

151657

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

151657

**BİR TASAR ÖLÇÜTÜ OLARAK DERSLİKLERDE
GÖRSEL KONFOR VE OPTİMUM ENERJİ KULLANIMI
İÇİN BİR YAKLAŞIM**

Y.Mimar M.Tuba BOSTANCI BASKAN

**FBE Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Fiziği Programında
Hazırlanan**

DOKTORA TEZİ

Tez Savunma Tarihi : 16 Eylül 2004

Tez Danışmanı

Jüri Üyeleri

: Prof. Müjgan ŞEREFHANOĞLU SÖZEN (YTÜ)

: Prof.Dr. Zekiye ABALI (YTÜ)

: Prof.Dr. Mehmet Şener KÜÇÜKDOĞU (İKÜ)

: Prof.Dr. Sermin ONAYGİL (İTÜ)

: Prof.Dr. Murat ERİÇ (MSÜ)

İSTANBUL, 2004

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖNSÖZ	xiv
ÖZET	xv
ABSTRACT.....	xvi
1 GİRİŞ	1
2 EĞİTİMİN TANIMI VE ÖNEMİ	3
2.1 Türkiye'de Eğitim Sisteminin Genel Yapısı	3
2.1.1 Ortaöğretim Kurumları	3
2.1.2 Türkiye'de Ortaöğretim.....	4
3 OKUL YAPILARI VE DERSLİK TASARIMI	6
3.1 Derslik Tasarımı	6
4 DERSLİK AYDINLATMASI.....	11
4.1 Dersliklerde Görsel Konfor Koşulları	11
4.1.1 Aydınlığın Niceliği	11
4.1.2 Aydınlığın Niteliği.....	14
4.1.2.1 Aydınlığı Oluşturan Işığın Rengi (Tayfsal Yapısı)	14
4.1.2.2 Aydınlığı Oluşturan Işığın Doğrultusal Yapısı ve Aydınlıkta Oluşan Gölgelelerin Niteliği	16
4.1.2.3 Aydınlik Düzeyi Dağılımları	17
4.1.3 Çevrede Yer Alan Yüzeylerin Özellikleri	18
4.1.4 Işıklılık	19
4.1.5 Kamaşma	22
4.1.5.1 Kamaşmanın Denetlenmesi	24
4.1.5.2 Konforsuzluk Kamaşmasının Değerlendirilmesi.....	25
4.2 Dersliklerde Doğal Aydınlatma.....	28
4.3. Dersliklerde Yapma Aydınlatma Düzenleri.....	29
4.3.1 Lamba Seçimi	29
4.3.2 Aydınlatma Aygıtı Seçimi	31
4.4 Bilgisayar Kullanılan Dersliklerde Aydınlatma	32

5	DERSLİK AYDINLATMASINDA ENERJİ KULLANIMI	35
5.1	Aydınlatmada Enerji Kullanımındaki Kayıplar	35
5.2	Aydınlatmada Optimum Enerji Kullanımı Açısından Genel Etkenler	36
5.3	Aydınlatma Kontrol Sistemlerinin Kullanımı.....	37
5.3.1	Kontrol Stratejileri	37
5.3.2	Kontrol Yöntemleri.....	40
6	GÖRSEL KONFORA YÖNELİK ÇALIŞMALAR İLE OPTİMUM ENERJİ KULLANIMI KONUSUNDA YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	41
7	DERSLİKLERDE GÖRSEL KONFOR VE OPTİMUM ENERJİ KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ	52
7.1	Doğal Aydınlatma.....	53
7.1.1	Seçilen Tip Derslik Hacminde Günışığının Çalışma Düzleminde Oluşturduğu Aydınlik Düzeyi Değerleri.....	55
7.1.2	Seçilen Tip Derslik Hacminde Günışığı Aydınlik Dağılımının Değerlendirilmesi	58
7.2	Yapma Aydınlatma Düzenleri	58
7.2.1	Paletli - Tek Parabolik Yansıtıcıly Aygıt Tipi ile Kurulan Aydınlatma Düzenleri.....	65
7.2.1.1	A1 Tipi Aydınlatma Aygıtı ile Kurulan Aydınlatma Düzeni	65
7.2.1.2	A2 Tipi Aydınlatma Aygıtı ile Kurulan Aydınlatma Düzeni	70
7.2.1.3	B1 Tipi Aydınlatma Aygıtı ile Kurulan Aydınlatma Düzeni	75
7.2.1.4	B2 Tipi Aydınlatma Aygıtı ile Kurulan Aydınlatma Düzeni	80
7.2.2	Paletli - Çift Parabolik Yansıtıcıly Aygıt Tipi ile Kurulan Aydınlatma Düzenleri.....	85
7.2.2.1	C1 Tipi Aydınlatma Aygıtı ile Kurulan Aydınlatma Düzeni	85
7.2.2.2	C2 Tipi Aydınlatma Aygıtı ile Kurulan Aydınlatma Düzeni	90
7.2.3	Paletli - OLC Yansıtıcıly Aygıt Tipi ile Kurulan Aydınlatma Düzenleri.....	95
7.2.3.1	D1 Tipi Aydınlatma Aygıtı ile Kurulan Aydınlatma Düzeni	95
7.2.3.2	D2 Tipi Aydınlatma Aygıtı ile Kurulan Aydınlatma Düzeni	100
7.2.4	Opal Yayıclıly Aygıt Tipi ile Kurulan Aydınlatma Düzenleri.....	105
7.2.4.1	E1 Tipi Aydınlatma Aygıtı ile Kurulan Aydınlatma Düzeni.....	105
7.2.4.2	E2 Tipi Aydınlatma Aygıtı ile Kurulan Aydınlatma Düzeni.....	110
7.2.5	Kurulan Aydınlatma Düzenlerinin Aydınliğı Niteliğı Yönünden Değerlendirilmesi.....	114
7.2.6	Kurulan Aydınlatma Düzenlerinin Enerji Harcaması Yönünden Değerlendirilmesi	116
7.2.6.1	Bütünleşik Aydınlatma Düzeni Kullanımı	117
7.2.6.2	Bütünleşik Aydınlatma Düzenlerinin Değerlendirilmesi	124
8	ÖNERİLEN AYDINLATMA DÜZENİNİN UYGULANMASINA İLİŞKİN ALAN ÇALIŞMASI	125
8.1	Mevcut Aydınlatma Düzeninin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi.....	126
8.1.1	Aydınlik Düzeyi Ölçümleri.....	129
8.1.2	Işıklılık Ölçümleri.....	134
8.1.3	Mevcut Aydınlatma Düzeninin Değerlendirilmesi.....	137
8.2	Önerilen Aydınlatma Düzeni	140
8.2.1	Aydınlik Düzeyi Ölçümleri.....	141

8.2.2	Işıklılık Ölçümleri.....	145
8.2.3	Önerilen Aydınlatma Düzeninin Değerlendirilmesi	148
8.3	Anket Çalışması.....	150
8.3.1	Anket Yanıtlarının Değerlendirilmesi	151
9	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	168
KAYNAKLAR		171
EK		175
Ek	Anket Soruları.....	176
ÖZGEÇMİŞ		179



SİMGE LİSTESİ

C	Karşıtlık
E	Aydınlık düzeyi
E_{ort}	Ortalama aydınlık düzeyi
E_{min}	Minimum aydınlık düzeyi
E_i	Dolaylı aydınlık düzeyi
L	Işıklılık
L_b	Görme alanındaki ortalama ışıklılık
L_j	J. kamaşma kaynağının ışıklılığı
L_s	Aydınlatma aygıtının ışıklılığı
p	Pozisyon indeksi
r	Yansıtma çarpanı
R_a	Renksel geriverim
T_c	Renk sıcaklığı
v	Aydınlatma aygıtının geriverimi
ω	Gözlemcinin bulunduğu noktadan aygıtı gören uzay açısı
W	Güç

KISALTMA LİSTESİ

CIBSE	The Chartered Institution of Building Services Engineers
CIE	Commission Internationale de L'éclairage
CRT	Cathode Ray Tube
EİEİ	Elektrik İşleri Etüd İdaresi
GI	Glare Index
IES	The Illuminating Engineering Society of North America
MEB	Milli Eğitim Bakanlığı
OLC	Omnidirectional Luminance Control
UGR	Unified Glare Rating
VCP	Visual Comfort Probability
VDT	Video Display Terminal
VDU	Video Display Unit



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1 Bir derslik hacminde değişik işlevlerin yapılması.....	7
Şekil 3.2 Seçilen tip derslik hacmi plan ve kesiti	9
Şekil 3.3 Çeşitli eğimli tavan ve çatı biçimleri.....	10
Şekil 4.1 Görme açıları, alanları	20
Şekil 4.2 Bakış doğrultusuna paralel yerleştirilmiş ve yan yüzeylerinden ışık vermeyen aydınlatma aygıtları için CIE'nin ışıklılık sınır eğrileri	26
Şekil 4.3 Bakış doğrultusuna dik yerleştirilmiş ve yan yüzeylerinden ışık vermeyen aydınlatma aygıtları için CIE'nin ışıklılık sınır eğrileri	26
Şekil 4.4 Göz, ekran ve kaynak için tipik geometri.....	33
Şekil 7.1 Seçilen tip derslik hacminin plan ve kesiti	52
Şekil 7.2 Seçilen tip derslik hacminde hesaplama yapılan noktaların dağılımı	53
Şekil 7.3 21 Eylül/21 Mart saat 9.00, 12.00 ve 16.00 için aydınlık dağılımları	56
Şekil 7.4 21 Aralık saat 9.00, 12.00 ve 16.00 için aydınlık dağılımları	57
Şekil 7.5 A1 tipi aydınlatma aygıtının en kesiti ve ışık yeğinlik eğrisi.....	60
Şekil 7.6 A2 tipi aydınlatma aygıtının en kesiti ve ışık yeğinlik eğrisi	60
Şekil 7.7 B1 tipi aydınlatma aygıtının en kesiti ve ışık yeğinlik eğrisi	60
Şekil 7.8 B2 tipi aydınlatma aygıtının en kesiti ve ışık yeğinlik eğrisi	61
Şekil 7.9 C1 tipi aydınlatma aygıtının en kesiti ve ışık yeğinlik eğrisi	61
Şekil 7.10 C2 tipi aydınlatma aygıtının en kesiti ve ışık yeğinlik eğrisi	62
Şekil 7.11 D1 tipi aydınlatma aygıtının en kesiti ve ışık yeğinlik eğrisi	62
Şekil 7.12 D2 tipi aydınlatma aygıtının en kesiti ve ışık yeğinlik eğrisi	63
Şekil 7.13 E1 tipi aydınlatma aygıtının en kesiti ve ışık yeğinlik eğrisi	63
Şekil 7.14 E2 tipi aydınlatma aygıtının en kesiti ve ışık yeğinlik eğrisi	63
Şekil 7.15 F tipi aydınlatma aygıtının en kesiti ve ışık yeğinlik eğrisi.....	64
Şekil 7.16 A1 tipi aygıtın hacimdeki yerleşimi	65
Şekil 7.17 A1 tipi aygıtla, çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerinde oluşan aydınlık dağılımı.....	66
Şekil 7.18 A1 tipi aygıtla, ön duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	67
Şekil 7.19 A1 tipi aygıtla, sağ yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	68
Şekil 7.20 A1 tipi aygıtla, sol yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	68
Şekil 7.21 A1 tipi aygıtla, arka duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	68
Şekil 7.22 A2 tipi aygıtın hacimdeki yerleşimi	70
Şekil 7.23 A2 tipi aygıtla çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	71
Şekil 7.24 A2 tipi aygıtla, ön duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	72
Şekil 7.25 A2 tipi aygıtla, sağ yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	73
Şekil 7.26 A2 tipi aygıtla, sol yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	73
Şekil 7.27 A2 tipi aygıtla, arka duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	73
Şekil 7.28 B1 tipi aygıtın hacimdeki yerleşimi	75
Şekil 7.29 B1 tipi aygıtla, çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	76
Şekil 7.30 B1 tipi aygıtla, ön duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	77
Şekil 7.31 B1 tipi aygıtla, sağ yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	78
Şekil 7.32 B1 tipi aygıtla, sol yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	78
Şekil 7.33 B1 tipi aygıtla, arka duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı.....	78
Şekil 7.34 B2 tipi aygıtın hacimdeki yerleşimi	80
Şekil 7.35 B2 tipi aygıtla, çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	81
Şekil 7.36 B2 tipi aygıtla, ön duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	82
Şekil 7.37 B2 tipi aygıtla, sağ yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı.....	83
Şekil 7.38 B2 tipi aygıtla, sol yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	83
Şekil 7.39 B2 tipi aygıtla, arka duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı.....	83
Şekil 7.40 C1 tipi aygıtın hacimdeki yerleşimi	85

Şekil 7.41 C1 tipi aygıtla, çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	86
Şekil 7.42 C1 tipi aygıtla, ön duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	87
Şekil 7.43 C1 tipi aygıtla, sağ yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	88
Şekil 7.44 C1 tipi aygıtla, sol yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	88
Şekil 7.45 C1 tipi aygıtla, arka duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	88
Şekil 7.46 C2 tipi aygıtın hacimdeki yerleşimi	90
Şekil 7.47 C2 tipi aygıtla, çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	91
Şekil 7.48 C2 tipi aygıtla, ön duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	92
Şekil 7.49 C2 tipi aygıtla, sağ yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	93
Şekil 7.50 C2 tipi aygıtla, sol yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	93
Şekil 7.51 C2 tipi aygıtla, arka duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	93
Şekil 7.52 D1 tipi aygıtın hacimdeki yerleşimi	95
Şekil 7.53 D1 tipi aygıtla, çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	96
Şekil 7.54 D1 tipi aygıtla, ön duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	97
Şekil 7.55 D1 tipi aygıtla, sağ yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	98
Şekil 7.56 D1 tipi aygıtla, sol yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	98
Şekil 7.57 D1 tipi aygıtla, arka duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	98
Şekil 7.58 D2 tipi aygıtın hacimdeki yerleşimi	100
Şekil 7.59 D2 tipi aygıtla, çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	101
Şekil 7.60 D2 tipi aygıtla, ön duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	102
Şekil 7.61 D2 tipi aygıtla, sağ yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	103
Şekil 7.62 D2 tipi aygıtla, sol yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	103
Şekil 7.63 D2 tipi aygıtla, arka duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	104
Şekil 7.64 E1 tipi aygıtın hacimdeki yerleşimi	105
Şekil 7.65 E1 tipi aygıtla, çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	106
Şekil 7.66 E1 tipi aygıtla, ön duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	107
Şekil 7.67 E1 tipi aygıtla, sağ yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	108
Şekil 7.68 E1 tipi aygıtla, sol yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	108
Şekil 7.69 E1 tipi aygıtla, arka duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	108
Şekil 7.70 E2 tipi aygıtın hacimdeki yerleşimi	110
Şekil 7.71 E2 tipi aygıtla, çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	111
Şekil 7.72 E2 tipi aygıtla, ön duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	112
Şekil 7.73 E2 tipi aygıtla, sağ yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	113
Şekil 7.74 E2 tipi aygıtla, sol yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	113
Şekil 7.75 E2 tipi aygıtla, arka duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı	113
Şekil 7.76 21 Eylül/21 Mart saat 9.00, 12.00, 16.00; 21 Aralık saat 9.00 ve 12.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni	117
Şekil 7.77 21 Eylül/21 Mart saat 9.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde aydınlık dağılımları	118
Şekil 7.78 21 Eylül/21 Mart saat 12.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde aydınlık dağılımları	119
Şekil 7.79 21 Eylül/21 Mart saat 16.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde aydınlık dağılımları	120
Şekil 7.80 21 Aralık saat 9.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde aydınlık dağılımları	121
Şekil 7.81 21 Aralık saat 12.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde aydınlık dağılımları	122
Şekil 7.82 21 Aralık saat 16.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni	123

Şekil 7.83 21 Aralık saat 16.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde aydınlık dağılımları.....	124
Şekil 8.1 İncelenen derslik hacminin plan ve kesiti.....	125
Şekil 8.2 İncelenen derslik hacminin planı ve mevcut aydınlatma düzeni.....	126
Şekil 8.3 İncelenen derslik hacminin mevcut durumunu gösteren fotoğraf.....	127
Şekil 8.4 Çalışma düzlemi üzerindeki ölçüm noktalarının konumları.....	128
Şekil 8.5 Ön duvar üzerindeki ölçüm noktalarının konumları.....	128
Şekil 8.6 Sağ yan duvar üzerindeki ölçüm noktalarının konumları.....	128
Şekil 8.7 Sol yan duvar üzerindeki ölçüm noktalarının konumları.....	129
Şekil 8.8 İncelenen derslik hacminin mevcut durumunu gösteren fotoğraf.....	129
Şekil 8.9 Mevcut aydınlatma düzeninde ölçülen aydınlık dağılımları.....	133
Şekil 8.10 Önerilen aydınlatma düzeni.....	140
Şekil 8.11 İncelenen derslik hacminde önerilen aydınlatma düzenini gösteren fotoğraf.....	141
Şekil 8.12 Önerilen düzende, 24.05.2004 saat 9.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni.....	144
Şekil 8.13 Önerilen düzende, 24.05.2004 saat 9.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde aydınlık dağılımları.....	145
Şekil 8.14 Yalnızca günışığı aydınlığında, masa üzerindeki aydınlık düzeyi değerlendirmesi.....	151
Şekil 8.15 Yalnızca günışığı aydınlığında, yazı tahtası üzerindeki aydınlık düzeyi değerlendirmesi.....	151
Şekil 8.16 Yalnızca günışığı aydınlığında, yazı tahtası üzerinde yazılanların algılanmasının değerlendirilmesi.....	152
Şekil 8.17 Yalnızca günışığı aydınlığında, yazı tahtasına ya da masa üzerine güneş ışığı geldiğinde, yazmada ya da okuma güçlük çekme oranı.....	152
Şekil 8.18 Yalnızca günışığı aydınlığında, aydınlatma nedeniyle rahatsızlık duyma durumu.....	153
Şekil 8.19 Kapalı günlerde lamba ışığına gereksinim duyulan saatler.....	153
Şekil 8.20 Açık günlerde lamba ışığına gereksinim duyulan saatler.....	154
Şekil 8.21 Günışığı ve lamba ışığı aydınlığında, masa üzerindeki aydınlık düzeyi değerlendirmesi.....	154
Şekil 8.22 Günışığı ve lamba ışığı aydınlığında, yazı tahtası üzerindeki aydınlık düzeyi değerlendirmesi.....	155
Şekil 8.23 Günışığı ve lamba ışığı aydınlığında, yazı tahtası üzerinde yazılanların algılanmasının değerlendirilmesi.....	155
Şekil 8.24 Günışığı ve lamba ışığı aydınlığında, lamba ışığından kaynaklanan parlama durumu değerlendirmesi.....	156
Şekil 8.25 Günışığı ve lamba ışığı aydınlığında, masa üzerinde parlama durumu değerlendirmesi.....	156
Şekil 8.26 Günışığı ve lamba ışığı aydınlığında, masa üzerinde gölge durumu değerlendirmesi.....	157
Şekil 8.27 Günışığı ve lamba ışığı aydınlığında, lambaların parlaklığından kaynaklanan kamaşma durumu değerlendirmesi.....	157
Şekil 8.28 Günışığı ve lamba ışığı aydınlığında, yalnızca günışığı aydınlığı durumu ile karşılaştırıldığında, renk algılama durumu değerlendirmesi.....	158
Şekil 8.29 Günışığı ve lamba ışığı aydınlığında, aydınlatma nedeniyle rahatsızlık duyma durumu değerlendirmesi.....	158
Şekil 8.30 Yalnızca günışığı aydınlığında, masa üzerindeki aydınlık düzeyi değerlendirmesi.....	159
Şekil 8.31 Yalnızca günışığı aydınlığında, yazı tahtası üzerindeki aydınlık düzeyi değerlendirmesi.....	159
Şekil 8.32 Yalnızca günışığı aydınlığında, yazı tahtası üzerinde yazılanların algılanmasının değerlendirilmesi.....	160

Şekil 8.33 Yalnızca günışığı aydınlığında, yazı tahtasına ya da masa üzerine güneş ışığı geldiğinde, yazmada ya da okuma güçlük çekme oranı	160
Şekil 8.34 Yalnızca günışığı aydınlığında, aydınlatma nedeniyle rahatsızlık duyma durumu	161
Şekil 8.35 Kapalı günlerde lamba ışığına gereksinim duyulan saatler	161
Şekil 8.36 Açık günlerde lamba ışığına gereksinim duyulan saatler	162
Şekil 8.37 Günışığı ve lamba ışığı aydınlığında, masa üzerindeki aydınlık düzeyi değerlendirmesi.....	162
Şekil 8.38 Günışığı ve lamba ışığı aydınlığında, yazı tahtası üzerindeki aydınlık düzeyi değerlendirmesi.....	163
Şekil 8.39 Günışığı ve lamba ışığı aydınlığında, yazı tahtası üzerinde yazılanların algılanmasının değerlendirilmesi	163
Şekil 8.40 Günışığı ve lamba ışığı aydınlığında, lamba ışığından kaynaklanan parlama durumu değerlendirmesi	164
Şekil 8.41 Günışığı ve lamba ışığı aydınlığında, masa üzerinde parlama durumu değerlendirmesi	164
Şekil 8.42 Günışığı ve lamba ışığı aydınlığında, masa üzerinde gölge durumu değerlendirmesi.....	165
Şekil 8.43 Günışığı ve lamba ışığı aydınlığında, lambaların parlaklığından kaynaklanan kamaşma durumu değerlendirilmesi	165
Şekil 8.44 Günışığı ve lamba ışığı aydınlığında, yalnızca günışığı aydınlığı durumu ile karşılaştırıldığında, renk algılama durumu değerlendirilmesi	166
Şekil 8.45 Günışığı ve lamba ışığı aydınlığında, aydınlatma nedeniyle rahatsızlık duyma durumu değerlendirilmesi	166

