüzeyleri temizleniyor mu?
8	Düzenli olarak iç mekan yüzeyleri boyanıyor mu?
9	Okulun yapay aydınlatma sisteminden sorumlu bir görevli var mı?
10	Öğrenciler ve öğretmenler tarafından aydınlatma koşulları konusunda olumsuz bildirimler alıyor musunuz? Alıyorsanız bunlar nelerdir.....
11	Sizce okulun doğal ve yapay aydınlatma sistemi yeterli mi? Yeterli olmadığını düşünüyorsanız önerileriniz.....

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Kasım ÇELİK
Doğum Tarihi ve Yeri : 02.04.1987, Uşak
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : kcelik@cu.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Mimarlık	Çukurova Üniversitesi	2012
Lisans	Mimarlık	Çukurova Üniversitesi	2009
Lise	Sayısal	Orhan Dengiz Anadolu Lisesi	2005

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2015-devam ediyor	Çukurova Üniversitesitesi	Araştırma Görevlisi
2012-2015	Yıldız Teknik Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2009-2012	Çukurova Üniversitesitesi	Araştırma Görevlisi

YAYINLAR

Makale

1. **Çelik, K., Ünver, R.** (2016). "Sustainable Lighting in Educational Buildings", Academic Journal of Science, ISSN: 2165-6282, 6(1):513-522.

Bildiri (Uluslararası)

1. **Çelik, K., Ünver, R.**, (2018). "Retrofit Uygulamalarında Aydınlatma Sistem Seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Yöntemiyle Belirlenmesi", International Multi Congress 2018, 4-5 Mayıs 2018, Adana.
2. **Çelik, K., Ünver, R., Çolak, A.** (2017). "Okul Yapılarının Aydınlatma Sistemlerinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir İnceleme", International Mediteranean Science and Engineering Congress (IMSEC) 2017, 25-27 Ekim 2017, Adana.
3. **Çelik, K., Ünver, R.** (2017). "An Investigation on Lighting Matter in Design Guides of Educational Buildings", Lux Europa 2017-European Lighting Congress, 18-20 Eylül 2017, Ljubljana.
4. **Çelik, K., Ünver, R.** (2016). "Sustainable Lighting in Educational Buildings", International Journal of Art and Sciences (IJAS) Congress, 28 Haziran-1 Temmuz 2016, Venedik.
5. **Çelik, K., Ünver, R.** (2015). "Examination of Classrooms in A Primary School in Terms of Visual Comfort and Energy Consumption", 28th CIE (International Commission on Illumination) SESSION, 28 Haziran-4 Temmuz 2015, Manchester.

Bildiri (Ulusal)

1. **Çelik, K., Ünver, R.** (2017). "Aydınlatmanın Eğitim Yapıları Tasarım Kılavuzlarındaki Yeri", 9. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, 18-19 Ekim 2017, İzmir.
2. **Çelik, K., Ünver, R.** (2015). "Yapı Elemanı Olarak PV Kullanımı ve Aydınlatma; İlköğretim Yapısı Örneği", 8. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, 21-22 Ekim 2015, İzmir.
3. **Çelik, K., Ünver, R.** (2015). "Görsel Konfor ve Enerji Kullanımı Açısından İlköğretim Dersliklerinin İncelenmesi", 10. Ulusal Aydınlatma Kongresi, 16-18 Nisan 2015, İstanbul.