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Türkiye'deki genel lise ve öğrenci sayısındaki gelişme.....	5
Çizelge 2.2 Türkiye'deki resmi ve özel okul, öğrenci, öğretmen ve derslik sayısı.....	5
Çizelge 3.1 Çeşitli ülkelerdeki öğrenci sayısı ve derslik boyutları	8
Çizelge 4.1 CEN/TC 169 "Light and Lighting" adlı Teknik Komite tarafından hazırlanan BS EN 12464-1:2002 Avrupa Normu'na göre minimum aydınlık düzeyi değerleri...	12
Çizelge 4.2 CIE Report No:29'a göre aydınlık düzeyi değerleri.....	12
Çizelge 4.3 CIBSE Code For Interior Lighting, 1994'e göre aydınlık düzeyi değerleri.....	13
Çizelge 4.4 TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası'na göre aydınlık düzeyi değerleri	13
Çizelge 4.5 Renksel geriverim değerleri (CIBSE Code For Interior Lighting, 1994).....	16
Çizelge 4.6 İç yüzeyler için önerilen yansıtma çarpanı değerleri (ILR, 2/1993).....	18
Çizelge 4.7 Değişik yüzey ve gereçlere ilişkin yansıtma çarpanı değerleri	19
Çizelge 4.8 Işıklılık karşıtlığı oranları	20
Çizelge 4.9 İç yüzeyler ve kimi nesnelerin ışıklılık değerleri	22
Çizelge 4.10 CIE tarafından önerilen minimum ekranlama açıları	27
Çizelge 4.11 Çeşitli flüoresan lambaların özellikleri	30
Çizelge 4.12 Işıklılık karşıtlığı oranları	34
Çizelge 6.1 Aydınlatma değerlendirme alet çantası için, ölçülen nicelikler, ölçme yöntemi, kullanılan ölçüt ve her ölçüt için kaynak.....	46
Çizelge 6.2 Önüç ayrı büroda çalışan 1259 kişiye yapılan anketteki her soru için kural oluşturan bilgi.....	47
Çizelge 6.3 Aydınlatma düzenlerinde kullanılan aygıtlar.....	48
Çizelge 6.4 Hesaplama sonuçları.....	49
Çizelge 6.5 Anket sonuçları.....	50
Çizelge 7.1 21 Eylül/21 Mart saat 9.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri....	55
Çizelge 7.2 21 Eylül/21 Mart saat 12.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri..	55
Çizelge 7.3 21 Eylül/21 Mart saat 16.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri..	56
Çizelge 7.4 21 Aralık saat 9.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri	56
Çizelge 7.5 21 Aralık saat 12.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri	57
Çizelge 7.6 21 Aralık saat 16.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri	57
Çizelge 7.7 Seçilen tip derslik hacminde kullanılan aydınlatma aygıtları.....	59
Çizelge 7.8 Çalışma düzleminde A1 tipi aygıtla elde edilen noktasal aydınlık düzeyi değ.....	67
Çizelge 7.9 A1 tipi aygıtla kurulan düzende, duvar yüzeylerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi değerleri.....	67
Çizelge 7.10 A1 tipi aygıtla kurulan düzende, iç yüzeylerde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri.....	69
Çizelge 7.11 Çalışma düzleminde A2 tipi aygıtla elde edilen noktasal aydınlık düzeyi değerleri.....	72
Çizelge 7.12 A2 tipi aygıtla kurulan düzende, duvar yüzeylerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi değerleri.....	72
Çizelge 7.13 A2 tipi aygıtla kurulan düzende, iç yüzeylerde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri.....	74
Çizelge 7.14 Çalışma düzleminde B1 tipi aygıtla elde edilen noktasal aydınlık düzeyi değerleri.....	77
Çizelge 7.15 B1 tipi aygıtla kurulan düzende, duvar yüzeylerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi değerleri.....	77
Çizelge 7.16 B1 tipi aygıtla kurulan düzende, iç yüzeylerde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri.....	79
Çizelge 7.17 Çalışma düzleminde B2 tipi aygıtla elde edilen noktasal aydınlık düzeyi değerleri.....	82

Çizelge 7.18 B2 tipi aygıtla kurulan düzende, duvar yüzeylerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi değerleri.....	82
Çizelge 7.19 B2 tipi aygıtla kurulan düzende, iç yüzeylerde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri.....	84
Çizelge 7.20 Çalışma düzleminde C1 tipi aygıtla elde edilen noktasal aydınlık düzeyi değerleri.....	87
Çizelge 7.21 C1 tipi aygıtla kurulan düzende, duvar yüzeylerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi değerleri.....	87
Çizelge 7.22 C1 tipi aygıtla kurulan düzende, iç yüzeylerde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri.....	89
Çizelge 7.23 Çalışma düzleminde C2 tipi aygıtla elde edilen noktasal aydınlık düzeyi değerleri.....	92
Çizelge 7.24 C2 tipi aygıtla kurulan düzende, duvar yüzeylerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi değerleri.....	92
Çizelge 7.25 C2 tipi aygıtla kurulan düzende, iç yüzeylerde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri.....	94
Çizelge 7.26 Çalışma düzleminde D1 tipi aygıtla elde edilen noktasal aydınlık düzeyi değerleri.....	97
Çizelge 7.27 D1 tipi aygıtla kurulan düzende, duvar yüzeylerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi değerleri.....	97
Çizelge 7.28 D1 tipi aygıtla kurulan düzende, iç yüzeylerde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri.....	99
Çizelge 7.29 Çalışma düzleminde D2 tipi aygıtla elde edilen noktasal aydınlık düzeyi değerleri.....	102
Çizelge 7.30 D2 tipi aygıtla kurulan düzende, duvar yüzeylerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi değerleri.....	102
Çizelge 7.31 D2 tipi aygıtla kurulan düzende, iç yüzeylerde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri.....	104
Çizelge 7.32 Çalışma düzleminde E1 tipi aygıtla elde edilen noktasal aydınlık düzeyi değerleri.....	107
Çizelge 7.33 E1 tipi aygıtla kurulan düzende, duvar yüzeylerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi değerleri.....	107
Çizelge 7.34 E1 tipi aygıtla kurulan düzende, iç yüzeylerde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri.....	109
Çizelge 7.35 Çalışma düzleminde E2 tipi aygıtla elde edilen noktasal aydınlık düzeyi değerleri.....	112
Çizelge 7.36 E2 tipi aygıtla kurulan düzende, duvar yüzeylerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi değerleri.....	112
Çizelge 7.37 E2 tipi aygıtla kurulan düzende, iç yüzeylerde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri.....	114
Çizelge 7.38 Kurulan düzenlerde, 1 lm/m ² aydınlık düzeyini sağlamak için, harcanan güç değerleri.....	116
Çizelge 7.39 21 Eylül/21 Mart saat 9.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde aydınlık düzeyi değerleri.....	118
Çizelge 7.40 21 Eylül/21 Mart saat 12.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde aydınlık düzeyi değerleri.....	119
Çizelge 7.41 21 Eylül/21 Mart saat 16.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde aydınlık düzeyi değerleri.....	120
Çizelge 7.42 21 Aralık saat 9.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde aydınlık düzeyi değerleri.....	121

Çizelge 7.43 21 Aralık saat 12.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde aydınlık düzeyi değerleri.....	122
Çizelge 7.44 21 Aralık saat 16.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde aydınlık düzeyi değerleri.....	123
Çizelge 8.1 Çalışma düzleminde lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri.....	129
Çizelge 8.2 Duvar yüzeylerinde lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri.....	130
Çizelge 8.3 Saat 9.00'da çalışma düzlemi üzerinde günışığı aydınlık düzeyi değerleri	130
Çizelge 8.4 Saat 9.00'da duvar yüzeylerinde günışığı aydınlık düzeyi değerleri.....	131
Çizelge 8.5 Saat 12.00'de çalışma düzlemi üzerinde günışığı aydınlık düzeyi değerleri	131
Çizelge 8.6 Saat 12.00'de duvar yüzeylerinde günışığı aydınlık düzeyi değerleri	132
Çizelge 8.7 Saat 16.00'da çalışma düzlemi üzerinde günışığı aydınlık düzeyi değerleri	132
Çizelge 8.8 Saat 16.00'da duvar yüzeylerinde günışığı aydınlık düzeyi değerleri	133
Çizelge 8.9 Çalışma düzleminde yalnızca lamba ışığı durumunda ölçülen ışıklılık değerleri	134
Çizelge 8.10 Duvar yüzeylerinde yalnızca lamba ışığı durumunda ölçülen ışıklılık değerleri	134
Çizelge 8.11 Çalışma düzleminde, saat 9.00'da yalnızca günışığı aydınlığında ölçülen ışıklılık değerleri.....	135
Çizelge 8.12 Duvar yüzeylerinde, saat 9.00'da yalnızca günışığı aydınlığında ölçülen ışıklılık değerleri.....	135
Çizelge 8.13 Çalışma düzleminde, saat 12.00'de yalnızca günışığı aydınlığında ölçülen ışıklılık değerleri	136
Çizelge 8.14 Duvar yüzeylerinde, saat 12.00'de yalnızca günışığı aydınlığında ölçülen ışıklılık değerleri	136
Çizelge 8.15 Çalışma düzleminde, saat 16.00'da yalnızca günışığı aydınlığında ölçülen ışıklılık değerleri	137
Çizelge 8.16 Duvar yüzeylerinde, saat 16.00'da yalnızca günışığı aydınlığında ölçülen ışıklılık değerleri	137
Çizelge 8.17 Önerilen düzende, çalışma düzleminde lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri ..	142
Çizelge 8.18 Önerilen düzende, duvar yüzeylerinde lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri ..	142
Çizelge 8.19 Saat 9.00'da çalışma düzlemi üzerinde günışığı aydınlık düzeyi değerleri	143
Çizelge 8.20 Saat 9.00'da duvar yüzeylerinde günışığı aydınlık düzeyi değerleri	143
Çizelge 8.21 Saat 9.00'da çalışma düzlemi üzerinde lamba ışığı desteği (bütünleşik aydınlatma) ile oluşan aydınlık düzeyi değerleri	144
Çizelge 8.22 Çalışma düzleminde yalnızca lamba ışığı durumunda ölçülen ışıklılık değerleri	145
Çizelge 8.23 Duvar yüzeylerinde yalnızca lamba ışığı durumunda ölçülen ışıklılık değerleri	146
Çizelge 8.24 Çalışma düzleminde, saat 9.00'da yalnızca günışığı aydınlığında ölçülen ışıklılık değerleri.....	146
Çizelge 8.25 Duvar yüzeylerinde, saat 9.00'da yalnızca günışığı aydınlığında ölçülen ışıklılık değerleri.....	147
Çizelge 8.26 Saat 9.00'da çalışma düzlemi üzerinde lamba ışığı desteği (bütünleşik aydınlatma) ile oluşan ışıklılık değerleri.....	147
Çizelge 8.27 Mevcut ve önerilen aydınlatma düzenlerinin enerji harcaması yönünden karşılaştırması	150

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, dersliklerde, yeterli nicelik ve uygun nitelikte aydınlatma ile görsel konforu sağlayan, aynı zamanda da enerjinin optimum kullanımını olanaklı kılan aydınlatma düzenleri oluşturulmasında temel etmenler belirlenerek, bunların mimari tasarım aşamasında, bir tasarım ölçütü olarak değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Bu çalışmam boyunca, beni destekleyerek, ilgi ve anlayış gösteren, doktora tez danışmanım, değerli hocam, Sayın Prof. Müjgan Şerefhanoglu Sözen'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez izleme komitesi üyeleri, değerli hocalarım, Sayın Prof.Dr. Mehmet Şener Küçükdoğu ve Sayın Prof.Dr. Zekiye Abalı'ya, yardımlarından ötürü, teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince, ilgi, yardım ve desteklerini her zaman hissettiğim, Türk Philips Aydınlatma, Proje Departmanı Müdürü, Sayın Engin Cebeci'ye ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu çalışmamın çeşitli aşamalarında, yardımlarını esirgemeyen, Y.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, Yapı Fiziği Bilim Dalı'ndaki değerli hocalarıma ve araştırma görevlisi arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda belirlediğim aydınlatma düzeninin uygulanmasında, yardım ve desteklerini esirgemeyen, FMV Özel Ayazağa Işık Lisesi Müdürü Sayın Cengiz Ülkerdoğan'a, Öğretmen Sayın Fatma Önal'a ve lisenin teknik personeline teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, aydınlatma aygıtlarının lise dersliğine montajını gerçekleştiren, Sayın Hayrettin Calbaz'a ve teknik personeline teşekkür ederim.

Günlüğü aydınlık düzeyi hesaplamalarında verdiği destekten ötürü, Y.Mimar Özlem F.Çelik'e ve FMV Özel Ayazağa Işık Lisesi'ndeki ölçmeler ve anket çalışmaları sırasındaki yardımlarından ötürü, Mimar Şensin Aydın'a teşekkür ederim.

Tüm eğitimim boyunca, sürekli destek olan ve yardım eden başta değerli annem, babam ve kardeşim olmak üzere, tüm aileme; arkadaşlarıma ve ayrıca, ilgi, yardım ve desteğini esirgemeyen değerli eşime içtenlikle teşekkür ederim.

ÖZET

Okul yapılarında, eğitim açısından, en önemli ve genel fiziksel mekanlar, dersliklerdir. Dersliklerin ana işlevi, öğrencilerin başarılarının istenen düzeyde olması ve sağlıklarının sürekliliği için, fizik ortam öğeleri açısından konforlu ortamı sağlamaktır. Derslikler, çeşitli görsel eylemlerin gerçekleştirildiği mekanlar olduğundan, fizik ortam koşullarından biri olan görsel konforun sağlanması, öncelikle önem taşıyan bir konudur. Dünyada ve ülkemizde, aydınlatmada harcanan enerjinin büyüklüğü nedeniyle, özellikle, derslik gibi uzun süreli ve gün boyu kullanılan hacimlerde, optimum enerji kullanımı da önem verilmesi gereken bir konudur. Bu çalışmada amaç, derslik aydınlatma tasarımının ölçütlerinin belirlenmesi, optimum enerji kullanımının derslikler açısından değerlendirilmesi ve dersliklerin görsel konfor ve optimum enerji kullanımına uygunluğunu ölçecek bir değerlendirme yönteminin, bir yaklaşımın geliştirilmesidir. Bu çalışma, dokuz ana bölüm ve bir ek bölümünden oluşmaktadır.

Bölüm 1’de, genel olarak, çalışmanın amacı ve kapsamı belirtilmiştir.

Bölüm 2’de, eğitimin genel tanımı ve önemine değinilmiş, ülkemizde eğitim sisteminin genel yapısı ve ortaöğretim kurumları anlatılmıştır.

Bölüm 3’te, derslik tasarımında, mimari tasarım ve uygun fizik ortam koşullarının yaratılması yönünden gereken temel ölçütler belirtilmiştir.

Bölüm 4’te, derslik aydınlatmasının önemine değinilerek, dersliklerde görsel konfor koşulları açıklanmıştır. Görsel konfor koşullarını sağlamaya yönelik, doğal ve yapma aydınlatma düzenleri anlatılmıştır. Bilgisayar kullanılan dersliklerde aydınlatma düzenlerine ilişkin temel bilgiler verilmiştir.

Bölüm 5’te, dünyada ve ülkemizde toplam elektrik tüketimi içinde, aydınlatmanın payı belirtilerek, aydınlatmada optimum enerji kullanımı açısından genel etkenler açıklanmıştır.

Bölüm 6’da, yapılan literatür araştırması sonucunda elde edilen, dünyada ve ülkemizdeki görsel konfora yönelik çalışmalar ile optimum enerji kullanımı konusunda yapılan çalışmalar irdelenmiştir.

Bölüm 7’de, seçilen tip derslik hacminde, görsel konfor ve optimum enerji kullanımına yönelik olarak, doğal ve yapma aydınlatma düzenleri ile günışığı ve lamba ışığının birlikte kullanıldığı bütünleşik aydınlatma düzenleri ele alınmıştır. 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.

Bölüm 8’de, görsel konfor ve optimum enerji kullanımı yönlerinden en iyi sonucu veren, aydınlatma düzeninin uygulamadaki durumunu incelemek amacıyla, bir alan çalışması gerçekleştirilmiştir. Seçilen derslikte, mevcut ve öneri aydınlatma düzenleri, ölçme ve anketlerle incelenerek, değerlendirilmiştir.

Bölüm 9’da, aydınlığın niceliği, aydınlığın niteliği ve enerji harcaması ile ilgili değerlendirmeler sonucunda elde edilen verilerin, dersliklerde, görsel konfor ve optimum enerji kullanımına ilişkin bir yaklaşım oluşturduğu vurgulanmıştır.

Anahtar kelimeler: Derslik, aydınlatma, görsel konfor, optimum enerji kullanımı.

ABSTRACT

In school buildings, classrooms are most important physical spaces. The main function of a classroom is to provide an environment in which different learning activities can be performed in safety physical and psychological comfort. Since classrooms are spaces where visual tasks are performed, primarily important subject is providing visual comfort. Another important subject for spaces which are used all day long such as classrooms is use of optimum energy, because of high energy consumption in lighting. The aim of this study is to determine the design criteria of classroom lighting, to evaluate use of optimum energy from a classroom design point of view and to develop a new approach which can be used for the evaluation of the visual comfort and use of optimum energy in classrooms. The study consists of eight chapters.

In the first chapter, generally the aim and the scope of the study is determined.

In the second chapter, the general definition and importance of education is mentioned and the educational system structure and secondary education institutions of our country are explained.

In the third chapter, the fundamental criteria about the architectural planning and the creation of appropriate physical environment conditions are determined for classroom design.

In the fourth chapter, the importance of classroom lighting and the criteria of visual comfort in classroom lighting is explained. The natural and artificial lighting design that enable to obtain visual comfort are explained. The general information on lighting design of the classrooms regarding computer use is given.

In the fifth chapter, in both the world's and our country's electricity consumption, the share of lighting is determined and the general factors concerning optimum energy use in lighting are explained.

In the sixth chapter, the studies about visual comfort and the studies on optimum energy use in the world and in our country, are examined.

In the seventh chapter, according to the chosen type of classroom and regarding visual comfort and optimum energy use, integrated lighting systems that allow natural and artificial lighting designs along with daylight and artificial light use are explained. The daylighting levels in the classroom space for determined days and hours are given. Besides, luminaires with different reflecting and diffusing properties and suitable for classroom lighting are selected to establish ten different lighting designs in typical classroom. These designs are evaluated in terms of visual comfort factors which are lighting quantity, lighting quality and also energy consumption.

In the eighth chapter, in order to examine the application of the lighting design that has the best results concerning visual comfort and optimum energy consumption, a field study is established. In the chosen classroom, the existing and the suggested lighting designs are evaluated by measurements and questionnaires.

In the ninth chapter, it is emphasized that the data regarding the evaluation of lighting quantity, lighting quality and energy consumption is an approach to the visual comfort and the use of optimum energy.

Keywords: Classroom, lighting, visual comfort, use of optimum energy.

1. GİRİŞ

Eğitim, tüm dünyada ve özellikle, gelişmekte olan ülkelerde, büyük önem taşıyan bir konudur. Ülkemiz de gelişmekte olan ve Avrupa Birliği'ne girme süreci içinde olan bir ülke olarak, uluslararası standartlara ulaşmak açısından, eğitime büyük değer ve önem vermektedir. Avrupa Birliği içinde yer aldıktan sonra, Türkiye'de her açıdan köklü değişiklikler yaşanacağından, eğitime duyulan talebin niteliği de değişecektir. AB'ne geçişin doğru bir biçimde gerçekleşmesi için, her alanda olduğu gibi, eğitim ve okul sisteminde de, önemli bir hazırlığın yapılması gerekmektedir. Öteki alanlarda yapılacak geçiş çalışmaları, yeni eğitim anlayışı ve uygulamaları ile desteklenmelidir. Eğitim kurumları, bireyleri, yalnızca, ulusal gereksinimlere göre değil, aynı zamanda Avrupa'nın gereksinimlerini de dikkate alarak, yetiştirmelidir. Bu durumda, eğitim anlayışı ve standartlarının yeniden gözden geçirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, eğitim ortamlarının yani okulların fiziksel konfor koşullarının iyileştirilmesi, ülkemiz için gerçekleştirilmesi gereken çalışmalar içinde ilk sıralarda bulunmaktadır.

Eğitim yapılarının en önemli ve genel fiziksel mekanı olan derslikler, insanların, ilk çocukluktan (3-6 yaş), gençliğe (19-24 yaş) kadar olan süreçte, yaşamlarının büyük bir bölümünü geçirdikleri mekanlar olmaları nedeniyle, büyük önem taşımaktadır. Öğrencilerin, bulundukları derslik hacimlerinde, yaptıkları işlerin niteliğine göre, olabildiğince yorulmadan, istekli ve verimli bir biçimde çalışmalarının sağlanması; bir başka deyişle, uygun fizik ortam koşullarının oluşturulması gerekmektedir. Fizik ortamı oluşturan, ses, ışık, renk, ısı ve nem gibi öğelerin, insanların gerçekleştirdikleri çeşitli eylemlerin özelliklerine göre, nicel ve nitel yönden en uygun duruma getirilmesi ve korunması, konforun sağlanması açısından önemlidir.

Eğitim sürecinde, görsel algılamamanın öğrenmedeki katkısı, öteki duyu organlarının katkılarından daha fazladır. Dolayısıyla, öğrenmenin tam, eksiksiz, doğru, yorulmadan ve çok fazla çaba harcamadan yapılabilmesi, iyi görme koşullarının yani görsel konforun sağlanmasına bağlıdır. Bununla beraber, yeterli nicelik ve iyi nitelikli aydınlatma sağlanması, önemli bir tasarım ölçütü olmalıdır. En başarılı tasarımlar, doğru planlamanın ve okulun eğitimsel gereksinimlerinin karşılanması yanında, kullanıcıların fiziksel ihtiyaçlarını da karşılamaya yönelik uygun fizik ortamların yaratılmasını sağlayan çözümlerle de bütünleşmelidir. Bu, okuldaki çeşitli etkinliklerin görsel gereksinimlerinin ayrıntılı bir biçimde bilinmesi, görme eyleminin temel fizyolojik özelliklerinin anlaşılması ve uygun aydınlatma teknolojisinin kavranması ile olanaklıdır.

Yapma aydınlatma düzenlerinde, nicelik ve nitelik yönünden uygun aydınlatma sağlanmasının yanı sıra, optimum enerji kullanımı da önemli bir etmendir. Ülkemizde, yapma aydınlatmada kullanılan elektrik enerjisi, tüketilen tüm elektrik enerjisi içinde, değişik işlevlere sahip yapılar için, yaklaşık olarak %20-25 arasındadır (EİEİ, 2000). Özellikle, okullar gibi, gün boyunca kullanılan yapılarda, görsel konfordan ödün vermeden sağlanan optimum enerji kullanımı ile büyük oranda enerji tasarrufu elde edileceği açıktır. Optimum enerji kullanımına yönelik olarak seçilecek, uygun aydınlatma elemanlarıyla (lamba, aygıt vb.), kullanım süresinde bakım giderleri de azaltılmış olacaktır. Görsel konfor ve optimum enerji kullanımı yönünden uygun aydınlatma düzenlerinin gün boyunca kullanımında, enerjinin korunumu açısından, günışığından yararlanma konusu da büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, aydınlığa nicelik yönünden fazla gereksinme duyulan okul yapılarında, tasarım aşamasında, aydınlatma düzenleri çözümlenirken, günışığı ile lamba ışığının birlikte ele alındığı bütünsel aydınlatma düzenleri kurulmalıdır. Böylece, dersliklerde, optimum enerji kullanımı ile görsel konforun sağlanması ve kullanım süresince, kullanım ve bakım giderlerinin azaltılmasının, ülke ekonomisine ve eğitimin niteliğinin yükseltilmesine katkısı da büyük olacaktır.

Bu çalışmada, dersliklerde, yapma aydınlatma konusu ele alınmış, yeterli nicelik ve uygun nitelikte aydınlatma ile görsel konforu sağlayan, aynı zamanda da, enerjinin optimum kullanımını olanaklı kılan yapma aydınlatma düzenleri oluşturularak; bunların, görsel konfor ve enerji kullanımı açısından değerlendirilmesi sonucunda elde edilen bilgilerin, mimari tasarım aşamasında, bir tasarım ölçütü olarak kullanılması amaçlanmıştır.

2. EĞİTİMİN TANIMI VE ÖNEMİ

Eğitim, en genel anlamıyla, insanları belli amaçlara göre yetiştirme sürecidir. Bu süreçten geçen insanın kişiliği farklılaşır. Bu farklılaşma, eğitim sürecinde kazanılan bilgi, beceri, tutum ve değerler yoluyla gerçekleşir. Günümüzde, okullar, eğitim sürecinin en önemli kısmını oluşturur. Okullarda eğitim, belli amaçlar doğrultusunda, önceden hazırlanmış programlara göre yürütülür. Okul sistemi, insanların belli yaş dönemlerinde gösterdikleri ortak davranış özelliklerine uygun olarak düzenlenmiş ve eğitim programları, insan gelişiminin özelliklerine uygun olarak biçimlendirilmiştir (Fidan, Erden, 2001).

Okullar, verilen eğitim düzeyi ve niteliğine göre, anaokulu, ilköğretim okulu, lise, meslek okulu, yüksek okul ve üniversite gibi çeşitli adlar alabilir. Bu okulların herbirinin kendine özgü amaçları, eğitim programları ve öğretim yöntemleri bulunmaktadır.

Okul eğitiminin, genelde, eğitim programı, öğrenci, öğretmen, yönetici, bina ve araç gereçler, çevre olmak üzere, altı temel ögesi vardır. Birbirleri ile etkileşim içinde olan bu öğelerin herbiri, okul eğitiminin niteliğini etkiler. Bu öğelerden birindeki aksaklık ya da eksiklik, eğitimin amaçlarına ulaşmasını olumsuz etkileyebilir.

2.1 Türkiye’de Eğitim Sisteminin Genel Yapısı

1973 yılında, 21739 sayılı Milli Eğitim Temel Kanunu’na göre, ülkemizde eğitim sistemi, örgün eğitim ve yaygın eğitim olmak üzere, iki ana bölümden oluşmaktadır. Örgün eğitim, okul öncesi eğitim, ilköğretim, ortaöğretim ve yüksek öğretim kurumlarını kapsamaktadır. Yaygın eğitim ise, örgün eğitimin yanında ya da dışında düzenlenen eğitim faaliyetlerinin tümünü kapsar.

Bu çalışmanın kapsamında, ortaöğretim kurumları içinde genel liseler ele alınmıştır.

2.1.1 Ortaöğretim Kurumları

Ortaöğretim, 15-17 yaş grubunu kapsayan, öğrencileri, yüksek öğretim kurumlarına hazırlamayı ve onlara bir meslek kazandırmayı amaçlayan eğitim devresidir. Ülkemizde, ortaöğretim kurumları, üç yıllık genel liseler ile dört yıllık teknik ve meslek liseleridir.

Günümüzde, ortaöğretimin en önemli işlevi, yüksek öğretime öğrenci yetiştirmektir. Yüksek öğretimde verilen eğitim, büyük ölçüde, ortaöğretimde kazanılan bilgi ve tecrübelerle dayanmaktadır. Yüksek öğretim kurumlarında, öğrencilerin başarıları, ortaöğretim kurumlarındaki eğitimin niteliğine bağlıdır. Ayrıca, ortaöğretim kurumları, bürokrasinin,

sanayi kuruluşlarının, hizmet ve tarım sektörünün ihtiyacı olan orta düzeydeki memur, sekreter, usta, nitelikli işçi, teknisyen, sağlık memuru, hemşire, din adamı vb. ara insan gücünü yetiştirmede, önemli rol oynamaktadır.

Milli Eğitim Temel Kanunu'na göre, ortaöğretimin amaç ve görevleri, Milli Eğitim'in genel amaçlarına ve temel ilkelerine uygun olarak,

- öğrencilere ortaöğretim düzeyinde, asgari ortak bir genel kültür vermek, birey ve toplum sorunlarını tanıtmak, çözüm yolları aramak ve ülkenin sosyoekonomik ve kültürel kalkınmasına katkıda bulunacak bilinci kazandırmak,
- öğrencileri, çeşitli program ve okullarla ilgili, ilgi, yeti ve yetenekleri ölçüsünde ve doğrultusunda, yüksek öğretime, hem yüksek öğretime hem mesleğe ya da geleceğe ve iş alanlarına hazırlamak,

biçiminde sıralanabilir (M.E.B.).

İlköğretimi tamamlayan ve ortaöğretime girmeye hak kazanmış her öğrenci, ortaöğretime devam etme ve ortaöğretim olanaklarından ilgi ve yetenekleri ölçüsünde yararlanma hakkına sahiptir.

2.1.2 Türkiye'de Ortaöğretim

Ülkemizde, 1927 yılında, yalnızca 19 lise bulunurken, 2002-2003 öğretim yılında bu sayı, genel ve mesleki-teknik ortaöğretim olmak üzere, 5812'ye çıkmıştır. Okul sayısı ile birlikte, öğrenci sayısında da büyük bir artış gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle, özellikle büyük yerleşim merkezlerindeki liselerde, dersliklere düşen öğrenci sayısı artmış ve zaman içinde, ikili öğretime geçilmiştir (Fidan, Erden, 2001; Demirel, 2000; M.E.B., 2003). Çizelge 2.1'de Türkiye'de genel ortaöğretimde, lise ve öğrenci sayısındaki gelişme verilmiştir.

Eğitime duyulan talebin hızla artması, devlet okullarının yanı sıra özel okulların yaygınlaşmasına neden olmuştur. Özel okulların yaygınlaşması sonucunda da, eğitim sektöründe bir yarışma doğmuş, eğitim hizmetlerinde niteliğin artması, maliyetin azalması söz konusu olmuştur. Ayrıca, özel okul sayısındaki artış ile, devlet okullarında azalan öğrenci oranında, devlet tasarruf yapabilir ve buna dayalı olarak da devlet okullarında öğrenci başına düşen, birim harcamalar yükseltilebilir. Çizelge 2.2'de, 2002-2003 öğretim yılındaki, resmi ve özel ortaöğretim okulu (genel lise), öğrenci, öğretmen ve derslik sayısı verilmiştir.

Çizelge 2.1 Türkiye'deki genel ortaöğretimde lise ve öğrenci sayısındaki gelişme

(Fidan, Erden, 2001; Demirel, 2000; M.E.B., 2004)

Yıllar	Lise sayısı	Erkek öğr.	Kız öğr.	Toplam öğr.
1927-28	19	2.748	1.071	3.819
1934-35	69	7.744	2.103	9.847
1939-40	80	20.232	6.023	26.255
1944-45	76	22.082	5.652	27.734
1949-50	88	17.042	4.398	21.440
1954-55	112	27.471	7.898	35.369
1959-60	190	46.278	16.090	62.368
1964-65	223	72.584	25.351	97.935
1969-70	448	54.028	60.922	114.950
1973-74	718	207.966	96.405	304.371
1983-84	1.190	308.388	221.377	529.765
1984-85	1.239	328.673	246.074	574.747
1988-89	1.506	412.070	307.802	719.872
1989-90	1.700	-	-	750.091
1993-94	2.312	-	-	1.154.367
2003-2004	2.830	-	-	1.711.573

Çizelge 2.2 Türkiye'deki resmi ve özel okul, öğrenci, öğretmen ve derslik sayısı

(M.E.B. 2003-2004 öğretim yılı)

Okul türü	Okul sayısı	Öğrenci sayısı	Öğretmen sayısı	Derslik sayısı
Resmî	2.286	1.642.274	78.361	41.610
Özel	544	69.299	7.655	7.840

3. OKUL YAPILARI VE DERSLİK TASARIMI

Okul, genel olarak, çeşitli derecelerde eğitim ve öğretimin yapıldığı yer olarak tanımlanır. (Hasol, 1990). Okul yapılarında bulunan mekanlar, derslik, laboratuvar, kütüphane, yönetim bölümü, konferans salonu, çok amaçlı salon, spor salonu, yemekhane ve mutfak, depo ve teknik servis hacimleri vb. olarak sıralanabilir. Ayrıca, bu mekanları birbirine bağlayan dolaşım (sirkülasyon) alanları olarak, yatayda koridor, düşeyde ise, merdiven ve asansörler bulunmaktadır.

Okul eğitimi, genellikle, dersliklerde yürütülür. Okul yapıları, iç ve dış mekan düzeni açısından, öteki yapılardan farklıdır. Ayrıca, okul yapılarının niteliği, eğitim düzeylerine ve okulda verilen eğitimin türüne göre değişir. Okul yapılarının büyüklüğünün öğrenci sayısı ile uyumlu olması gerekmektedir. Okulun fiziksel yapısının ve içinde kullanılan araç gereçlerin yeterli nitelikte olması, bir yandan öğrenmeyi kolaylaştırırken, öte yandan da, öğrencilerin okul ve derslere yönelik tutumlarını olumlu yönde etkiler.

Bu çalışmada, okulun en önemli ve genel fiziksel mekanı olan derslikler ele alınarak, konu sınırlandırılmıştır.

3.1 Derslik Tasarımı

Derslikler, genelde görsel eylemlerin ağırlık kazandığı mekanlar olup, yapılan eylemler, okuma, yazma, ders dinleme, çizim, el işleri vb. yapma, bilgisayar kullanma vb. biçiminde sıralanabilir.

Derslik tasarımında ele alınması gereken temel ölçütler;

mimari tasarım yönünden;

- hacmin konumu (yönü),
- hacmin boyut ve biçimleri,
- hacmin tefrişi,
 - oturma düzeni,
 - öğretmen yeri,
 - askı, depo vb.,
 - yazı tahtası, pencere vb. duvar öğelerinin kullanımı,
 - bilgisayar, projeksiyon ve televizyon kullanımı,

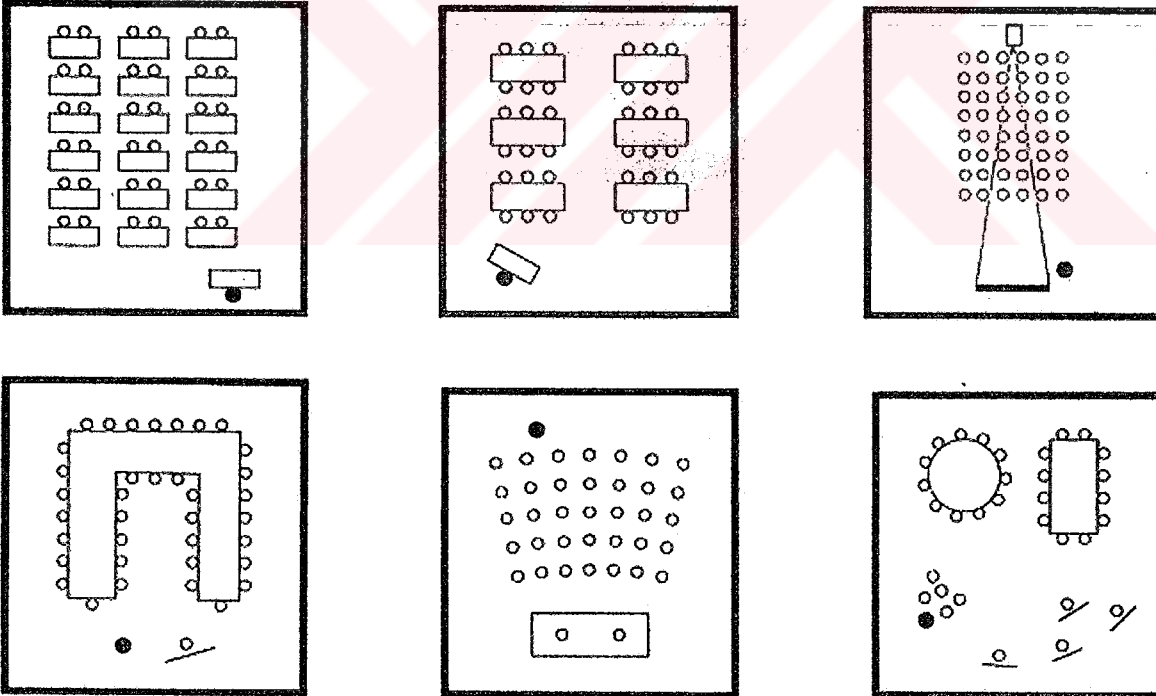
uygun fizik ortam koşullarının yaratılması yönünden;

- aydınlatma (doğal – yapma),
- renk
- ısısal konfor (edilgen sistem – etken sistem),
- havalandırma (doğal – yapma),
- akustik tasarımı (hacim akustiği – gürültü denetimi),

olarak sıralanabilir.

Dersliklerin baktığı ana yönler, güney, güneydoğu ve güneybatı olmalıdır. Dersliklerin boyut ve biçimleri, değişik türdeki eğitim etkinlikleri, öğrenci sayısı ve kişi başına düşen alana göre belirlenmektedir.

Dersliklerde, klasik öğretim, grup çalışması, görsel-işitsel gösteri, el işi çalışmaları vb. değişik türdeki etkinlikler için farklı büyüklükte alanlar gerekmektedir. Bu işlevlerin aynı hacim içinde yapılabilmesi söz konusu ise, optimum biçim ve büyüklükte alan üzerinde durmak uygundur (Bkz. Şekil 3.1) .



Şekil 3.1 Bir derslik hacminde, değişik işlevlerin yapılması

Bir derslikte gerekli alan, dünyadaki çeşitli ülkelerde, öğrenci başına 1 – 2.50 m² arasında değişmektedir. Bunun yanı sıra, derslik içindeki öğrenci sayısı da, gerek pedagojik, gerekse psikolojik eğitim yöntemleri ile ilişkili olarak her ülkeye göre değişmektedir. Ayrıca, öğrenci başına düşen alan ve bir derslikteki öğrenci sayısının belirlenmesinde ülkelerin ekonomik ve sosyal yönden gelişmişlik düzeylerinin de önemi bulunmaktadır. Seslendirmesiz dersliklerle ilgili olarak yapılan boyutlar ve yoğunluk taramasından elde edilen sonuçlar, Çizelge 3.1’de sunulmuştur. (Karabiber, 1987)

Çizelge 3.1 Çeşitli ülkelerdeki öğrenci sayısı ve derslik boyutları

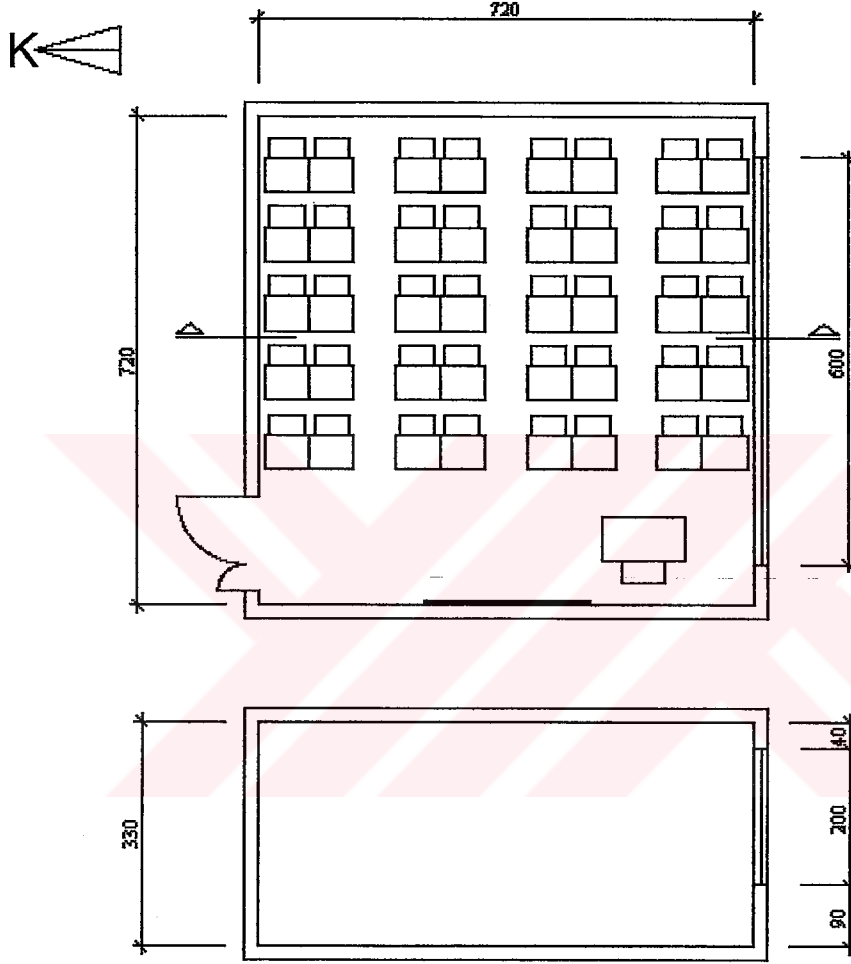
Şehir/Bölge - Ülke	Öğrenci sayısı	Hacim (m ³)	Taban alanı (m ²)	Yükseklik (m)	Öğrenci başına taban alanı (m ²)	Öğrenci başına hacim (m ³)
Prusya-Almanya	48-54	173	54	3.20	1.00 - 1.20	3.50 - 4.00
Leipzig-Almanya	38-40	200	55	3.50	1.50	5.50
Hamburg-Almanya	25	187	52	3.60	2.08	7.50
İsviçre	48	231	68	3.40	1.42	4.82
Amerika	40	292	80	3.65	2.00	7.30

Ülkemizdeki dersliklerin boyut ve biçimleri ile ilgili olarak yapılan literatür araştırması ve gözlemler sonucunda, taban alanının genel olarak, 50-65 m² arasında değiştiği görülmektedir. Bunun yanında, bir derslikteki öğrenci sayısı da ortalama olarak, 24-40 kişi arasında bulunmaktadır. Böylece, bir derslikte kişi başına düşen alan, 1.25-2.50 m² arasında belirlenebilir.

Derslik biçimleri ise, yukarıda belirlenen alan gereksinimine göre, kare ya da kareye yakın dikdörtgen biçiminde olmaktadır. Buna göre, çok çeşitli boyutlar üretmek olanaklıdır. Ancak, doğal aydınlatmanın uygun kullanımı açısından, hacim derinliğinin 8.00 m. yi aşmaması önerilmektedir.

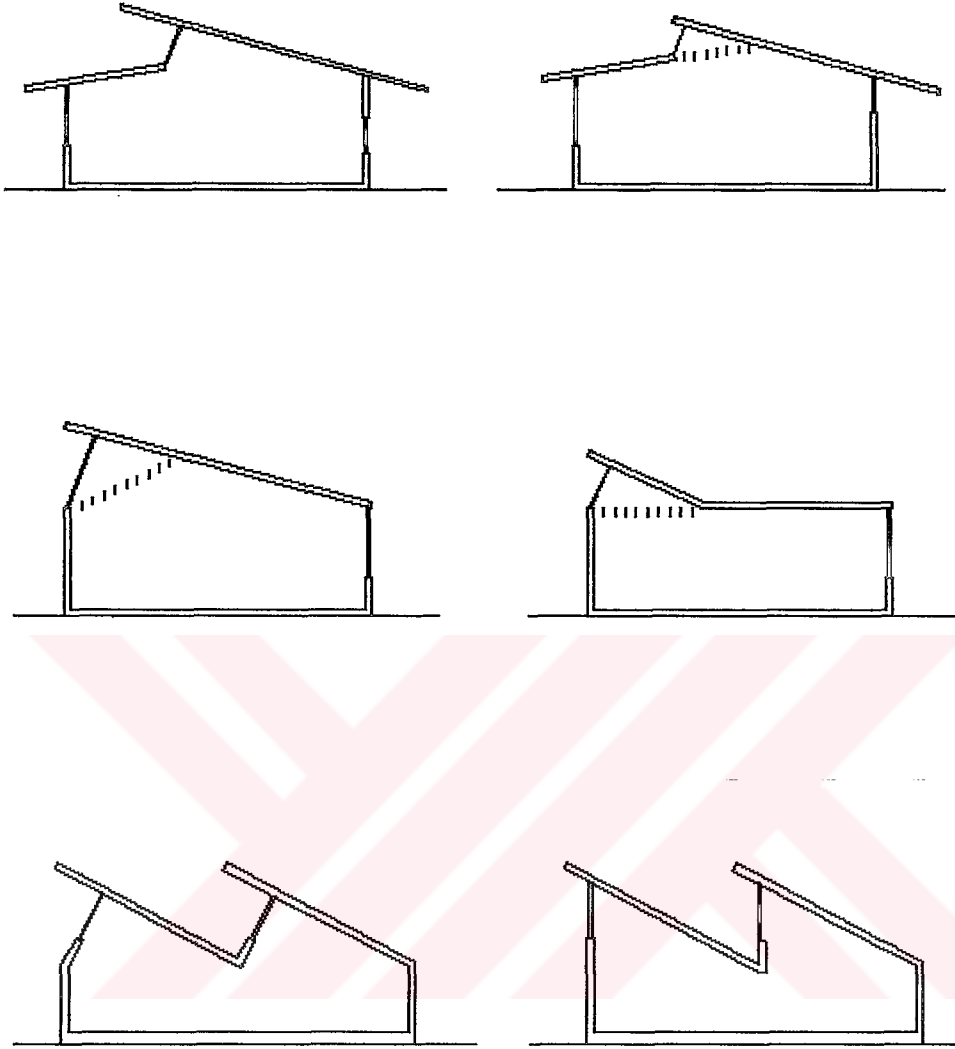
Bu doğrultuda, derslik boyutları belirlenirken, mimari tasarım modüllerinden de yararlanılabilir. Örneğin, 1.20 m., 1.25 m. vb. pencere aks ölçüleri ya da 2.40 m., 3.00 m. ya da 3.60 m. vb. taşıyıcı sistem aks ölçülerinin katlarından yararlanılarak derslik hacmi boyutları üretilebilir.

Bu çalışmada, tip derslik hacmi olarak, yukarıda belirtilen sınırlamalar ve modüllere uyan; ayrıca, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından yaptırılan tip lise projelerinde de kullanılan, 7.20 x 7.20 x 3.30 m. boyutlarındaki hacim seçilmiştir (Şekil 3.2). Ülkemizde, genel olarak uygulanmakta olan tip projelerde, dersliklerin 40 öğrenci için planlandığı göz önünde tutularak, bu hacimde, 40 öğrencinin bulunduğu varsayılmıştır.



Şekil 3.2 Seçilen tip derslik hacmi plan ve kesiti

Dersliklerde kesit özellikleri farklı olan hacimlerin tasarımı da söz konusudur. Günışığından yararlanma ve havalandırma yönünden olumlu olan çeşitli eğimli tavan ve çatı biçimleri Şekil 3.3'de gösterilmiştir. Bu tür çatı tipleri, daha çok tek katlı ya da çatı katları olan ilköğretim yapılarında kullanılmakta olup, ülkemizde, okul yapılarının büyük çoğunluğu, arsa maliyeti vb. nedenlerden ötürü, çok katlı olarak tasarlanmaktadır.



Şekil 3.3 Çeşitli eğimli tavan ve çatı biçimleri (Budde, Theil, 1969)

4. DERSLİK AYDINLATMASI

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

4.1 Dersliklerde Görsel Konfor Koşulları

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

- aydınlığın niceliği,
 - aydınlığın niteliği,
- konularının yanında,
- çevrede yer alan duvar, tavan vb. yüzey özellikleri,
 - ışıklılık – kamaşma,

olarak değerlendirilebilir.

4.1.1 Aydınlanmanın Niceliği

Aydınlanmanın niceliği, ışığın azlığı çokluğu ile ilgili bir kavram olup, “aydınlık düzeyi” diye tanımlanır. Bir mekanda gerekli minimum aydınlık düzeyi, o mekanda yapılan eyleme, yani mekanın işlevine, bir başka deyişle, yapılan işin niteliğine ve kimi zaman ve koşullarda ise çalışanların özelliklerine göre belirlenir. Eğitim yapılarının çeşitli hacimleri için, değişik ülke ve standartlar tarafından önerilen, sağlanması istenilen minimum aydınlık düzeyi değerleri Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 CEN/TC 169 “Light and Lighting” adlı Teknik Komite tarafından hazırlanan BS EN 12464-1:2002 Avrupa Normu’na göre minimum aydınlık düzeyi değerleri

Hacim	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
Derslikler	300
Akşam eğitimi ve yetişkin eğitimi yapılan derslikler	500
Amfiler	500
Yazı tahtası	500
Sanat atelyeleri	500
Sanat okulları içindeki sanat atelyeleri	750
Teknik çizim derslikleri	750
Laboratuvarlar	500
Elişi derslikleri	500
Workshop	500
Müzik odaları	300
Bilgisayar odaları	300
Yabancı dil laboratuvarı	300
Giriş holleri	200
Dolaşım alanları ve koridorlar	100
Merdivenler	150
Ortak öğrenci odaları ve toplantı salonları	200
Öğretmenler odası	300
Kütüphane: raflar	200
Kütüphane: okuma alanları	500
Eğitim araç gereçleri deposu	100
Spor salonları, jimnastik odaları, yüzme havuzları	300
Kantinler	200
Mutfak	500

Çizelge 4.2 CIE Report No:29’a göre aydınlık düzeyi değerleri

Hacim	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
Derslikler	500
Amfiler	500
Sanat atelyeleri	500
Laboratuvarlar	500
Workshop	300
Dolaşım alanları ve koridorlar	100
Merdivenler	150
Kütüphane: okuma alanları	500
Eğitim araç gereçleri deposu	100
Jimnastik odaları	500

Çizelge 4.3 CIBSE Code For Interior Lighting, 1994'e göre aydınlık düzeyi değerleri

Hacim	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
Derslikler	300
Amfiler	300-500
Sanat atelyeleri	500
Laboratuvarlar	500
Workshop	300
Dolaşım alanları ve koridorlar	100
Merdivenler	150
Kütüphane: okuma alanları	300
Müzik odaları	300
Eğitim araç gereçleri deposu	150
Jimnastik odaları, spor salonları	300

Çizelge 4.4 TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası'na göre aydınlık düzeyi değerleri

Hacim	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
Derslikler	250
Resim derslikleri	400
Deney derslikleri	300
Atelyeler	250
Workshop	300
Toplantı salonu	150
Jimnastik salonu	150

Çizelgeler incelendiğinde, değişik ülkelere göre, hacimler için sağlanması istenilen aydınlık düzeyi değerlerinin ayrımlar gösterdiği görülmektedir. Çizelge 4.4'de verilen, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası tarafından önerilen minimum aydınlık düzeyi değerleri, uluslararası standartlar tarafından önerilen değerlerin altında bulunmaktadır. Ülkemiz için, ayrıca, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı ile yapılan görüşme sonucunda, çalışmalarında, aydınlık düzeyi değerleri ile ilgili olarak, uluslararası standartlardan yararlanıldığı bildirilmiştir. Bu tez çalışmasında yapılan örneklere temel oluşturmak amacıyla ve Avrupa Birliği standartlarına da uygunluk açısından, derslik hacimleri için minimum aydınlık düzeyi değeri, 500 lm/m² olarak alınmıştır.

4.1.2 Aydınliğın Niteliği

Yukarıda değinilen aydınlığın niceliği konusu, karanlıktan aydınlığa doğru değişen tek boyutlu bir kavram olup, aydınlığın azlığını çokluğunu ifade eder. Görme organı, bu değişime, gözden beyne ulaşan sistemde, değişik kademelerdeki ayarlamalarla, büyük oranda uyabilir, yani, gzn, değişik aydınlık düzeylerine ve zaman içindeki değişimlere belli uyma yeteneği söz konusudur.

Aydınlığın niteliği ise, çok boyutlu ve karışık bir kavramdır. Aydınliğın niteliğinin, görsel algılama konu ya da konularının özelliklerine göre belirlenmesi gerekir. Böylece, görme koşulları en iyi biçimde sağlanmış olur.

Görsel algılama konusunun, yani, görülmesi gereken nesneler bütününün özelliklerine uygun olmayan bir aydınlık niteliği, gerekli görme koşullarını sağlayamaz. Yukarıda da belirtildiği gibi, görme organı, aydınlığın niceliğine göre, kendiliğinden uyma yapabiliyorken, yanlış nitelikteki aydınlıklara uyma yaparak, kesinlikle görme koşullarını düzeltemez. Bu nedenle, iyi görme koşullarının sağlanmasında, aydınlığın niteliği çok büyük önem taşır. Aydınliğın niteliğinin yanlış belirlenmesi durumunda, görsel algılama yanlış olur. Nesne ya da nesne grubu, gerçek niteliğine uymayan, tamamen değişik bir biçim, renk ya da yapıda algılanabilir.

Derslik aydınlatmasında, aydınlığın niteliği, önemle üzerinde durulması gereken bir konudur. Dersliklerde, görsel konforun sağlanması ve görsel eylemlerin gerektiği gibi gerçekleştirilebilmesi yönünden, aydınlığın niteliğinin doğru bir biçimde belirlenmesi gerekmektedir.

Aydınlığın niteliği ile ilgili konular,

- Aydınliğı oluşturan ışığın rengi (tayfsal yapısı),
- Aydınliğı oluşturan ışığın doğrultusal yapısı ve aydınlıkta oluşan gölgelerin niteliği,
- Aydınlik düzeyi dağılımları

olarak ele alınabilir.

4.1.2.1 Aydınliğı Oluşturan ışığın Rengi (Tayfsal Yapısı)

Aydınliğı oluşturan ışığın, “rengi” ile “tayfsal yapısı” szkleri eşanlımlı olarak kullanılıyorsa da, bunların birbirlerinden ayrı kavramlar olduğu belirtilmelidir. Her tayfsal yapının, belli bir rengi vardır. Ancak, belli bir ışık rengi, çok değişik tayfsal yapılarla elde edilebilir. Bunun nedeni, görme organının, rengi algılama biçiminin tayfsal yapıya bağlı olmayıp, belli bir l değerlendirme sistemine bağlı olmasıdır.

Nesnelerin görünen rengi, yani, bu nesnelerden yansıyarak ya da geçerek göze gelen ışığın rengi, bu nesneleri aydınlatan ışığın tayfsal özelliklerine bağlıdır. Değişik renklerde nesnelerin yer aldığı bir mekanda, tüm renklerin gerçek renklerinde (özrenklerinde) görünmesini sağlamak için, bu renkli nesneleri aydınlatan ışığın renksel niteliğinin doğru olarak belirlenmesi gerekir. Aydınlatığı oluşturan ışığın, renksel niteliğinin saptanmasında;

- ışığın rengi,
- ışığın renk sıcaklığı,
- ışığın renksel geriverim indeksi,

belirlemeleri kullanılmaktadır.

Işık Rengi

Bir ışık kaynağının yayımladığı ışığın rengi söz konusu olduğunda, “sıcak ışık” ve “soğuk ışık” deyimleri kullanılır. Genel olarak, güneş ışığı, akkor lambaların pembemsi sarı ışığı vb. renkteki ışıklar, “sıcak ışık”; kapalı gök ışığı ve buna benzer renkteki ışıklar ise “soğuk ışık” olarak nitelendirilebilir.

Işık Renk Sıcaklığı

Bir ışığın renk sıcaklığı (T_c), kısaca, aynı renksellikte bulunan kara cismin sıcaklığı olarak tanımlanır ve Kelvin (K) derecesi ile belirlenir (Sirel, 1984).

Bir ışık kaynağının renk sıcaklığının belirlenmesi, yayımladığı ışığın rengi açısından önem taşır. Renk sıcaklığı bilindiğinde, ışığın rengi de saptanabilir. Uygulama açısından, ışık kaynaklarının renk sıcaklığı, CIE tarafından aşağıda belirtilen biçimde, üç bölüme ayrılmıştır:

- | | |
|------------------------------------|-------------------|
| • Renk sıcaklığı < 3300 K | Sıcak renkli ışık |
| • 3300 K < Renk sıcaklığı < 5000 K | Ilık renkli ışık |
| • 5000 K < Renk sıcaklığı | Soğuk renkli ışık |

Işık Renksel Geriverim İndeksi

Bir ışık kaynağının yayımladığı ışığın, tayfsal yapısı konusunda, daha kesin bir belirleme, renksel geriverim indeksi (R_a) saptanması ile olanaklıdır. Işık kaynağının renksel geriverimi, o kaynağın ışık akısının, CIE'nin saptadığı sekiz tayfsal alana dağılışına bağlı olarak belirlenmektedir. Söz konusu indekste, kaynakların olabilecek, renksel geriverim değerlerine göre dört ana bölüm oluşturulmuş olup, bunlara ilişkin sayısal değerler ve belirlemeler, Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5 Renksel geriverim değerleri (CIBSE Code For Interior Lighting, 1994)

Renksel Geriverim Sınıfı	CIE Renksel Geriverim İndeksi	Uygulama Alanı
1 (Çok iyi)		
1A	$R_a > 90$	Hassas renk eşleme, renkli baskı, müze vb. doğru renk görmenin zorunlu olduğu hacimler
1B	$80 < R_a < 90$	
2 (İyi)		
2A	$70 < R_a < 80$	Doğru renk görmenin önemli olduğu hacimler
2B	$60 < R_a < 70$	
3 (Orta)	$40 < R_a < 60$	Doğru renk görmenin pek önemli olmadığı, ancak, belirgin renk dönmelerinin istenmediği hacimler
4 (Kötü)	$20 < R_a < 40$	Doğru renk görmenin önemli olmadığı ve renk dönmelerinin kabul edilebildiği hacimler

Kapalı bir mekan içine, pencerelerden giren günışığının (güneş ışığı + gök ışığı) renksel niteliği, kuramsal beyaz ışığa yakın, oldukça düzgün tayflı beyaz ışıktır. Güneşin olmadığı durumlardaki gök ışığı ise, soğuk nitelikte ve açık mavi renktedir.

Dersliklerde, genel aydınlatma açısından, günışığı kullanımı, renksel niteliği yönünden uygundur. Ancak, günışığının niceliğinin yetersiz olduğu durumlarda devreye giren yapay aydınlatma düzeninde de, ışık rengi açısından, günışığına benzeyen, tayfi düzgün ve renksel geriverimi yüksek ışık kaynakları kullanılmalıdır.

4.1.2.2 Aydınlanma Oluşturan Işığın Doğrultusal Yapısı ve Aydınlanma Oluşturan Gölgelemlerin Niteliği

Belli bir düzlem üzerine düşen ışık akısı, tek bir doğrultudan, birkaç doğrultudan ya da sonsuz doğrultulardan gelebilir. Aynı zamanda, bunların, değişik oranlarda karışımları da söz konusu olabilir. Bu özellik, ışığın doğrultusal yapısıdır (Sirel, 1992).

Bir düzlem üzerine düşen ışık akısı;

- Tek bir doğrultudan ya da birbirleri ile ufak açılar yapan bir doğrultu demetinden geliyorsa, doğrultulu ışık alanı,
- Birçok ya da sonsuz doğrultulardan geliyorsa, yayınlık ışık alanı,
- Her iki durum da, değişen oranlarda, birlikte oluyorsa, baskın doğrultulu ışık alanı, oluşur.

İrili ufaklı nesnelerde, üçboyutlu dokularda, kırık ya da bükümlü yüzeylerde, ışığın doğrultusal yapısına göre, değişik biçimde ve özellikte, gölgeler oluşur. Bu gölgeler, görsel algılamamızın iyi ya da kötü olmasında önemli rol oynar.

Kapalı bir mekan içinde, ışık kaynağı gölge atan nesneye uzak ve/ya da boyutu küçükse, bu aydınlıkta oluşan gölge, sert; ışık kaynağı yakın ve boyutu büyükse, gölge niteliği, yumuşak olur. Bu tür gölgeler, mekanın iç yüzeylerinden ve öteki nesnelerin yüzeylerinden yansıyan ve/ya da aynı mekan içindeki bir başka ışık kaynağından gelen ışık ile aydınlandığında, sert-saydam ve yumuşak-saydam; hiçbir biçimde aydınlanmadığı durumda ise, sert-kara ve yumuşak-kara olarak adlandırılır.

Açık mekanlarda, günışığı (güneş ışığı + gök ışığı), baskın doğrultulu bir ışık alanı oluştururken, kapalı gök koşulunda (yalnız gök ışığı) ise, yayınlık ışık alanı oluşur. Baskın doğrultulu ışık alanında oluşan gölgelerin niteliği, genel olarak, yumuşak-saydam olurken, yayınlık ışık alanında gölge oluşmaz. Kapalı mekanlarda, pencereler, ışık kaynağı durumuna geçer. Pencerelerin konumuna, boyutlarına ve gök koşullarına göre, gölge niteliği ve ışığın doğrultusal yapısı değişir. Doğal aydınlatma düzenleri ile istenen gölge niteliği ve doğrultusal yapının elde edilmesi, genellikle, özel düzenlemeler dışında, hemen hemen olanaksızdır.

Dersliklerde, genelde, yayınlık ışık alanı oluşturan bir aydınlatma düzeni kurulması ve gölgesiz bir aydınlık oluşturulması gerekir.

4.1.2.3 Aydınlık Düzeyi Dağılımları

Bir mekanda, aydınlık düzeyinin, birbirinden değişik nitelikler gösteren, temelde, iki ayrı dağılım özelliğinden söz edilebilir. Bunlar, genel aydınlatma ve bölgesel aydınlatma olarak adlandırılır. Genel aydınlatma ise, düzgün ve değişken yayılmış genel aydınlatma olarak iki biçimde ele alınabilir.

Dersliklerde, mekanın her bölgesindeki işlevin, dolayısıyla, aydınlık gereksiniminin benzer olduğunu gösteren, düzgün yayılmış genel aydınlatma yapılmalıdır. En az aydınlık düzeyinin, ortalama aydınlık düzeyine oranının 0.70'den büyük olması durumunda ($E_{min}/E_{ort} \geq 0.70$), aydınlık düzeyi, düzgün yayılmış varsayılır (BS EN 12464-1:2002). Ancak, yalnızca, çalışma düzlemi üzerinde, yüksek aydınlık düzeyi istenen durumlarda, belli düzeyde, genel aydınlatmaya ek olarak, bölgesel aydınlatma yapılabilir. Bölgesel aydınlatma düzeyi, yapılan işlerin niteliğine bağlı olarak, genelde, genel aydınlatma düzeyinden daha yüksek olmalı ve bölgesel aydınlatma için sıcak renkli bir ışık kaynağı kullanılmalıdır. Bir mekanda, belli bir süre için, yalnızca, bölgesel aydınlatma gereksinimi olsa bile, belli düzeyde genel aydınlığın

eşlik etmesi, ışıklılık karşıtlıklarından doğabilecek yorulmaların önlenmesi açısından, gereklidir.

Yandan pencereci hacimlerde, hacmin derinliklerine doğru azalan günışığının, çalışma düzlemi üzerindeki dağılımı, düzgün yayılmamış genel aydınlatma niteliği gösterir. Ayrıca, doğal aydınlatma düzenleri ile bölgesel aydınlatma yapmak, yine, özel düzenlemeler dışında, hemen hemen olanaksızdır.

4.1.3 Çevrede Yer Alan Yüzeylerin Özellikleri

Görsel konforu etkileyen önemli bir konu da, çevrede yer alan duvar, tavan vb. yüzeylerin özellikleridir. Bir derslik mekanının iç yüzeylerinin ve mekanda bulunan nesnelerin,

- ışık yansıtma çarpanı,
- ışık yansıtma biçimi,

görsel konforu etkileyen etkenlerdir.

İç yüzeylerin ve nesnelerin yansıtma çarpanları, hacimdeki ortalama aydınlık düzeyine dolaylı katkı, ışıklılık karşıtlıkları ve renk etkileşimi açılarından önem taşır. Buna bağlı olarak, geniş alan kaplayan iç yüzeylerin ışık yansıtma çarpanları, görsel konforu etkileyen önemli bir etkindir. Bir hacimde, iç yüzeylerin yansıtma çarpanlarının, belli değerler arasında olması gerekmektedir. Derslik hacimlerinin iç yüzeyleri için önerilen yansıtma çarpanı değerleri, Çizelge 4.6'da, değişik yüzey ve gereçlere ilişkin yansıtma çarpanı değerleri de, Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.6 İç yüzeyler için önerilen yansıtma çarpanı değerleri (ILR, 2/1993)

İç yüzey	Yansıtma çarpanı
Tavan	0.70 ve daha fazla
Duvarlar	0.50-0.70
Pencereli duvar	0.60 ve daha fazla
Perde vb. elemanlar	0.40-0.60
Döşeme	0.10-0.30
Çalışma düzlemi	0.30 ve daha fazla
Mobilyalar	0.20-0.50

Cizelge 4.7 Değişik yüzey ve gereçlere ilişkin yansıtma çarpanı değerleri
(Şerefhanoglu, 1972)

Yüzey ve gereçler	Yansıtma çarpanı
Beyaz kireç badana (kirli-temiz)	0.60-0.80
Beyaz yağlı boya	0.75-0.80
Siyah kadife	0.05-0.10
Beyaz kağıt	0.60-0.80
Beyaz fayans	0.70
Beyaz mermer	0.70-0.80
Cilalı meşe (koyu-açık)	0.15-0.50

Yazı tahtasının, bulunduğu duvar üzerinde dikkat çekici olması için, yansıtma çarpanının duvarın yansıtma çarpanından yüksek olması ve üzerinde yazılanların kolayca algılanabilmesi için de, tahta yüzeyi ile yazılar arasındaki ışıklılık karşıtlığının yüksek olması önerilmektedir.

Bir iç mekanda, yüzeylerin ışık yansıtma biçimleri, yani, mat ya da parlak olmaları görme alanında ışıklılık oranlarının değişimine yol açar. Düzgün yansıma yapan parlak yüzeylerde, çevrede yer alan yüksek ışıklılıktaki pencere yüzeyleri ve ışık kaynakları gibi nesnelerin görüntüsü oluşur. Yansıma nedeniyle oluşan bu görüntüler, çoğu kez, kamaşmaya neden olarak, bakılan nesne ve/ya da alanın yeterince iyi algılanamamasına yol açar. Dersliklerde, özellikle, çalışma masaları vb. yüzeylerin neden olabileceği yansıma ile kamaşmadan kaçınmak için, bunların izotrop yayımlık yansıma yapan mat yüzeyler olması yeğlenmelidir.

4.1.4 Işıklılık

Bir mekanda, aydınlığın nicelik ve nitelik olarak uygun koşulları sağlıyor olması, görsel konforun tam olarak sağlanması için yeterli değildir. Çünkü, insanlar çevrelerindeki nesne ve yüzeyleri, görünen tek ışıkölçümsel büyüklük olan ışıklılıkları (L) ile algırlar.

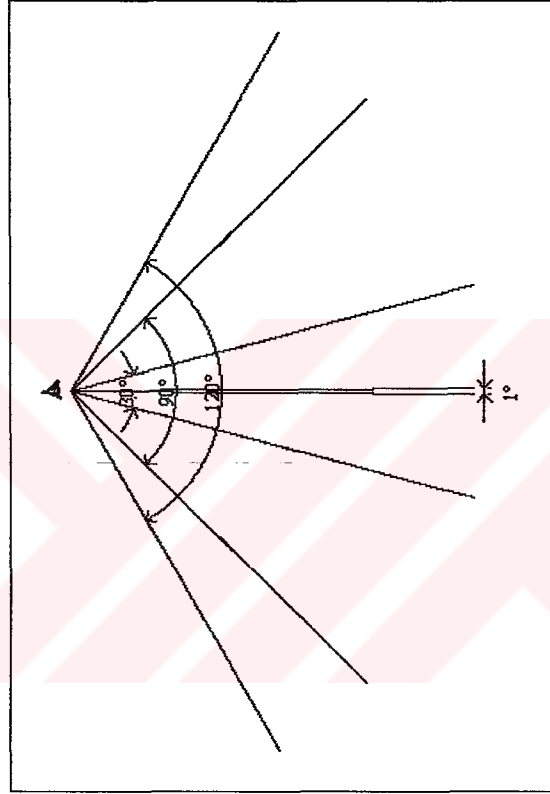
$$\text{Işıklılık } (L) = \text{Aydınlık düzeyi } (E) \times \text{Yansıtma çarpanı } (r) \quad (4.1)$$

İyi bir görsel algılama için, ışıklılık karşıtlığı, gerekli bir etkidir. Örneğin, bir iç mekanda, hiçbir karşıtlık olmasaydı (iç yüzeyleri tümüyle beyaz olsaydı), o mekanın, biçimini ve iç görünüşünü algılamak zor olurdu. Buna karşın, görme alanındaki çok yüksek bir ışıklılık karşıtlığı da, aynı biçimde rahatsız edicidir ve kamaşmaya neden olabilir.

Karşıtlık, öznel olarak, özellikle, mekan ya da zaman içinde, yanyana duyumsal uyartılarda nicel ya da nitel bir karşı olma etkisidir. Nesnel olarak ise, farklı ışıklılıklar arasındaki orandır. Karşıtlığın simgesi “c” olup, 4.2’deki formülle ifade edilir (Şerefhanoglu, 1972).

$$c = \frac{L2 - L1}{L1} \quad (4.2)$$

Dersliklerde, ışıklılık karşıtlıklarının neden olduğu olumsuz etkilerin ortadan kaldırılması ve görsel algılama açısından uygun bir çevrenin oluşturulabilmesi için, görme alanına giren değişik yüzey ve nesnelerin ışıklılıkları arasında, belli oranların olması ve bunların belirli sınırlar içinde kalması gerekir. Sağlanması gereken karşıtlık oranları, Şekil 4.1 ve Çizelge 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.1 Görme açıları - alanları

Çizelge 4.8 Işıklılık karşıtlığı oranları (Şerefhanoglu, 1972)

Görme açıları - alanları	Işıklılıklar arasındaki oran
Bakılan alan (1°)-Merkez alan (30°)	1-1/3
Bakılan alan (1°)-Dış alan (90°)	1-1/10
Bakılan alan (1°)-Bütün alan (120°)	1-1/40

Görüş alanı içindeki ışıklılık dağılımı, aydınlatma tasarımında, en önemli kriterlerden biridir. Belli bir aydınlık düzeyinde, ışıklılık dağılımındaki ayrımlar, yüzey yansıtma çarpanlarındaki ayrımlara bağlıdır. Aydınlık düzeyinin görsel eylem için yeterli olmasına karşın, tüm iç mekanda kabul edilebilir bir ışıklılık dağılımı dengesi (düzgünlüğü) sağlanamayabilir. Bu düzgünlük ya da düzgünsüzlük, iç mekan yüzeylerinin yansıtma çarpanlarına bağlıdır. Işıklılık dağılımının mekan içindeki önem dereceleri,

- eylem alanındaki ışıklılık dağılımı,
- mekan iç yüzeyleri için ışıklılık oranları,
- aydınlatma aygıtlarının ve pencerelerin ışıklılığını sınırlayarak, kamaşmadan kaçınmak,

olarak sıralanabilir.

Eylem Alanındaki Işıklılık Dağılımı:

Bir eylemin görsel performansını arttırmak için, eylemin çevresinin ışıklılığı, eyleminkinden daha düşük olmalı, fakat 1/3'ünden daha düşük olmamalıdır. Görsel performansı sağlamak için, ışıklılık dağılımına ek olarak, eylem alanındaki renk karşıtlıklarının oluşturulması da önem taşımaktadır. Bu özellikle, ışıklılık karşıtlıklarının düşük olduğu durumlarda doğrudur (Anon., 1993).

Mekan İç Yüzeyleri Işıklılıkları:

Tercih edilen duvar ışıklılığı:

Araştırmalar, tercih edilen duvar ışıklılığının, eylemin aydınlık düzeyine bağlı olduğunu göstermiştir. Eğer aydınlık düzeyi, 500-1000 lm/m² arasında ise, duvar ışıklılığı 50-100 cd/m² arasında olmalıdır. Bu değerleri sağlayacak duvar yansıtma çarpanları ise, 0.50 ve 0.80 arasında olmalıdır (Anon., 1993).

Tercih edilen tavan ışıklılığı:

Tavanın ışıklılığı, iç mekanda rahat bir etki yaratacak ve tavan ile tavana tesbit edilen aygıtlar arasındaki ışıklılık karşıtlığını en aza indirecek kadar yüksek olmalıdır. Tavanın kendisinin kamaşma yaratmasını önlemek için, tavan ışıklılığının 500 cd/m² den az olması tercih edilmektedir (Anon., 1993).

Mekan içinde yer alan iç yüzeyler ve kimi nesnelerin ışıklılık değerleri, Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9 İç yüzeyler ve kimi nesnelerin ışıklılık değerleri (Anon., 1993)

İç yüzey - Nesne	İşıklılık- L (cd/m^2)
Tavan ($r=0.70$, $E_{\text{ort}}=500 \text{ lm/m}^2$)	30
Döşeme ($r=0.30$, $E_{\text{ort}}=500 \text{ lm/m}^2$)	50
Duvarlar ($r=0.50-0.80$, $E_{\text{ort}}=500-1000 \text{ lm/m}^2$)	50-100
Masa yüzeyi ($r=0.60$, $E_{\text{ort}}=500 \text{ lm/m}^2$)	95
Pencere (açık gök)	4000-8000
Pencere (kapalı gök)	2000-4000

4.1.5 Kamaşma

Kamaşma, CIE tarafından, ışıklılıkların uygun olmayan dağılımları ya da aşırı bir karşıtlık sonucu, nesnelerin ya da bunların ayrıntılarının ayırt edilmesinde bir yetenek eksikliği ya da bir güçlük, bir sıkıntıya yol açan görme koşulları olarak tanımlanır (Sirel, 1997). Işıklılıkların uygun olmayan dağılımı, çok yüksek ışıklılıklar ve/ya da zaman veya mekan içinde ışıklılıkların aşırı değişimi kamaşmanın oluşmasına neden olur.

Kamaşmanın oluşmasına neden olan etkenler;

- kaynağın büyüklüğü ve ışıklılığı,
- kaynağın ilgili doğrultudaki ışık yeğinliği,
- kaynağın görme alanındaki konumu,
- ortamın genel ışıklılığı,
- görsel işlevin süresi

olarak sıralanabilir.

Kamaşma, kişide yarattığı duyulanmaların niteliğine göre, konforsuzluk kamaşması ve yetersizlik kamaşması olmak üzere başlıca iki bölümde ele alınabilir. Bu kamaşma türleri, oluş biçimlerine göre, kendi içlerinde, dolaysız kamaşma ve yansıyarak kamaşma olarak ikiye ayrılır.

Konforsuzluk kamaşması ve yetersizlik kamaşması, birbirine benzer biçimde ortaya çıksa da, birbirlerinden çok farklı durumlardır. Yetersizlik kamaşması, temelde, göze gelen ışık miktarına bağlı olup, kaynağın ışıklılığından büyük oranda bağımsızdır. Ancak, konforsuzluk kamaşmasında, kaynağın ışıklılığı temel etkidir. Ayrıca, yetersizlik kamaşmasının, zamana

bağlı olmamasına karşın, konforsuzluk kamaşması, kişilerin uzun süre yüksek ışıklılığa sahip kaynakların olduğu, derslik, büro vb. çalışma ortamlarında, zaman içinde daha rahatsız edici duruma gelebilir.

Bir iç aydınlatma düzeninde, lamba ve aydınlatma aygıtlarından kaynaklanan kamaşmanın denetlenmesinde, konforsuzluk kamaşmasının denetlenmesi, yetersizlik kamaşmasının denetlenmesinden daha önemlidir. Ayrıca, konforsuzluk kamaşmasının yeterli olarak denetimi, yetersizlik kamaşmasını da ortadan kaldıracaktır.

• **Konforsuzluk Kamaşması**

Konforsuzluk kamaşması, kişide nesnelerin görsel algılamasına zarar vermeksizin hoş olmayan duyulanmalara neden olan kamaşma türüdür. Görme alanı içindeki ışıklılık karşıtlıklarının artması sonucu, gözbebeği, yapısı gereği, büyüyüp küçülerek, ortamdaki değişik ışıklılıklara uymaya çalıştığından, görme organı, zaman içinde zorlanır ve yorulur. Kişinin denetimi dışında, görme organında sürekli olan bu hareketler, kişide, belli bir süre sonra ortaya çıkan, yorgunluk, rahatsızlık, dikkatin dağılması gibi olumsuz etkilere neden olabilir.

Ayrıca, bakılan nesne ile yakın çevrenin ışıklılığı arasındaki etkileşim nedeniyle de, yüksek ışıklı bölgeler, aynı doğrultuda olan ışıklılığı düşük, nesne ve yüzeylerin görülmesini zorlaştırır. Kişi azalmış karşıtlıktan ötürü, nesneyi görebilmek için daha çok çaba harcar ve yorulur. Bu da zamanla, verim düşüklüğü ve hata olasılığının artması gibi olumsuz etkiler yaratabilir.

Konforsuzluk kamaşmasına neden olan etken, birincil ışık kaynağı ise, bu durum, “dolaysız konforsuzluk kamaşması” olarak tanımlanır. Kamaşmaya neden olan etken, ışığın yansıdığı bir yüzeyse, bu durum, “yansımaya konforsuzluk kamaşması” diye tanımlanır.

• **Yetersizlik Kamaşması**

Kişide, hoş olmayan bir duyulanma yaratması zorunlu olmayan, ancak görsel algılamayı bozan ve ayrıntıların seçilmesini olanaksız hale getiren kamaşma türüdür. Yetersizlik kamaşmasına neden olan etken, birincil ışık kaynakları ise, bu durum, “dolaysız yetersizlik kamaşması”; ışığın yansıdığı bir yüzey ise, bu durum, “yansımaya yetersizlik kamaşması” olarak tanımlanır.

4.1.5.1 Kamaşmanın Denetlenmesi

Bir ortamda oluşan kamaşmanın niceliği, kamaşmaya neden olan kaynağın büyüklüğü ve ışıklılığı ile doğru orantılı, konumu ve arka plan ışıklılığı ile ters orantılı olarak artar. Başka bir deyişle, kaynağın boyutları ve ışıklılığı büyüdükçe, kamaşmanın niceliği artarken, ortam ışıklılığı arttıkça ve kaynak bakış doğrultusundan uzaklaştıkça, kamaşmanın niceliği azalır.

Buna göre, bir ortamda oluşabilecek dolaysız kamaşmanın denetim ilkeleri, aşağıdaki gibi belirlenebilir:

Kaynak Işıklılığının Denetimi

Bir ortamda yapılan eyleme bağlı olarak, belli bir aydınlık düzeyine gereksinim duyulduğundan, kaynağın ışık yeğinliğini azaltarak, ışıklılığını düşürmek her zaman olanaklı değildir. Bu nedenle, kaynağın ışıklı alanı denetlenerek, görme alanı içine girmesi önlenmelidir. Bu denetim, aşağıdaki yöntemlerle sağlanabilir:

- *Engelleme ile denetim*, ışık kaynağı ile göz arasına saydam olmayan bir eleman konularak, kaynağın ışıklı yüzeyinin, görme alanı dışında bırakılmasıdır.
- *Yönlendirme ile denetim*, kaynaktan çıkan ışık akısının, ayna, mercek vb. gereçlerle doğrultusunu değiştirerek, ışıkların görme alanı dışına yönlendirilmesidir.
- *Geçirgenlik ile denetim*, kaynak önüne yüzeyi büyük ve izotrop yayınlık geçme yapan bir gereç kullanarak ışıklılığını düşürülmesidir.
- *Dolaylı aydınlatma ile denetim*, bir ortamda dolaylı aydınlatma yapılmasıyla, aygıtın ortamdaki her noktaya göre gözden saklanmasıdır.

Ortamın Genel Işıklılığının Arttırılması

Ortamın genel ışıklılığı, tavan, duvar, döşeme vb. iç yüzeylerde, yansıtma çarpanı yüksek renkleri ve/ya da hacim içinde, gözden gizlenmiş ek ışık kaynakları kullanarak arttırılabilir.

Işık Kaynaklarının Bakış Doğrultusundan Uzaklaştırılması

Işık kaynağı, bakış doğrultusuna yaklaştıkça, görme alanı içine gireceğinden, kaynak, bakış doğrultusundan olabildiğince uzak tutulmalıdır.

Yansımayla kamaşmanın denetimi ise, genel olarak hacim içinde parlak malzemeli yüzeylerin kullanımından kaçınarak, sağlanabilir.

4.1.5.2 Konforsuzluk Kamaşmasının Değerlendirilmesi

Konforsuzluk kamaşmasının değerlendirilmesinde, kullanılan farklı yöntemler aşağıda açıklanmıştır:

- **Görsel Konfor Olasılığı (Visual Comfort Probability – VCP)**

Bu yöntem, Amerika Birleşik Devletleri, Kanada ve Meksika’da kullanılan bir yöntemdir. Bu sistemde, konforsuzluk kamaşması, aydınlatmayı kamaşma açısından konforlu bulan insanların yüzdesi ile belirlenir. Derslik, ofis vb. hacimlerde, $VCP \geq 70$ olması yeğlenir (ANSI / IES RP-1, 1982; IES, 1993).

- **Kamaşma İndeksi (Glare Index System)**

İngiltere, Belçika, İskandinav ülkeleri ve Güney Afrika’da kullanılan yöntemdir. 4.1 numaralı denklem ile bulunan kamaşma indeksi (GI) nin sınır değeri, eylemin türüne göre belirlenir. Derslik vb. hacimlerde, ortamın kamaşma indeksi değerinin, 19 olması kabul edilmektedir (CIBSE, 1994).

$$GI = 10 \log_{10} (0.45 / L_b) \sum_{j=1}^n (L_j^{1.6} \omega_j^{0.8}) / L_b p_j^{1.6} \quad (4.3)$$

Burada,

L_j : j. kamaşma kaynağının ışıklılığı (cd/m^2)

L_b : kamaşma kaynağı hariç olmak üzere, görme alanının ortalama ışıklılığı (cd/m^2)

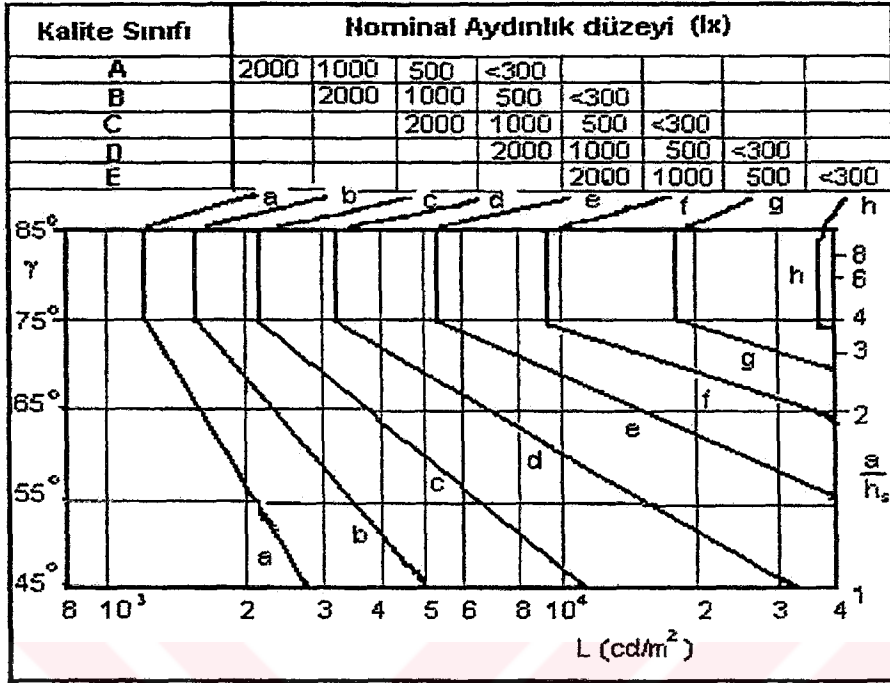
ω_j : gözlemcinin bulunduğu noktadan j. kamaşma kaynağını gören uzay açısı (str)

p_j : kamaşma kaynağının konum indeksi

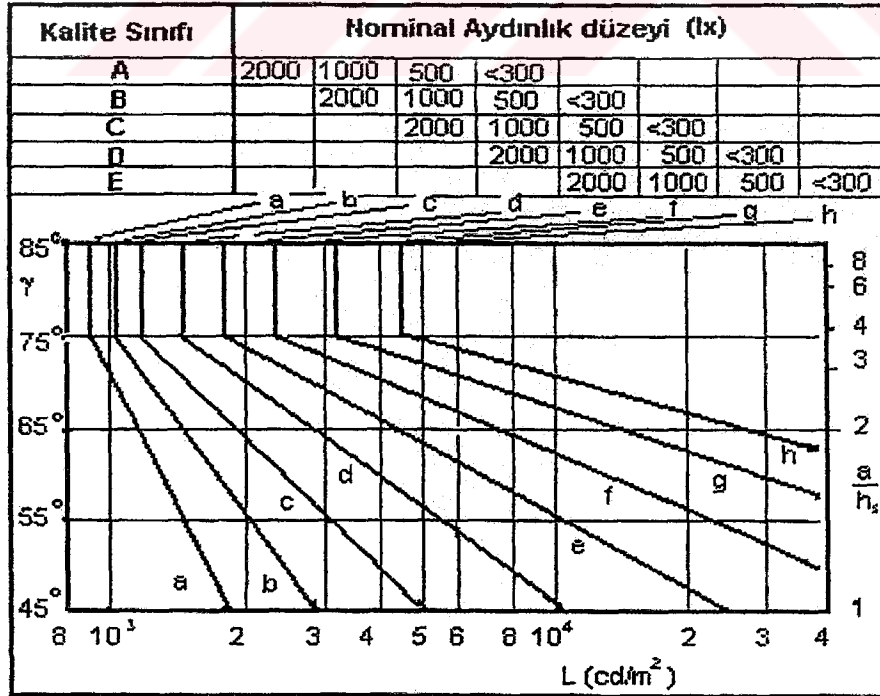
olarak tanımlanmıştır.

- **Işıklılık Eğrileri Yöntemi**

Avusturya, Fransa, Almanya, İsrail, İtalya, Hollanda, Romanya, İsviçre ve Japonya’da kullanılan yöntemdir. Konforsuzluk kamaşması, bu sistemde kalite sınıfı ile değerlendirilir. Kalite sınıfı, yapılan eylemin türüne göre belirlenir. CIE, kalite sınıflarını, A, B, C, D, E olmak üzere, beş grupta toplamıştır. A, kamaşmaya karşı duyarlılığın en fazla olduğu sınıfı göstermektedir. Bu yöntemde, aydınlatma aygıtlarının, düşeyle 45° ile 85° lik açı içinde kalan bölgesindeki ortalama ışıklılık sınır değerleri; aygıt tipi ve düzeni, aydınlık düzeyi, kalite sınıfı ve gözlemcinin konumuna göre, verilmektedir. Şekil 4.1 ve 4.2’de, CIE’nin ışıklılık eğrileri belirtilmiştir. Dersliklerde, kamaşma sınıfı A-B olmalıdır (CIE Report No.29).



Şekil 4.2 Bakış doğrultusuna paralel yerleştirilmiş ve yan yüzeylerinden ışık vermeyen aydınlatma aygıtları için CIE'nin ışıklılık sınır eğrileri



Şekil 4.3 Bakış doğrultusuna dik yerleştirilmiş ve yan yüzeylerinden ışık veren aydınlatma aygıtları için CIE'nin ışıklılık sınır eğrileri

Bu yöntemde, ayrıca, aydınlatma aygıtlarının ekranlama açıları, ortalama lamba ışıklılığı ve kalite sınıfına göre, standart ya da önerilerde verilmiş olan minimum ekranlama açılarından küçük olmamalıdır. Çizelge 4.10'da, CIE'nin önerdiği minimum ekranlama açıları verilmiştir (CIE, 1986).

Çizelge 4.10 CIE tarafından önerilen minimum ekranlama açıları

Ortalama lamba ışıklılığı	A, B, C	D, E	Lamba tipi
$L < 20 \times 10^3$	20°	10°	flüoresan lamba
$20 \times 10^3 \leq L \leq 500 \times 10^3$	30°	20°	şeffaf olmayan camlı yüksek basınçlı boşalmalı lamba
$L > 500 \times 10^3$	30°	30°	şeffaf camlı yüksek basınçlı boşalmalı ve akkor telli lamba

• Yeni Kamaşma Değerlendirme Sistemi (Unified Glare Rating System – UGR)

Bu yöntem, konforsuzluk kamaşmasını değerlendirmede, farklı yöntemlerin kullanılmasının sakıncalarını ortadan kaldırmak ve özellikle, Avrupa'da tek bir yöntem kullanılmasını sağlamak amacıyla, CIE tarafından 1987 yılında önerilmiştir. Bu sistemde, kamaşma,

$$UGR = 8 \log_{10} (0.25 / L_b) \sum L_s^2 \omega / p^2 \quad (4.4)$$

denklemini ile tanımlanmıştır (BS EN 12464-1:2002).

Burada,

$$L_b = E_i / \Pi$$

L_b : görme alanındaki ortalama ışıklılık (cd/m^2)

E_i : dolaylı aydınlık düzeyi (lm/m^2)

L_s : aydınlatma aygıtının ışıklılığı (cd/m^2)

ω : gözlemcinin bulunduğu noktadan aygıtı gören uzay açısı (str)

p : pozisyon indeksi

dir.

UGR değeri, derslik, genel büro vb. hacimler için, 19; teknik çizim derslikleri için 16 olarak verilmiştir (BS EN 12464-1:2002).

4.2 Dersliklerde Doğal Aydınlatma

Öğrencilerin, okul içindeki zamanlarının büyük bir bölümünü geçirdikleri derslikler, genellikle, düşey pencereler aracılığıyla günışığı alan hacimlerdir. Günışığının, derslik içindeki aydınlatmaya, nicelik ve nitelik yönlerinden olumlu katkısının yanı sıra, yarattığı olumsuz durumlar da söz konusudur.

Derslik, büro vb. gün boyunca kullanılan hacimlerde, enerji harcaması açısından, doğal aydınlatmadan yararlanılması büyük önem taşımaktadır. Bu tür yapılarda, yapma aydınlatma amacıyla tüketilen enerjinin azaltılması, ancak enerji etkin doğal aydınlatma sistemleri ile olanaklıdır. Günümüzde, günışığına bağlı otomatik aydınlatma kontrol sistemlerinin gelişmesi ile de, hacimlerde, günışığından yararlanılması, önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlamaktadır (Bkz. Bölüm 5.3.1).

Öğrencilerin dışarı ile görsel ilişkisini sağlayan pencerelerden giren günışığının, kişiler üzerinde olumlu psikolojik etkileri bulunmaktadır. Günışığı aydınlatması, nitelik yönünden denetlenemeyen bir özellikte olmasına karşın, ışık rengi açısından, olumludur.

Günışığının hacme girmesini sağlayan pencerelerin bu olumlu etkileri yanında, hacimlerde ısıtma yönünden olumsuz etkileri de olabilmektedir. Bunu önlemek için, bina tasarımı sırasında, pencerelerin boyut ve konumları konusunda optimum çözümlere gidilmelidir.

Pencereler, özellikle doğrultulu güneş ışığı geldiğinde, aydınlatmada, önemli bir kamaşma kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum, güneşkırınların kullanımı ile önlenabilir. Pencerelerin önünde, güneşkırınların bulunması, dolaysız güneş ışığını engellemenin yanı sıra, hacme giren günışığı miktarını da azaltmaktadır. Güneşkırınlar, ısısal konforu sağlamaya yönelik, gölge gereksinimini karşılarken, pencerelerden girebilecek günışığının azalmasına yol açmaktadır. Aydınlatma enerjisi korunumu açısından, güneşkırınların bu azalmayı en aza indirecek biçimde tasarlanmaları gereklidir. Bu elemanlar, sabit ya da hareketli, tek parça ya da parçalı, düz ya da eğimli olabildikleri gibi, yüzey malzemelerine ve renklerine bağlı olarak, farklı ışık yansıtma çarpanlarına da sahip olabilirler. Tüm bu değişkenler, ele alınan hacimde gerçekleşen günışığı aydınlık düzeyi üzerinde etkili olmaktadır.

Parçalı güneşkırınlar (louver), dolaysız güneş ışığını engeller, yansıtır, geçirir ve yutarlar. Güneşin konumuna (mevsim, saat, yön) bağlı olarak, etkileri değişmektedir. Yarı saydam olan tipleri, kumaş, plastik vb. malzemelerden yapılabilir ve tamamen kapalıyken de ışığın bir bölümünü hacme geçirmektedirler. Işığı yönlendirmek amacıyla, iki cam yüzeyinin arasına yerleştirilen içbükey biçimli ve üst yüzeyi parlak 10-12 mm.lik parçalardan yapılan tipleri

kullanılabilir. Bu elemanlar günışığını tavana yansıtarak, buradan hacme alınmasını sağlarlar (Köknel Yener, 2003).

4.3 Dersliklerde Yapma Aydınlatma Düzenleri

Bir derslik, günışığı ile doğru bir biçimde aydınlatılmış olsa bile, kapalı hava koşullarında, kış aylarında, kimi zaman tüm gün, kimi zaman ise, günün erken ve geç saatlerinde ve akşam eğitimi ya da kursları için yapma aydınlatmaya gereksinim vardır. Yapma aydınlatma tasarımında amaç; aydınlığın niceliği ve niteliği yönünden gerekli koşulları sağlayacak, etkin enerji (uygun enerji) kullanımlı, uzun ömürlü (dayanıklı) ve en az bakım gerektiren düzenleri oluşturmaktır. Bu amaçla, derslikler için,

- lamba seçimi,
- aydınlatma aygıtı seçimi,
- aydınlatma düzeni,

tasarımı gerçekleştirmede en önemli etkenlerdir.

4.3.1 Lamba Seçimi

Lambaların sanayi ürünü olarak üretilmesinden bu yana olan süreçte, çok çeşitli lambalar kullanım alanına girmiştir. Bir yandan, lambalar kendi türü içinde gelişimini sürdürürken, bir yandan da, bilimsel ve teknolojik gelişmelere koşut olarak, yeni ürünler ortaya çıkmaktadır. Tüm bu gelişim sürecinde, flüoresan lambalar önemli yer tutmaktadır.

Uzun süreli kullanılan derslik hacimlerinde, ışık verimlerinin yüksek, ömürlerinin uzun ve kullanım giderlerinin düşük olması açısından, flüoresan lambaların kullanılması uygundur. Flüoresan lamba, genel olarak, alçak basınçlı civa buharı doldurulmuş, boşalmalı lambadır. İlk olarak tanıtıldığı 1937 yılından bu yana, giderek artan bir biçimde kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde de, pek çok olumlu özellikleri ve çeşitleri nedeniyle, aydınlatmada değişik kullanım alanlarında yer almaktadır.

Bu tür lambalarda ışık, elektriksel boşalma ve flüorışıma sonucu üretilir. Lambanın iki ucundaki elektrotlar, boşalmayı sağlayacak olan elektronları gönderir. Elektronların civa buharına esnek çarpması sonucu üretilen morüstü ışınlamalar, ampul iç yüzeyindeki flüorüsil tozları uyarır. Flüorışıma sonucu oluşan görünür ışınlam, lamba dışına yayımlanır.

Flüoresan lambaların genel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Işık verimleri oldukça yüksek (72-104 lm/W), ve ömürleri oldukça uzun (13000, elektronik balastla 20000 saat) olması nedeniyle, kullanım giderleri düşüktür.
- Renksel geriverimleri, tüpün içine sürülen flüorışıl tozların türüne ve karışım oranına bağlı olarak, kötüden (3), iyiye (1A) kadar değişim gösterir.
- Renk sıcaklıkları, 2700-6500K arasında değişir.
- Işıklılıkları 8000-17000 cd/m² arasında değişmekte olup, düşük ışıklılığa sahip olan tipleri kimi durumlarda, aygıtsız olarak kullanılabilirler.
- Çizgisel flüoresan lambalar, ucuca eklenerek, uzun diziler halinde kullanıldığında, aydınlığın düzgün yayılması ve görüntüde bütünlük sağlanır.
- Balast ve starter gibi ek parçalar gerektirirler.
- İlk döşem masrafları, kimi lambalara göre yüksektir.
- Özel düzenlerle (elektronik balast vb) donatıldığı zaman dimmerlenebilirler.
- Çok sık yakılıp söndürülmeleri, ömürlerinin ksalmasına neden olur.
- Işık tayfları sürekli ancak, düzgün değildir.
- 25 °C ortam sıcaklığında, ışık verimleri en üst değere yükselir. Sıcaklık arttıkça ya da azaldıkça, ışık verimi etkilenir.

Flüoresan lambalar, genel olarak, standart (çizgisel) ve kompakt olmak üzere iki tiptir. Çizelge 4.11’de, derslik, büro vb. hacimlerde kullanılması uygun olan değişik flüoresan lambaların özellikleri verilmiştir.

Çizelge 4.11 Çeşitli flüoresan lambaların özellikleri

Lamba tipi		Güç (W)	Işık akısı (lm)	Verim (lm/W)	Renksel geriverim sınıfı	Renk sıcaklığı (K)	Ömür (saat)
Standart (çizgisel)	TL (çap: 38 mm.)	15,18,30,36,38,58	830-6200	55-72	2A, 2B, 3	2900-6200	13000
	TL-D (çap: 26 mm.)	15,18,30,36,38,58	700-5200	47-100	1A, 1B	2700-6500	13000-20000
	TL-5 (çap: 16 mm.)	14,21,28,35,24,39,54,49	1350-5000	96-104	1B	2700-6500	20000
Kompakt	PL-L	18, 24, 36, 40, 55	950-4800	53-88	1A, 1B	2700-6500	10000-16000
	PL-T	18, 26, 32, 42	1200-3200	67-76	1B	2700-4000	8000-11000
	PL-C	10, 13, 18, 26	600-1800	60-69	1B	2700-6500	8000-11000

Lambaların elektronik balastlı olarak kullanımının, enerji tasarrufu, ömür, maliyet, aydınlatma tasarımında esneklik vb. açılardan yararları bulunmaktadır. Bunlar,

- %20-25 oranında enerji tasarrufu,
- %50 oranında daha uzun lamba ömrü,
- Starter vb. ek elemana gereksinim duyulmaması,
- %30 daha düşük ısı yayımı nedeniyle, düşük soğutma maliyeti,
- Ek yangın koruması gerektirmemesi,
- Stroskopik etki olmaması,
- Kırpışmasız ani ateşleme,
- Rahatsız edici ışık titremesi ve balast sesinin olmaması,
- Gerilim değişimlerinden etkilenmeden sabit ışık sağlaması,
- Aydınlatma kontrolünün kolaylığı nedeniyle, işleve göre değişebilir aydınlık düzeyleri olarak sıralanabilir.

4.3.2 Aydınlatma Aygıtı Seçimi

Aydınlatma aygıtı, lamba ya da lambaların ışığının dağılımını düzenlemeye, süzmeye ya da değiştirmeye yarayan, lambaların dışında lambaları tutturucu, koruyucu tüm parçaları ve olası olarak, yan devreleri ve şebeke bağlantısını sağlayan parçaları da içeren aygıt olarak tanımlanır (Sirel, 1997). Aydınlatma aygıtlarının bir parçası olan ve lambalardan çıkan ışığın dağılımını düzenleme, süzme ya da değiştirme amaçlı kullanılan ışık denetim elemanları ise, genelde,

- yansıtıcı (reflector),
- mercek ve kırıcı (lens and refractor),
- yayıcı (diffuser),
- palet, ızgara vb. eleman (screening device),
- süzgeç (filter)

olarak sıralanabilir (Anon., 1993).

Derslik, büro vb. uzun süre kullanılan hacimlerde, aygıt seçiminde, aydınlatma tekniği yönünden gerekli koşullar,

- yüksek geriverim,
- kamaşma kontrolü,
- uygun ışık akısı dağılımı,
- iç mimari kullanıma uygunluk,
- dayanıklılık,
- kolay bakım yapılabilirlik, olarak belirlenebilir.

Aydınlatma aygıtları, kamaşma kontrolü açısından, İngiliz CIBSE Lighting Guide 3 (LG3) Normu'na göre üç sınıfta ele alınabilir (Anon,1989):

- **1.sınıf: 55° ışık kaynağı (cat.1)**

Işıklılık sınır açısı 55° olan aydınlatma aygıtları ile, tüm azimut açılarından ekranın görülmesi koşullarında, düşeyle 55° açısal bölgede ışıklılık kontrolü sağlanır.

- **2.sınıf: 65° ışık kaynağı (cat.2)**

Işıklılık sınır açısı 65° olan aydınlatma aygıtları ile, tüm azimut açılarından ekranın görülmesi koşullarında, düşeyle 65° açısal bölgede ışıklılık kontrolü sağlanır. Bu aygıtlar, 55° ışıklılık sınır açısına sahip aygıtlara göre, etkinlik açısından daha üstün olup, iyi ışıklılık kontrolü sağlar.

- **3.sınıf: 75° ışık kaynağı (cat.3)**

Işıklılık sınır açısı 75° olan aydınlatma aygıtları ile, tüm azimut açılarından ekranın görülmesi koşullarında, düşeyle 75° açısal bölgede ışıklılık kontrolü sağlanır. Bu aygıtların etkinliği, öteki iki tipe göre daha yüksektir.

4.4 Bilgisayar Kullanılan Dersliklerde Aydınlatma

Günümüzde, her alanda yaygınlaşan bilgisayar kullanımı, dersliklerde de bilgisayar ile çalışmayı zorunlu kılmıştır. Bilgisayar kullanılan dersliklerde aydınlatma düzeni, öteki dersliklerdeki aydınlatma düzenlerine göre çeşitli ayrımlar göstermektedir.

Bu tür hacimlerde, yapılan eylemler, doğrudan doğruya bilgisayar kullanımına yönelik olduğundan, öncelikle, monitör ekranının iyi izlenebilmesi ve klavye üzerindeki tuşlar ile dökümanların rahatlıkla okunabilmesi gerekmektedir. ("Monitör" sözcüğü, çeşitli kaynaklarda, VDT-Video Display Terminal, VDU-Video Display Unit, CRT - Cathode Ray Tube - Display Terminal gibi terimlerle anılmaktadır.) Monitör ekranı, kullanıcıya göre, genellikle, düşey ya da düşeyle belli açı yapan eğimli bir konumda olup, renkli ya da siyah-beyaz olabilir. Ekran yüzeyi, genelde, düzgün yansıma yapan bir yüzeydir ve düzlem ya da eğrisel (dışbükey) biçimli olabilir.

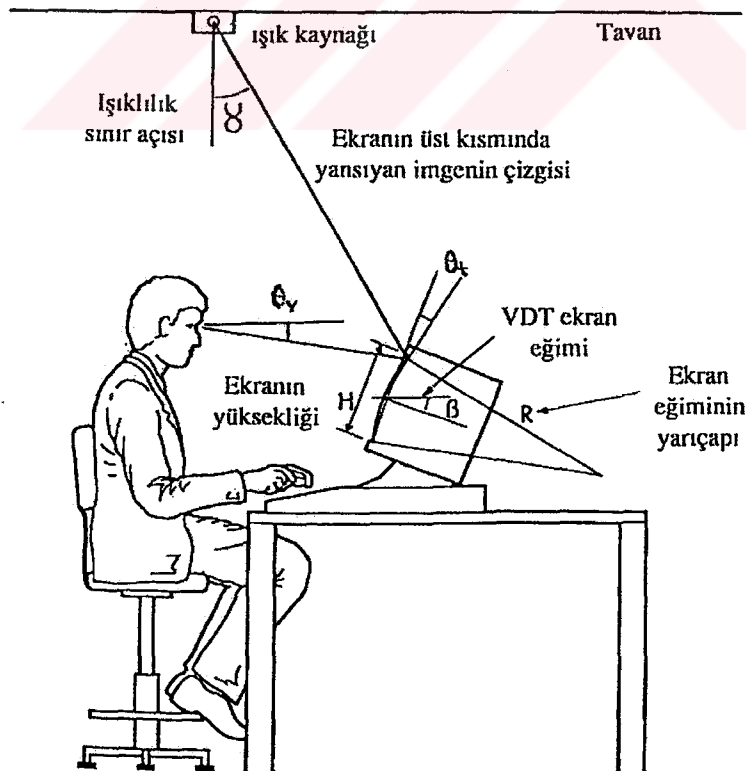
Monitör ekranı, bu çok çeşitli özellikleri nedeniyle, hacmin iç yüzeyleri, hacimde bulunan pencerelerin konumları ve aydınlatma aygıtlarının ışıklılıklarından etkilenecek, öteki hacimlerde karşılaşılmayan kimi sorunların ortaya çıkmasına neden olabilir. Bu sorunların en önemlisi, çevrede yer alan ışık kaynaklarının, aydınlatma aygıtlarının, pencerelerin, aydınlatılmış ya da yansıtma çarpanı yüksek olan iç yüzeylerin ve kullanıcıların açık renkli

giysilerinin görüntülerinin ekran üzerinde yansımalarıdır. Monitör ekranı üzerinde oluşabilecek bu tür görüntüler (yansıyan ışıklılıklar), maskeleme yansımalarına yol açarak, ekran üzerindeki bilgilerin okunmasını zor, hatta, imkansız kılabilir. Ayrıca, tavan yüzeyinde ışıklılık karışıklıklarının olmaması ve ışıklılığın düzgün yayılmış olması da, bilgisayar kullanılan dersliklerde dikkat edilmesi gereken konulardan biridir. Bunun yanı sıra, ışık kaynaklarının doğrudan görme alanı içine girerek ya da ekran üzerinde yansıyarak, kamaşmaya neden olması da önlenmelidir.

Monitör, günışığı kaynağı olan pencerelerden olabildiğince uzağa yerleştirilmelidir. Ekran ile pencere arasında olabilecek ışıklılık karışıklığından kaçınmak için, bilgisayarı kullanan kişinin yüzü, pencere yüzeyine dönük olmamalıdır. Ayrıca, pencere yüzeylerinde, perde ya da gölgelik vb. pencere ışıklılığını azaltıcı elemanlardan yararlanılmalıdır.

Önemli olan bir başka konu ise, klavye tuşlarının mat olmasının sağlanması ve görme alanı içinde, düzgün yansıma yapan nesne ya da yüzeylerin bulunmasının önlenmesidir.

Bilgisayar kullanılan hacimlerde, monitör ekranı üzerinde oluşabilecek yansılardan kaçınmak için, alınabilecek önlemler, uygun bir aydınlatma düzeninin yanı sıra, monitör ve öteki bilgisayar ekipmanının özellikleri ve bunların hacim içindeki konumu ile ilgilidir.



Şekil 4.4 Göz, ekran ve kaynak için tipik geometri (Anon., 1989).

Monitör ekranı üzerinde oluşabilecek yansımaları önlemek amacıyla, günümüzde, çeşitli özelliklerde ekran filtreleri geliştirilmiş ve kullanılmaktadır. Bu filtrelerin ekran üzerine takılmasıyla, istenmeyen yansımalar önlenabilir. Bilgisayar ekipmanının tümü, mat ve orta koyulukta (değerde) malzemeden üretilmiş olmalıdır. Monitör, ekranın yönünün değiştirilebilmesine olanak sağlayacak biçimde, hareketli olarak tesbit edilmelidir.

Bu tür hacimlerde yapılan aydınlatma düzeni, ister dolaylı, ister dolaysız aydınlatma biçimi ile olsun, yukarıda sıralanan koşulların sağlanması gerekir. Dolaylı aydınlatma biçiminin kullanılması, tavan yüzeyinde eşit ve düzgün yayılmış bir aydınlık sağlayarak, ışıklılık karşıtlıklarının oluşmasını önler. Dolaysız aydınlatma yapılan hacimlerde ise, kullanılan aygıtların türü önem taşır. Işıklılıkları sınırlandırılmış, ekran üzerinde yansıma oluşturarak kamaşmaya neden olmayan aydınlatma aygıtları kullanılmalıdır (Bkz. Bölüm 4.3.2).

Bilgisayar kullanılan dersliklerde, görsel algılama açısından uygun bir çevrenin oluşturulabilmesi için, sağlanması gereken ışıklılık karşıtlığı oranları Çizelge 4.12'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.12 Işıklılık karşıtlığı oranları (Anon.,1987)

Görme alanları	Işıklılıklar arasındaki oran
Dökümanlar ile monitör ekranı arasında	1-1/3
Eylem alanı ile yakın karanlık çevre arasında	1-1/3
Eylem alanı ile yakın ışıklı çevre arasında	1-3
Eylem alanı ile uzak karanlık yüzeyler arasında	1-1/10
Eylem alanı ile uzak ışıklı yüzeyler arasında	1-10

Hem bilgisayar kullanılan, hem de öteki eylemlerin yapıldığı dersliklerde, bilgisayarların, hacmin bir bölümünde toplanarak, ayrı çalışma grupları için, aydınlatma düzenlerinin getirilmesi uygun olur. Bunun olanaklı olmadığı durumlarda, genel aydınlatmanın yanı sıra, klavye ile okunan dökümanları aydınlatan bölgesik aydınlatma uygulanmalıdır. Bölgesik aydınlatmanın dimmerlenebilir olması da kullanıcının gereken durumlarda, aydınlık düzeyini arttırıp, azaltabilmesi açısından önemlidir.

5. DERSLİK AYDINLATMASINDA ENERJİ KULLANIMI

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

Türkiye'de ise, değişik işlevlere sahip yapılar için, aydınlatmada kullanılan enerji tüketimi, toplam elektrik enerjisinin %20-25'i arasında değişmektedir (EİEİ, 2000).

5.1 Aydınlatmada Enerji Kullanımındaki Kayıplar

Bir mekan içindeki eyleme uygun olarak kurulan aydınlatma düzenlerinde, kullanılan enerjinin büyük bir bölümünden çoğu kez yararlanılamayabilir. Bunun nedeni, elektrik enerjisi ile ışık üretilmesinden, iyi görme koşullarının elde edilmesine kadar olan değişik aşamalarda, çeşitli kayıpların oluşmasıdır. Bu kayıplar,

- elektrik enerjisinin, ışığa dönüşümü,
- lamba ışığının, yararlı ışığa dönüşümü,
- aydınlığın, yararlı ışığa dönüşümü

sırasında ortaya çıkan kayıplar olmak üzere üç ana başlıkta toplanabilir.

• Elektrik Enerjisinin Işığa Dönüşümündeki Kayıplar

Elektrik enerjisinin ışık enerjisine dönüşümü, lambalar aracılığı ile gerçekleşmektedir. Bir lambanın verimi, kısaca, yayımladığı ışık akısının (lm) harcadığı tüm güce (W) oranı (lm/W) olarak tanımlanır. Bir aydınlatma düzeninde kullanılacak ışık kaynağının türü, boyutu, ışık verimi, ışıklılığı, renk sıcaklığı, ilk yatırım, kullanma ve bakım giderleri vb. etkenler göz önüne alınarak seçilmelidir. Bu etkenler dikkate alınmadan yapılacak yanlış lamba seçimi sonucunda, gerekli elektrik enerjisinin birkaç katına ulaşan boşa harcamalara neden olunabilir.

• Lamba Işığının Yararlı Işığa Dönüşümündeki Kayıplar

Lambalardan çıkan ışık akısı, aydınlatma aygıtının geriverimine, aygıttan çıkan ışık akısının doğrultusal özelliklerine ve iç yüzeylerin yansıtma çarpanına bağlı olarak belli oranda boşa harcanıp, kaybolabilir.

Aygıt geriveriminin yüksek olmasında, aygıt geometrisi ve aygıt yapımında kullanılan gereçlerin özellikleri önem taşımaktadır. Aygıt geometrisinin, lambanın uzaysal ışık

dağılımına göre, maksimum ışığı dışarı çıkaracak biçimde tasarlanması gerekir. Ayrıca, aygıt yapımında kullanılan gereçlerin yansıtma ve geçirme çarpanlarının yüksek olması, aygıt geriveriminin yüksek olmasını sağlar.

Günümüzde, aydınlatma tekniğinin amacı, her koşulda hacmin bütününtü aydınlatmak olmayıp, tefrişe uygun, eylem için gerekli görsel konfor koşullarını sağlamaktır. Eylem bölgesinin dışındaki doğrultulara yayımlanan ışık, boşa harcanmış olur. Işık akısının doğrultusal açıdan boşa harcanmasında rol oynayan etkenler, aydınlatma biçimi ve aygıt ışık yeğinlik eğrisi, aygıt konumu, hacim boyutları olarak sıralanabilir. Bu etkenler birbirine bağlı olup, birlikte ele alınmalıdır.

Kapalı bir mekanda, ışık kaynağından çıkan ve değişik doğrultulara giden ışık, rastladığı yüzeylerde, belli oranda yansır ve belli oranda yutulur. Yutulan ışık, boşa harcanmış, kaybolmuş enerjidir. Yüzeylerin yansıtma çarpanının yüksek olması yani, açık renkli yüzeylerin bulunması, enerjinin boşa harcanmasını önleyecektir.

- **Aydınlığın Yararlı Aydınlığa Dönüşümündeki Kayıplar**

Aydınlığın niteliği, gerekli olan koşulları sağlamıyorsa, sıklıkla yapıldığı gibi, aydınlık düzeyini yükseltmek, daha çok ışık, daha çok elektrik enerjisi tüketmek ile görme koşulları kesinlikle iyileştirilemez. Bu durumda, oluşturulan aydınlık, gerekli iyi görme koşullarını sağlamadığı için, boşuna harcanmış olur.

5.2 Aydınlatmada Optimum Enerji Kullanımı Açısından Genel Etkenler

Dersliklerde, iyi görme koşullarının ve gerekli aydınlığın elde edilmesi için kurulan aydınlatma düzenlerinde, aydınlığın niceliği ve niteliğinin gerektirdiği koşulları sağlamanın yanında, uygun enerji kullanımı, büyük önem taşımaktadır. Aydınlatmada, kayıpları en alt düzeye indirebilmek ve enerji tasarrufu sağlamak amacıyla, tasarım sırasında dikkate alınması gereken etkenler:

- mekanın işlevine uygun aydınlık düzeyini doğru belirlemek,
- iyi görme koşullarının gereksinimi olan aydınlığın niteliği ile ilgili konuları (ışık tayfi, ışık alanının doğrultusal yapısı ve gölge niteliği, aydınlık düzeyi değişimleri) eksiksiz saptamak,
- nicelik ve nitelik ile ilgili koşullar oluşturulurken,
 - lamba verimi,
 - aygıt geriverimi,

- ışık akısının doğrultusal özellikleri (aydınlatma biçimi, aygıt konumu, hacim boyutları),
- iç yüzeylerin yansıtma çarpanları,

vb. konularda en uygun belirlemeleri yapmak; kullanım ile ilgili olarak da,

- lamba yakıp, söndürme,
 - kullanım (yanma) süresi,
- biçiminde sıralanabilir.

5.3 Aydınlatma Kontrol Sistemlerinin Kullanımı

1970’li yıllarda gündeme gelen enerji krizi ile birlikte, aydınlık düzeyinin, kişilerin hacimde bulunmadığı ve/ya da günışığından yararlanma vb. durumlarda, denetlenmesi gereği ortaya çıkmıştır. Kullanım sırasında, açma-kapama sistemleri, elle ya da otomatik kontrollü olmaktadır. Otomatik kontrol sistemleri, elekroniğin geliştiğı ve yaygınlaştığı günümüz koşullarında, enerji tasarrufunun yanı sıra, konforlu bir çalışma ortamı yaratmak amacıyla da bürolar başta olmak üzere, pek çok çalışma ortamında kullanılmaktadır. Büyük enerji tasarrufu sağlayan otomatik kontrol sistemlerinin başarısı, önemli ölçüde, kullanıcıların sistemden memnuniyetlerine bağlıdır. Uygun tasarlanmamış ya da kişiler tarafından kabul görmeyen sistemlerin, kişilerin iş verimleri üzerinde olumsuz etkisi olabilmektedir.

Tüm aydınlatma kontrol sistemleri, ışık kaynağı, kontrol elemanı, lojik devre ve algılayıcı (sensör) olmak üzere dört ana elemandan oluşur. Aynı sistemde, bu elemanlardan bir ya da daha fazla bulunabilir (Çolak, 1999).

Aydınlatma kontrol sistemlerinde, hacim içindeki doğal aydınlatmaya, hacmin kullanım amacına, kullanım süresine, yapılan işin türüne göre çeşitli kontrol stratejileri kullanılır (Anon., 1983).

5.3.1. Kontrol Stratejileri

Aydınlatma kontrolünde kullanılan stratejiler, amaca bağlı olarak değişir.

Doğal Aydınlatma

Doğal aydınlatma, günışığı (güneş ışığı + gök ışığı) ile gerçekleşir. Günışığı, kapalı bir hacimdeki aydınlığa, özellikle nicelik olarak katkıda bulunmakta ve enerji tasarrufu yönünden yarar sağlamaktadır. Bu nedenle, özellikle, aydınlığa nicel olarak fazla gereksinme duyulan okul, büro vb. yapıların tasarımı aşamasında, aydınlatma düzenleri çözümlenirken, günışığı ile lamba ışığı birlikte ele alınmalıdır.

Günüşiğı ile lamba ışıının birlikte kullanımı (bütünleşik aydınlatma), temelde üç türlü söz konusudur:

- *Günüşiğinin yeterli olduğı zaman:*

Derinliğı çok fazla olmayan hacimlerde, istenen aydınlık düzeyi düştüğü zamanlarda (kapalı günlerde, kış aylarında ve hava karardığı zaman), lamba ışığı, günüşiğine yardımcı biçimde kullanılır.

- *Günüşiğı karakterinin hoşa gittiğı ancak, lamba ışıının gerekli olduğı zaman:*

Derinliğı fazla olan hacimlerde (derslik, açık planlı büro, vb.), gündüz saatlerinde, lamba ışıına gereksinme duyulmaktadır. Bu tür hacimlerde, pencere yakınındaki bölgelerde, günüşiğinden yeterince yararlanılmasına karşın, hacmin derinliklerine doğru aydınlık düzeyi azalmaktadır. Lamba ışığı, gerekli aydınlık düzeyini ve bu aydınlığın hacim içinde düzgün yayılmasını sağlar. Ancak, lambaların renksel özellikleri, günüşiğı karakterine uygun olarak seçilmeli, böylece, nesnelerin görünen renkleri arasındaki ayrımlar en aza indirilmelidir.

- *Günüşiğinin yetersiz olduğı zaman:*

Çalışma düzleminde, gerekli aydınlık düzeyinin günüşiğı ile sağlanamaması durumunda, lamba ışığı ile aydınlatma yapmak gerekir. Bu durumda, günüşiğı, lamba ışıına yardımcı olarak kullanılmakta olup, günüşiğinin lamba ışıına katkısı, nicelik değil, nitelik açısından olmaktadır.

Bütünleşik aydınlatma düzenlerinin kullanımı, temelde, yapma aydınlatma düzeninin, çeşitli sistemler yardımı ile kontrol edilmesine dayanır. Pencerelerden hacme giren günüşiğine bağlı olarak, yapma aydınlatma, ya anahtarlama ile açılıp kapatılır ya da dimmerlenerek hacim içinde, bütünleşik aydınlatma ile sağlanan toplam aydınlık düzeyi (günüşiğı + lamba ışığı) istenilen değerde sabit kalacak şekilde ayarlanır.

Zamanlama

Zamanlama stratejisi, öngörülebilir ve öngörülemez zamanlama olmak üzere, iki türdür. İdeal olarak, aydınlatma, sadece gerektiğı zamanlarda açılır ve gerekmediğı zamanlarda kapatılır.

Öngörülebilir zamanlama:

Gün boyunca, derslerin başlama ve bitiş saatlerine göre, öngörülebilir zamanlama stratejisi kullanılır. Zaman anahtarı kullanılarak, öğle tatili vb. aydınlatmaya gereksinim olmayan saatlerde, aydınlatmanın otomatik olarak kapatılması sağlanabilir. Yıllık çalışma periyodunun

bilinmesi durumunda (ders saatleri, öğle tatili, hafta sonları, tatiller, temizlik zamanları) ise, aydınlatmanın açılıp kapanma saatleri ve gerekli aydınlık düzeyleri, bilgisayar ile programlanabilir. Bu strateji kullanılarak, %40'lara varan enerji tasarrufu sağlanabilir.

Öngörülemeyen zamanlama:

Dersliklerde kısa teneffüslerde, fotokopi odası, konferans salonu, arşiv odası vb. sürekli kullanılmayan hacimlerde, çalışma saatlerinin önceden belirlenmesi olanaklı değildir. Bu tür hacimlerde, içeride insan bulunduğu sürece, aydınlatmanın açık kalması, insan bulunmadığında, aydınlatmanın otomatik olarak kapatılması sağlanmalıdır. Öngörülemeyen zamanlama stratejisinde, varlık algılayıcıları kullanılarak, hacimde kimse bulunmadığı durumlarda, aydınlatmanın otomatik olarak kapatılması ile %60'lara varan enerji tasarrufu sağlanabilir (IES, 1993).

Işık Akısı Kontrolü

Aydınlatma sistemleri genellikle, normal işletme durumunda oluşacak, minimum aydınlık düzeyine göre tasarlanır. Hesaplarda, zaman içinde, lambaların ışık akılarının azalmasının, aygıt ve hacim iç yüzeylerinin kirlenmesinin yol açtığı aydınlık düzeyindeki azalmayı göz önüne alan bir bakım faktörü dikkate alındığından, yeni aydınlatma düzeninin sağladığı aydınlık düzeyi, istenilen değerin, %20 - %35 fazlası olabilmektedir. Dimmerlenebilir sistemlerde, bir ışık algılayıcısı kullanılarak gerçekleştirilen bu stratejide, istenilen aydınlık düzeyi sağlanacak biçimde, lambaların ışık akıları azaltılır. Zaman içinde aydınlık düzeyi azaldıkça, güç arttırılarak, istenilen aydınlık düzeyi elde edilir. Bu strateji kullanılarak sağlanacak enerji tasarrufu, %14 civarındadır (Verderber, Rubinstein, 1984).

Zaman Sınırlandırması

Elektrik enerjisinin, en çok kullanıldığı zamanlara bağlı olarak fiyatlandırıldığı ülkelerde kullanılan bir stratejidir. Elektriğin pahalı olduğu zaman diliminde, aydınlık düzeyi dimmerleme sistemi ile biraz azaltılır. Böylece, enerji tüketimi de azaltılmış olur. Bu işlem, kullanıcılar tarafından fark edilmeyecek şekilde yapılmalıdır.

5.3.2. Kontrol Yöntemleri

Aydınlatma düzeninde, hacmin kullanımına bağlı olarak, kontrol sisteminde kullanılacak strateji ve/ya da stratejiler belirlendikten sonra, bunlara en uygun kontrol yöntemleri seçilmelidir. Bunlar,

- elle ya da otomatik kontrol
- açma-kapama ya da dimmerleme,
- merkezi ya da bölgesel kontrol,

olarak sıralanabilir.

6. GÖRSEL KONFORA YÖNELİK ÇALIŞMALAR İLE OPTİMUM ENERJİ KULLANIMI KONUSUNDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

Yapılan literatür araştırması sonucunda, genel olarak, hacimde yapılan işlevlerin niteliği yönünden birbirine benzer özelliklere sahip olan, derslik ve büro hacimlerinde görsel konfora yönelik çalışmalar ile optimum enerji kullanımı konusundaki çalışmalar irdelenmiştir. Bunlarda, genellikle, aydınlığın nicelik boyutuna daha çok değinilmiş ve günışığı kullanımı ile ilgili çalışmalar yapılmıştır.

- **“Eğitim Yapılarında Yapı Fiziki Öğelerinin Etkinliği ve Konfor Koşulları” Adlı Bildiri**

Bu bildiride, insanların yaşamlarının büyük bir bölümünü geçirdikleri eğitim yapılarında, uygun fizik ortam koşullarının oluşturulmasının önemine değinilmiştir. Çalışmada, tüm eğitim yapılarında bulunan derslikler ele alınmış, bunların tasarım ölçütleri ve kullanım yönünden, görsel, işitsel ve ısısal konfor koşulları üzerinde durulmuştur.

Eğitim sürecinde, görsel algılamamanın öğrenmedeki katkısının öteki duyu organlarının katkılarında daha fazla olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle, öğrenmenin tam, eksiksiz, doğru ve yorulmadan yapılabilmesinin görsel konfora bağlı olduğu vurgulanmıştır. Çalışmada, görsel konforun sağlanması ile ilgili olarak, konuya, günışığı ve lamba ışığı ile kurulan aydınlatma düzenleri olmak üzere, iki ayrı yönden yaklaşılmıştır. Çalışmada, dersliklerde günışığı ile aydınlatma ve lamba ışığı ile aydınlatma konuları ayrı ayrı ele alınarak incelenmiştir (Şerefhanoglu, 1993).

- **“Eğitim Yapılarında Görsel Konforun Doğal ve Yapay Aydınlatma Açısından İncelenmesi” Adlı Bildiri**

Bu bildiride, eğitim yapılarının en önemli bölümlerinden biri olarak belirtilen dersliklerde, görsel çevrenin oluşturulmasında rol oynayan görsel konfor etkenleri belirlenmiştir.

Çalışmada, aydınlığın niceliği, aydınlığın niteliği, ışıklılık ve çevrede yer alan yüzey özellikleri olarak sıralanan görsel konfor etkenlerine ilişkin uygun koşullar açıklanmıştır. Bu koşullar doğrultusunda, İstanbul’da yer alan tip ilk ve orta eğitim yapılarının dersliklerindeki görsel konfor koşulları, doğal ve yapay aydınlatma düzenleri açısından incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Bu amaca yönelik olarak, örnekleme yapabilmek için, üç ilk ve üç orta dereceli okul belirlenmiştir. Çalışmada, seçilen altı derslik hacminin, aydınlığın niceliği ve niteliği, ışıklılık, yüzey özelliği gibi konfor etkenleri açısından genelde olumsuz olduğu saptanmıştır. Bu sonucun en önemli nedeninin, iyi görme koşullarının sağlanması amacıyla

yapılması gereken, doğal ve yapay aydınlatma düzenlerinin, görsel konfor etkenleri ve her bir eğitim yapısının dış çevre koşulları dikkate alınmadan, tümünde benzer özellikte kurulması olduğu belirtilmiştir. Dolayısıyla, ayrı koşullara sahip derslik hacimleri için ayrı çözümlerin getirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Ele alınan dersliklerde, sayıca yetersiz olan aygıtlardaki lambaların bir bölümünün eksik ya da ömrünün dolmuş olduğu saptanmıştır. Koşulların sürekliliğinin sağlanabilmesi için, ömrü bitmiş lambaların yenilenmesi, aygıtların temizliği, iç yüzeylerin belli sürelerde boyanması gibi bakım ile ilgili konuların yerine getirilmesinin önemi vurgulanmıştır.

İncelenen dersliklerin değerlendirilmesinde, anket çalışması da yapılmıştır. Belirlenen olumsuz sonuçlara karşın, anketlerde, kullanıcıların rahatsızlık duymadıklarının, koşulları genelde yeterli buldukları saptanmıştır. Bu durumun, derslik kullanıcılarının “görsel algılama ve iyi olmayan görme koşullarının yaratacağı sakıncalar” konusunda, yeterince bilgili olmadığını gösterdiği belirtilmiştir. Çalışmada, kötü görme koşullarının etkisinin, kısa sürede algılanmadığı, ancak uzun süre sonunda kalıcı zararlar biçiminde belirdiği vurgulanmıştır (Ünver, Dokuzer Öztürk, 1993).

- **“Pencerelere Uygulanan Gölgeleme Araçlarının Tasarımında İklimsel ve Görsel Konfor Koşullarının Sağlanması Amacıyla Kullanılabilecek Bir Yaklaşım” Adlı Doktora Tezi**

Bu tez çalışmasında, genel olarak, yapılarda, enerji harcamasını en aza indirebilmek amacıyla, pasif sistem tasarımının önemi vurgulanmıştır. Bu amaçla yapılan çalışmada, pencerelerde, çeşitli yönlerde sabit gölgeleme araçlarının kullanımı ile iklimsel ve görsel konforun sağlanabileceği belirtilmiştir.

Çalışmada, yılın “gölge istenen” döneminde, pencerelere uygulanan gölgeleme araçlarının, hacimlere dolaysız güneş ışığının girmesini önleyerek, kullanıcılarda kamaşma oluşmasına engel olup, görsel konforun sağlanmasında etkili olduğu açıklanmıştır. Ayrıca, bu tez çalışmasında önerilen yaklaşım aracılığıyla, sabit gölgeleme araçlarının hacme giren güneş ışığı miktarını arttıracak ve güneş ışığından kaynaklanabilecek kamaşmayı en aza indirebilecek biçimde tasarlanmalarının olanaklı olduğu belirtilmiştir (Köknal Yener, 1996).

- **“Ofis Aydınlatma Kontrol Sistemlerinde Kullanılacak Verilerin Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi” Adlı Doktora Tezi**

Bu tez çalışmasında, ofis (büro) hacimlerinde, kişisel isteklere cevap verebilecek, otomatik aydınlatma kontrol sistemlerinin kullanılması ile hem enerji tasarrufu sağlanacağı, hem de iş veriminin arttırılabileceği üzerinde durulmuştur. Kişisel isteklere cevap verebilecek sistemlerin gelişmesinin ise, ancak, tercihlerin önceden tahmin edilebilmesi ile olanaklı olacağı vurgulanmıştır.

Çalışmada, ofis çalışanlarının yapay aydınlık düzeyi tercihlerinin, yapay sinir ağları ile tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, Hollanda Philips'te yapılan deneysel çalışmaların bir yıllık verileri kullanılmıştır. Deneylerde, 55'i erkek, 10'u kadın olmak üzere toplam 65 denek kullanılmıştır. Bu doğrultuda yapılan tez çalışmasında, yapay aydınlatmayı, doğal aydınlatmaya bağlı olarak kontrol eden klasik sistemler yerine, yapay sinir ağlarının kullanılacağı sistemlerin kullanılması ile kişilerin aydınlatmadan çok daha memnun olacakları belirtilmiştir (Çolak, 1999).

- **“Yüksek Performanslı Okul Yapıları” Adlı Çalışma**

Dersliklere yönelik çalışmalar arasında, özellikle, Amerika Birleşik Devletleri'nin Kaliforniya ve Şikago eyaletlerinde yapılan çalışmalar önem taşımaktadır. Bu çalışmalar, hem eğitimin niteliğinin arttırılması, hem de okul yapılarında kullanım ve bakım masraflarının en aza indirilmesini amaçlamaktadır.

Kaliforniya'da, Sürdürülebilir Yapı Endüstrisi Konseyi (SBICouncil) tarafından yayınlanan Yüksek Performanslı Okul Yapıları Kaynak ve Strateji El Kitabı'nda, yüksek performanslı okul (high performance school),

- günışığının yeterli düzeyde kullanımı, iyi nitelikli havalandırma, emniyetli ve güvenli bir çevre ile öğretmen ve öğrenciler için **sağlıklı,**
- enerjiyi doğru kullanan, yeniden kullanımı destekleyen bir yaklaşımla, ilk yatırım ve kullanım süresince maliyeti azaltan ve tasarıma uygun bir kullanım sağlayan, **kullanımı etkin, bakımı kolay,**
- verimli aydınlatma ve mekanik sistemleri kullanan, enerjinin korunumu ve yenilenebilir enerji stratejisini benimseyen, çevre dostu bir yaklaşımla tasarlanmış, **sürdürülebilir**

bir yapı olmak üzere, üç temel özelliği ile tanımlanmıştır.

Bu el kitabında, okul yapısı, tüm yapı fiziki öğeleri ile bir bütün olarak ele alınmış ve aydınlatma, ısıtma, havalandırma, akustik vb. konularda yapılması gerekenler sıralanmıştır. Aydınlatma konusunda, dersliklerde, özellikle günışığı kullanımının önemine değinilmiş, öğrenci ve öğretmenlerin çalışmalarını kolaylaştıracak görsel konfor koşullarını sağlayacak, iyi nitelikli aydınlatma düzenlerinin oluşturulması önerilmiştir. Yapma aydınlatma düzenlerinde, aydınlığın niceliği ve niteliği yönünden gerekli koşulları sağlayan, verimli lamba ve aydınlatma aygıtları kullanılması gerektiği belirtilmiştir. İlk yapım sırasında enerji etkin sistemlerin seçilmesinin yanı sıra, kullanım sırasında da aydınlatma kontrol sistemlerinden yararlanılarak enerji tasarrufu sağlanması vurgulanmıştır. Kullanımda, özellikle, günışığı ve lamba ışığının birlikte ele alındığı bütünleşik aydınlatma düzenlerinin önemi belirtilmiştir.

2000 yılından itibaren, A.B.D.’nde, bu çalışmanın uygulandığı okullar,

- Cahuenga İlkokulu, Los Angeles,
- Cesar E. Chavez Eğitim Merkezi, Oakland,
- Georgina Blach Orta Okulu, Los Altos,
- Newport Coast İlkokulu, Newport Beach,
- Rustic Okulu, Manteca,
- Southeast Öğrenim Merkezi, Huntington Park,
- Truckee Middle School, Truckee,
- El Segundo Lisesi, El Segundo

olarak sıralanabilir (California Energy Commission, 2003).

• “Aydınlığın Niteliğini Değerlendirme” Adlı Bildiri

A.B.D NewYork’taki Rensselaer Politeknik Enstitüsü, Aydınlatma Araştırma Merkezi’nde geliştirilen çalışmada, büro aydınlatmasını, görsel konfor ve enerjinin verimli kullanımı yönlerinden değerlendirmek amacıyla, bir “alet çantası” (toolkit) tasarlanmıştır. Çalışmada, bu alet çantasının, büro aydınlatmasının, onbeş ayrı ölçütle, yerinde değerlendirildiği belirtilmektedir. Bu alet çantası ile, enerji kullanımı yönünden verimli aydınlatmanın, aynı zamanda, görsel konforu da sağlayan bir aydınlatma olabileceğini gösteren bir yöntem oluşturulmuştur.

Söz konusu alet çantasının içinde, bir sayfadan oluşan bir büro aydınlatması anketi, kullanıcı okuma performansını ve görsel konforu ölçen okuma testi, bir aydınlık ölçer ve bir ışıklılık ölçer, aydınlatma aygıtlarını açan ve temizleyen bir alet seti, kullanıcı el kitabı ve fiziksel

bilgilerin kaydedilmesi, toplanan bilgilerin işlenmesi ve elde edilen sonuçların özetlenmesi için dört form bulunmaktadır.

Bu çalışma, onüç ayrı büro binasında, 1259 kullanıcı ile gerçekleştirilmiştir. Çizelge 6.1’de alet çantası kullanılarak elde edilen veriler, ölçütlerle karşılaştırılmıştır. Çizelge 6.2’de ise, 1259 kişi ile yapılan anketin sonuçları belirtilmiştir.

Çalışmanın sonucunda, söz konusu alet çantası (toolkit) ile aydınlatma bilgisi sınırlı olan kişilerin bir büro aydınlatmasını çabuk ve kolayca değerlendirebilecekleri belirtilmiştir. Çalışmada, bu yolla toplanan bilgilerin, büro aydınlatması uygulamaları için bir veri tabanı oluşturmak amacıyla kullanılabileceği vurgulanmıştır (Boyce, Eklund, 2000).



Çizelge 6.1 Aydınlatma değerlendirme alet çantası için, ölçülen nicelikler, ölçme yöntemi, kullanılan ölçüt ve her ölçüt için kaynak

Nicelik	Ölçme Yöntemleri	Ölçüt	Ölçüt Kaynağı
Aydınlatmayı konforlu bulma oranı	Ofis aydınlatma anketi	>%70	Kural oluşturan bilgi
6 punto ve daha büyük punto yazıyı okuma oranı	Okuma testi	>%95	Kural oluşturan bilgi
Ortalama aydınlık düzeyi	Örnek masa üzerinde ölçülen aydınlık düzeyi	Duruma göre değişir	IESNA El Kitabı 1993
Masalar arasındaki aydınlık düzeyi düzgünlüğü	Örnek masa üzerindeki min/ort. aydınlık düzeyi oranı	>0.80	CIBSE Code For Interior Lighting 1994
Masa boyunca aydınlık düzeyi düzgünlüğü	Bir örnekteki her masa için min/ort. aydınlık düzeyi oranı	>0.70	Boyce and Slater, 1990
Maskeleme yansımaları olan masa sayısı	Düztün yansıma yapan bir malzeme üzerinde dikkat çekici maskeleme yansımaları gözlemi	0	Uygulanabilir değil
Maskeleme yansımaları olan bilgisayar ekranı sayısı	Bilgisayar ekranı üzerinde dikkat çekici maskeleme yansımaları gözlemi	0	Uygulanabilir değil
Bakılan alan / çevre oranının <0,3 ya da >3,0 olduğu masa sayısı	Bakılan alan ve çevre için ölçülen ışıklılık değeri	0	IESNA El Kitabı 1993
Bakılan alan / arka plan oranının <0,1 ya da >10 olduğu masa sayısı	Bakılan alan ve çevre için ölçülen ışıklılık değeri	0	IESNA El Kitabı 1993
Harcanan güç	Lamba sayısı ve balast çarpanı ile hesaplanan değer	Duruma göre değişir	ASHRAE/IES 90.1 1989
Günlük enerji tüketimi	Harcanan güç, alan ve kullanım saati ile hesaplanan değer	Uygulanabilir değil	Uygulanabilir değil
Renksel geriverim	CRI <70 olan lamba tipi sayısı	0	CIBSE Code For Interior Lighting 1994
Konforsuzluk kamaşması	VCP <70 olan aygıt tipi sayısı	0	IESNA El Kitabı 1993
Aygıtın kirlilik değeri düşmesi	Temizlikten önce ve sonraki ışıklılıkların oranı	Duruma göre değişir	IESNA El Kitabı 1993
Lambanın ışık akısı azalması	Lamba değişiminden önce ve sonraki ışıklılıkların oranı	0.82	IESNA El Kitabı 1993
Lamba bozulma oranı	Bozulan lambaların gözlenen oranı	%7	IESNA El Kitabı 1993

Çizelge 6.2 Onüç ayrı büroda çalışan 1259 kişiye yapılan anketteki her soru için kural oluşturan bilgi

Soru	Ortalama Kabul Oranı	Standart sapma
Tümüyle, aydınlatma konforlu	69	14
Yaptığım iş için aydınlatma konforsuz derecede parlak	16	7
Yaptığım iş için aydınlatma konforsuz derecede kısılmış	14	10
Burada aydınlatma kötü bir şekilde dağılmış	25	13
Aydınlatma derin (sert) gölgelere neden oluyor	15	9
Aygıttan gelen yansımalar işimi engelliyor	19	11
Aydınlatma aygıtları fazlasıyla parlak	14	6
Tenimin rengi aydınlatma altında doğal görünmüyor	9	5
Işıklar gün boyunca kırışıyor	4	4
Öteki binalardaki benzer çalışma alanları ile karşılaştırılınca aydınlatma nasıl?		
Daha kötü	19	12
Hemen hemen aynı	60	10
Daha iyi	22	11
8 punto ve daha büyük yazıyı okuma	99	2
6 punto ve daha büyük yazıyı okuma	94	4
4 punto ve daha büyük yazıyı okuma	76	9

• **“Değişik Işık Yeğnlik Eğrilerine Sahip Aygıtlarla Oluşturulmuş Sistemlerde Verimli ve İyi Nitelikli Aydınlatma” Adlı Bildiri**

Polonya Varşova Teknoloji Üniversitesi, Aydınlatma Bölümü’nde yapılan bu çalışmada, bir büro hacminde, biri dolaysız aydınlatma, diğeri yayınık aydınlatma olmak üzere, iki ayrı aydınlatma sistemi kurulmuş ve test edilmiştir. Dolaysız aydınlatma için, farklı ışıık yeğnlik eğrilerine sahip, sekiz ayrı aydınlatma aygıtı ile aydınlatma düzenleri oluşturulmuştur. Aydınlığın niceliği ve niteliği, yapılan ölçme, hesaplama ve anket çalışmalarıyla değerlendirilmiştir.

Aydınlatma düzenlerinin kurulduğu hacmin alanı, 40 m^2 olup, yüksekliği, 3.25 m.dir. Tavan ve duvar yüzeylerinin yansıtma çarpanları yüksek, döşemenin daha düşüktür. Sistemlerde kullanılan aygıtlarla ilgili bilgiler, Çizelge 6.3'te verilmiştir.

Çizelge 6.3 Aydınlatma düzenlerinde kullanılan aygıtlar

Aydınlatma düzenleri	Aydınlatma sistemi	Aydınlatma aygıtları	CIE ışıık akısı kodu
1	dolaysız aydınlatma	yansıtıcı	46 79 96 100 79
2		yansıtıcı ve geniş açılı ayna	60 87 99 100 80
3		yansıtıcı ve ızgaralı ekran	54 85 97 100 62
4		yansıtıcı ve petekli ekran	50 85 97 100 62
5		yansıtıcı ve ayna petekli ekran	55 87 97 100 56
6		yansıtıcı ve prizmatik ekran	55 85 95 100 67
7		yansıtıcı ve geniş açılı ayna ve petekli ekran	62 92 98 100 58
8		yansıtıcı ve geniş açılı ayna ve ayna petekli ekran	67 92 98 100 58
9	yayınık aydınlatma	yansıtıcı, önünde prizmatik panel, altında beyaz ızgaraları olan mat alüminyum	51 88 98 100 73

Dolaysız aydınlatma aygıtları, tavana, yayınık aydınlatma aygıtları ise, tavandan 0.40 m. aşağıya yerleştirilmiştir. Her aygıtın içinde 2 adet 58W gücünde 26 mm. çaplı çizgisel flüoresan lamba bulunmaktadır. Lambaların renksel geriverimi, $R_a=85$, renk sıcaklığı 4000K'dir.

Her bir aydınlatma düzeni için yapılan hesaplamaların sonuçları, Çizelge 6.4'te, anket çalışmasının sonuçları da Çizelge 6.5'te verilmiştir.

Çizelge 6.4 Hesaplama sonuçları

Aydınlatma düzenleri	Gölge niteliği	E _{ort} (lm/m ²)			E _{min} /E _{ort}	E _{duv} /E _{ort}	E _{tav} /E _{ort}	W/m ² /100 lm/m ²
		Dolaysız	Yansımış	Toplam				
1	orta düzeyde sert	751	219	970	0.72	0.56	0.24	2.84
2		902	201	1103	0.68	0.43	0.20	2.49
3		655	162	817	0.73	0.49	0.22	3.38
4		664	174	838	0.72	0.51	0.23	3.29
5		608	145	753	0.73	0.47	0.22	3.67
6		720	177	897	0.67	0.48	0.22	3.08
7	sert	766	162	928	0.65	0.42	0.20	2.97
8		697	133	830	0.66	0.37	0.19	3.33
9	orta düzeyde sert	468	357	825	0.91	0.53	0.86	3.34

Çizelge 6.4 ve 6.5'te görüldüğü gibi, değişik ışık yeğnlik eğrileri olan dolaysız aydınlatma aygıtları kullanıldığında, hacimde oluşan aydınlığın niteliği de değişmektedir. Bu çalışmada, ayrıca, enerji verimli aydınlatma sistemleri oluşturmak için, mutlaka dolaysız aydınlatma sistemlerinin uygulanmasının zorunlu olmadığı vurgulanmıştır. Kimi durumlarda, yayınlık aydınlatma sistemlerinde, dolaysız aydınlatma sistemlerinde olduğu kadar enerji harcaması elde edilebileceği; aynı zamanda da yayınlık aydınlatma sistemlerinde, dolaysız aydınlatmadan daha iyi nitelikte bir aydınlatma sağlanabileceği belirtilmiştir (Bak, 2000).

Çizelge 6.5 Anket sonuçları

Aydınlatma düzenleri	Genel değerlendirme	Aydınlatma	Sonuç
1	Aydınlatma memnunluk verici (%44). Kamaşma, az miktarda (%43) ve rahatsız edici (%38). Tavan çok karanlık (%94). Gölgeler. Konsantrasyon yok.	Çok kötü değil (%69)	Orta düzeyde ancak kabul edilebilir değil
2	Aydınlatma hiç memnunluk verici değil (%73). Kamaşma, çok miktarda (%61) ve tolerans sınırında (%28). Tavan çok karanlık (%89) ve duvarlar çok karanlık (%50) Gölgeler. Çok fazla ışıklı. Konsantrasyon yok.	Kötü (%83)	Kabul edilebilir değil
3	Aydınlatma memnunluk verici (%60). Kamaşma, az miktarda (%53) ve rahatsız etmiyor (%33). Tavan çok karanlık (%87). Gölgeler sert. Çok fazla ışıklı. Konsantrasyonda azalma var.	Çok kötü değil (%73)	Daha az aydınlık düzeyi ile kabul edilebilir
4	Aydınlatma memnunluk verici (%67). Kamaşma, az miktarda (%53) ve rahatsız etmiyor (%13). Kamaşma yok (%20). Tavan çok karanlık (%87). Çok fazla ışıklı. Konsantrasyonda azalma var.	Çok kötü değil (%80)	Daha az aydınlık düzeyi ile kabul edilebilir
5	Aydınlatma memnunluk verici (%72). Kamaşma, az miktarda (%50) ve rahatsız etmiyor (%29). Kamaşma yok (%14). Tavan çok karanlık (%93). Doğru ışıklılık. Konsantrasyonda azalma var.	Çok kötü değil (%71)	Kabul edilebilir
6	Aydınlatma oldukça memnunluk verici (%23). Kamaşma, çok miktarda (%31) ve rahatsız etmiyor (%46). Tavan çok karanlık (%85). Kimi insanlar için konsantrasyon var, kimileri için yok.	Çok kötü değil (%71) ve İyi (%31)	Orta düzeyde ancak kabul edilebilir değil
7	Aydınlatma oldukça memnunluk verici (%83). Kamaşma, az miktarda (%50) ve rahatsız etmiyor (%33). Kamaşma yok (%17). Tavan çok karanlık (%83). Konsantrasyon var. Çok fazla ışıklı.	Çok kötü değil (%67) ve İyi (%33)	Daha az aydınlık düzeyi ile kabul edilebilir
8	Aydınlatma memnunluk verici (%62). Kamaşma, az miktarda (%31) ve rahatsız etmiyor (%38). Tavan çok karanlık (%81). Gölgeler. Konsantrasyon var. Çok fazla ışıklı.	Çok kötü değil (%63) ve İyi (%31)	Daha az aydınlık düzeyi ile kabul edilebilir
9	Aydınlatma tamamen memnunluk verici (%95). Kamaşma, az miktarda (%28) ve rahatsız etmiyor (%17). Kamaşma yok (%44). Hacim bütünüyle algılanıyor. Konsantrasyon var. Çalışmak için iyi bir ortam. Doğru ışıklılık.	İyi (%94)	Yeğlenerek kabul edilebilir

- **Değerlendirme**

Bu bölümde özetle anlatılan seçilmiş kimi çalışmalarda, genel olarak, derslik ve büro gibi çalışma mekanlarında görsel konfor ile enerji kullanımı konuları ele alınmıştır. Çalışmaların bir bölümü, görsel konfor konusunda daha çok aydınlığın niceliği ile ilgili olup, bir bölümünde ise, aydınlığın niteliği konusuna da değinilmiştir. Ayrıca, incelenen çalışmalar arasında enerji kullanımına yönelik çalışmalar da bulunmaktadır.

Ülkemizde de, aydınlatmada enerji kullanımı ile ilgili olarak, bu güne kadar yapılan çalışmalarda, genellikle, aydınlığın niceliği konusuna yer verilmiştir. Oysa, görsel konforun sağlanmasında, aydınlığın niceliği ve niteliğinin birlikte düşünülmesi gerekmektedir. Bu nedenle, bu tez çalışmasında, ülkemizde eğitimin önemi açısından, derslik hacimleri ele alınarak, dersliklerde görsel konforun sağlanmasında, aydınlığın niceliği ve niteliği birlikte incelenmiştir. Bu incelemede, değişik aydınlatma düzenleri ele alınarak, görsel konfor etkenleri ve enerji kullanımı açısından karşılaştırmalar yapılmıştır.

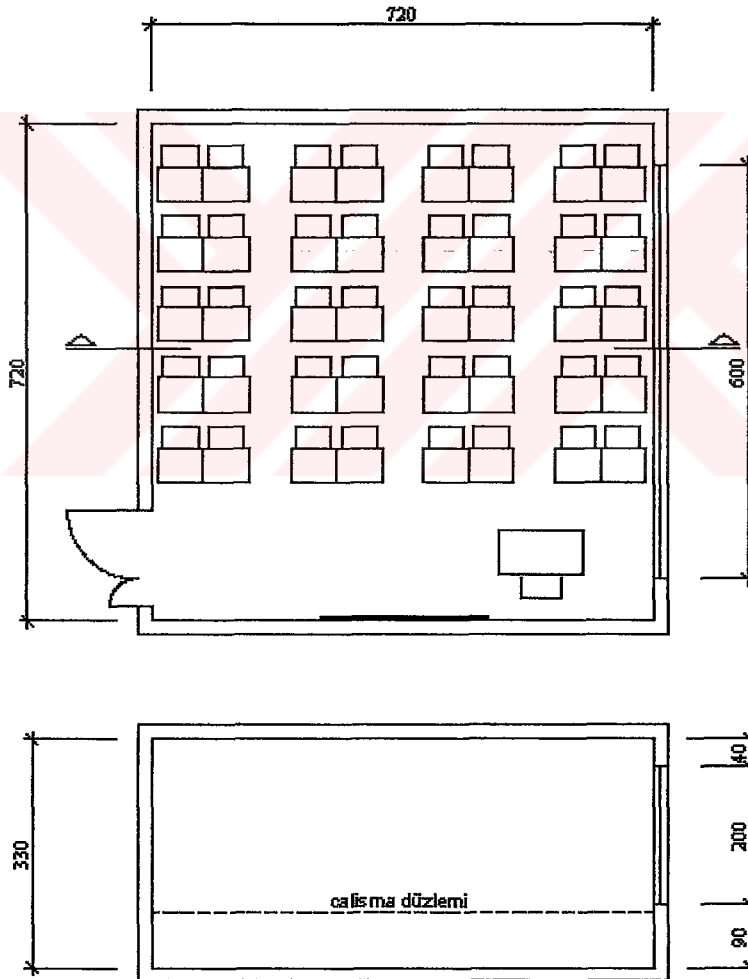


7. DERSLİKLERDE GÖRSEL KONFOR VE OPTİMUM ENERJİ KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde, konvansiyonel bir derslik hacminde, hem görsel konforu sağlayacak, hem de optimum enerji kullanımını olanaklı kılacak aydınlatma düzenleri araştırılmış ve sonuçları, karşılaştırmalı bir biçimde irdelenerek, değerlendirilmiştir.

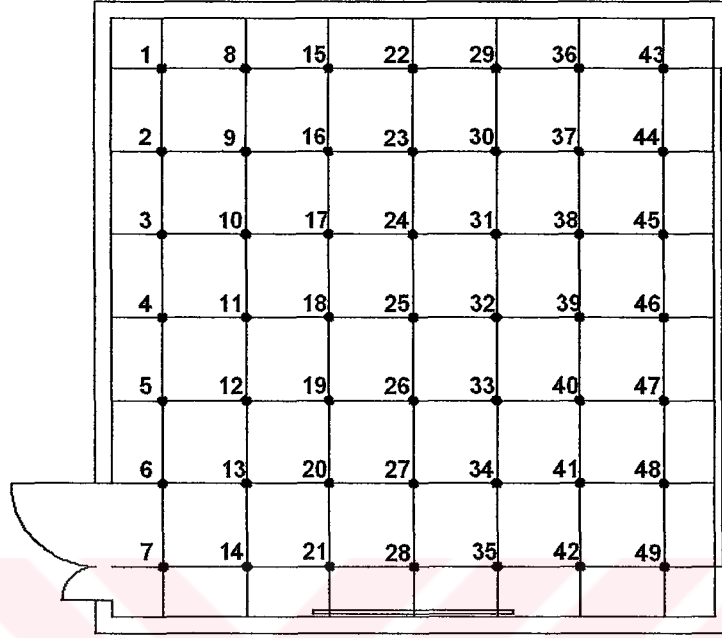
Bu doğrultuda, seçilen tip derslik hacminin genişliği, 7.20 m., derinliği, 7.20 m. ve yüksekliği, 3.30 m.dir. Pencere parapet yüksekliği, 0.90 m., pencere yüksekliği, 2.00 m., pencere genişliği, 6.00 m. olarak belirlenmiştir. Derslik hacminin baktığı ana yön, güneydir.

Hacmin iç yüzeylerinin yansıtma çarpanları, tavan: 0.70, duvarlar: 0.50, döşeme: 0.30 olarak alınmıştır. Çalışma düzlemi yüksekliği ise, 0.80 m.'dir (Bkz.Şekil 7.1).



Şekil 7.1 Seçilen tip derslik hacminin plan ve kesiti

Seçilen tip derslik hacmindeki aydınlık dağılımını belirlemek için, 0.80 m. yüksekliğindeki yatay çalışma düzlemi üzerinde, 1.00 m.lik modüllü ızgara düzeni kullanılarak, 49 nokta oluşturulmuştur. Bu noktaların hacim içindeki yerleri Şekil 7.2’de gösterilmiştir.



Şekil 7.2 Seçilen tip derslik hacminde hesaplama yapılan noktaların dağılımı

Seçilen tip derslik hacminde, belirlenen değişik gün - saatlerdeki doğal aydınlatma ve değişik tip yansıtıcı aygıtlarla oluşturulan yapma aydınlatma düzenleri ile optimum enerji kullanımı açısından günışığı ve lamba ışığının birlikte kullanıldığı bütünleşik aydınlatma düzenleri ayrı ele alınmıştır.

7.1 Doğal Aydınlatma

Doğal ışığın - günışığının - bir hacim içindeki herhangi bir gözleme noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyinin hesaplanabilmesi için, çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler arasındaki ayrımların temel nedeni, ışık kaynaklarının ve gök koşullarının seçimidir. Uluslararası Aydınlatma Komisyonu’nun (CIE), 1994 ve 1996 yılında yayınladığı raporlarda, gökle ilgili olarak çeşitli araştırmacıların yapmış olduğu çalışmaları göz önüne alarak,

- CIE Standart Kapalı Gök (CIE Standard Overcast Sky),
- CIE Standart Açık Gök (CIE Standard Clear Sky),
- Açık-Kapalı Arası Gök ya da Gökler (Intermediate Sky or Skies; Ara Gök),
- Ortalama Gök (Average Sky),
- Sınırlı Ortalama Gök (Mean Sky)

olmak üzere, beş değişik “referans gök (reference sky)” belirlemesi yapılmıştır. (CIE, Publication No. 110-1, 1995). Referans gök, günışığı hesaplama yöntemleri için kullanılacak açıkça tanımlanmış gök modeli anlamına gelmektedir (Ünver, 2002).

Bu referans göklerden, “kapalı, açık ve ara gökler”, hava koşullarına bağlı olarak kabul edilebilecek gök ışıklılık dağılımlarını tanımlar. CIE, kapalı ve açık göklerin bağlı ışıklılık dağılımını standartlaştırmış, ara gök konusunda ise, henüz belli bir belirleme yapmamıştır. CIE, ayrıca, doğal aydınlatma tasarımı sırasında, söz konusu referans göklerden hangisinin, hangi hava koşulunda, gerçek gök olarak alınması gerektiğini de, kapalı hava koşulu için, “CIE Standart Kapalı Göğü”; açık hava koşulu için, “CIE Standart Açık Göğü”; sisli, bulutlu ve parçalı bulutlu gökleri içeren ara hava koşulu için “Ara Gök” kullanılmalıdır, biçiminde belirlemiştir.

Hava koşullarının sürekli değişiklik göstermesi nedeniyle, yukarıda sıralanan üç göğün, herhangi birinin tek başına, yılın bütün gün ve saatlerinde gerçekleşmeyeceği ve bunların gerçek gök koşullarını tanımlamaya yeterli olmadığı açıktır. Bu nedenle, CIE tarafından, uygulamada gerçek gök durumlarının belirlenmesinde kullanılmak üzere, “ortalama gök” ve sınırlı ortalama gök” olarak adlandırılan iki ayrı tanım daha yapılmıştır.

Seçilen tip derslik hacminde, belirlenen değişik gün ve saatlerdeki doğal aydınlığın hesaplanmasında, doğal ışık kaynağı olarak, güneş ve göğün birlikte ele alındığı, yörenin coğrafik durumu, atmosferin bulanıklılığı, bulutluluk ve bağlı güneşlenme süresi gibi verilerin de hesaplamalara katılabildiği; CIE tarafından referans gök olarak tanımlanan “Ortalama Gök” kullanılmıştır. Hesaplamalar, bu gök yöntemine göre hazırlanan bilgisayar programı aracılığı ile yapılmıştır.

Günışığı aydınlık düzeyi hesaplarının, okulların açık olduğu tarihler olan, 21 Eylül / 21 Mart ve 21 Aralık günlerinde, ders saatleri de dikkate alınarak, 9.00, 12.00 ve 16.00 saatlerinde yapılması uygun görülmüştür. Derslik hacminin İstanbul’da bulunduğu varsayılmış olup, hesaplamalar, 40.97. enlem ve 28.82. boylama göre yapılmıştır. Hesaplamalarda, hacim önünde engel olmadığı varsayılarak, engel açısı 0° alınmıştır. Günışığı aydınlık düzeyi hesaplamalarına ilişkin öteki veriler ise;

- yer örtüsü yansıtma çarpanı: 0.20,
- saydamlık oranı: 0.50,
- pencere duvarı kalınlığı: 0.20 m.,
- cam ışık yansıtma çarpanı: 0.14,

- cam ışık geçirme çarpanı: 0.75,
- cam kirlilik çarpanı: 0.80,
- doğrama kalınlık çarpanı: 0.85
- iç yüzeylerin kirlilik çarpanı: 0.90

olarak belirlenmiştir.

7.1.1. Seçilen Tip Derslik Hacminde Güneşin Çalışma Düzleminde Oluşturduğu Aydınlık Düzeyi Değerleri

Seçilen tip derslik hacminde, yatay çalışma düzlemi üzerinde belirlenen 49 noktada, 21 Eylül / 21 Mart ve 21 Aralık günlerinde, 9.00, 12.00 ve 16.00 saatleri için güneşin oluşturduğu aydınlık düzeyi değerleri, Çizelge 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5 ve 7.6'da; hacim içindeki aydınlık dağılımları da, kesit grafiklerle, Şekil 7.3 ve 7.4'de belirtilmiştir.

Çizelge 7.1 21 Eylül/21 Mart saat 9.00 için hesaplanan güneşli aydınlık düzeyi değerleri

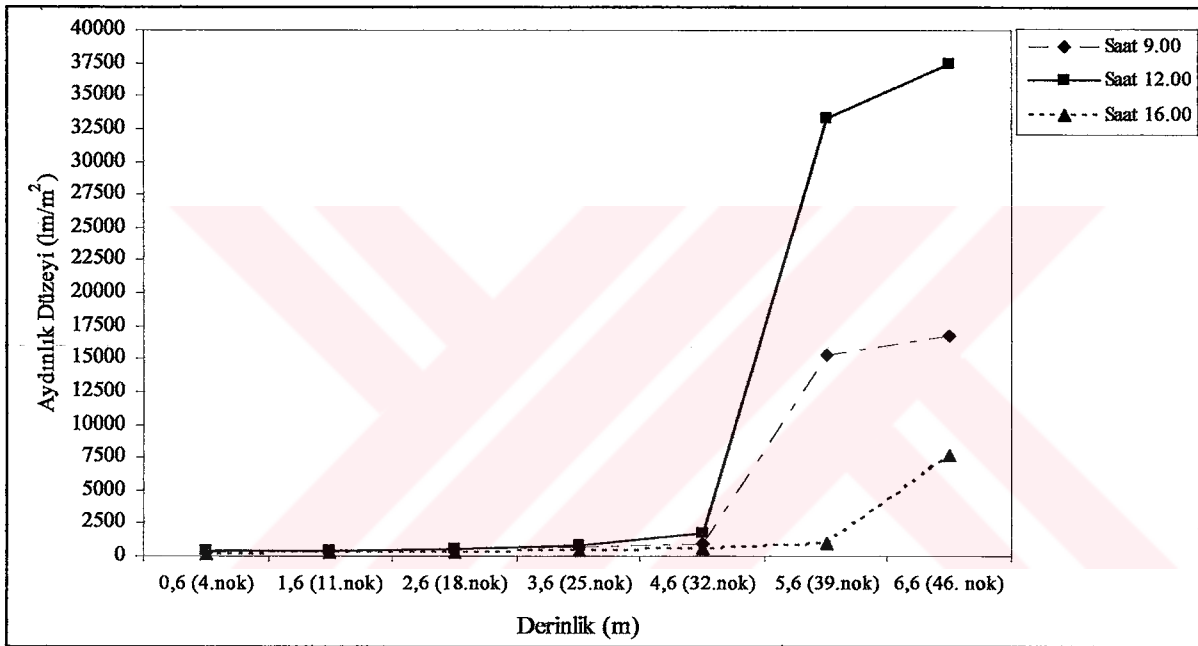
Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	494	8	1000	15	5425	22	16647	29	13541	36	13649	43	13504
2	442	9	706	16	1337	23	2220	30	2810	37	3280	44	4147
3	381	10	511	17	727	24	1012	31	1366	38	1996	45	16789
4	306	11	365	18	526	25	616	32	909	39	15317	46	16844
5	284	12	329	19	400	26	529	33	800	40	15284	47	16809
6	268	13	302	20	359	27	466	34	14560	41	15139	48	16605
7	255	14	282	21	326	28	375	35	14456	42	14833	49	15660

Çizelge 7.2 21 Eylül/21 Mart saat 12.00 için hesaplanan güneşli aydınlık düzeyi değerleri

Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	325	8	373	15	466	22	667	29	1199	36	2605	43	4131
2	333	9	390	16	503	23	760	30	1482	37	32509	44	36387
3	340	10	402	17	529	24	826	31	1672	38	33094	45	37261
4	342	11	407	18	540	25	852	32	1742	39	33277	46	37451
5	340	12	404	19	532	26	834	33	1696	40	33157	47	37330
6	335	13	393	20	509	27	776	34	1529	41	32668	48	36675
7	326	14	376	21	474	28	688	35	1259	42	31694	49	33898

Çizelge 7.3 21 Eylül/21 Mart saat 16.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri

Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	190	8	216	15	299	22	554	29	2293	36	6270	43	6670
2	191	9	219	16	274	23	436	30	767	37	6504	44	7483
3	192	10	218	17	268	24	364	31	562	38	1012	45	7667
4	191	11	216	18	262	25	349	32	540	39	993	46	7702
5	184	12	211	19	253	26	334	33	513	40	953	47	7681
6	182	13	199	20	240	27	308	34	462	41	846	48	1856
7	178	14	193	21	219	28	270	35	376	42	622	49	1191



Şekil 7.3 21 Eylül/21 Mart saat 9.00, 12.00 ve 16.00 için aydınlık dağılımları

Çizelge 7.4 21 Aralık saat 9.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri

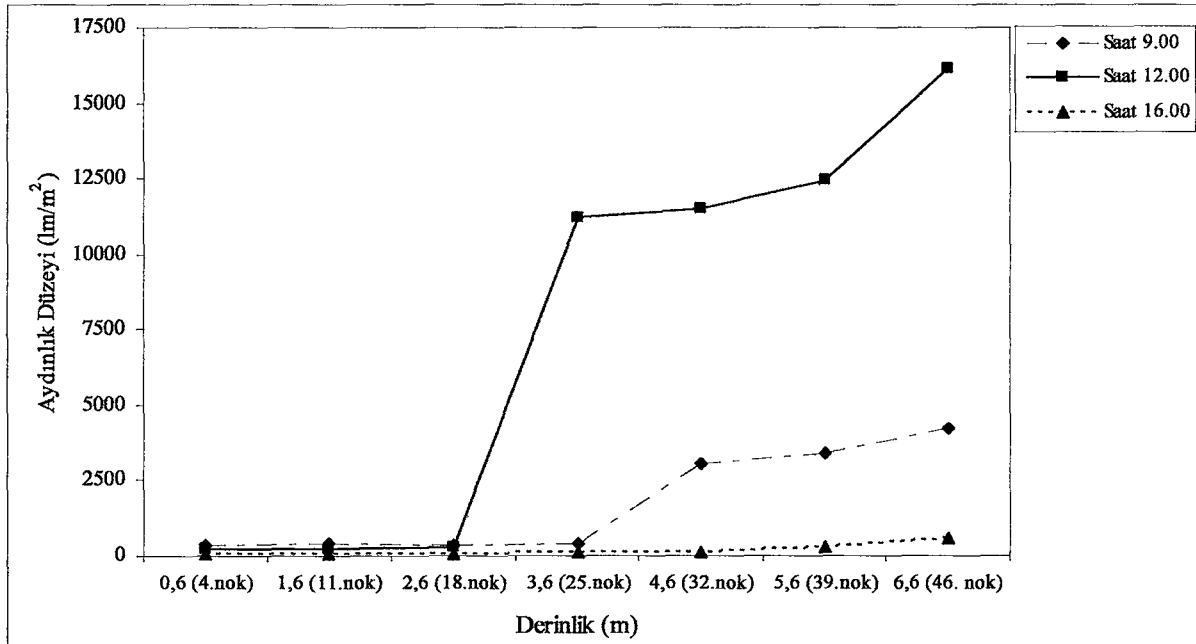
Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	11069	8	9195	15	9485	22	9551	29	9488	36	12778	43	6781
2	1544	9	1957	16	2124	23	2190	30	2213	37	2224	44	4078
3	621	10	759	17	847	24	912	31	996	38	3368	45	4222
4	359	11	421	18	369	25	428	32	3057	39	3394	46	4250
5	207	12	236	19	270	26	2923	33	3048	40	3378	47	4232
6	172	13	191	20	2863	27	2910	34	3017	41	3305	48	4127
7	151	14	2835	21	2853	28	2888	35	2964	42	3149	49	3619

Çizelge 7.5 21 Aralık saat 12.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri

Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	200	8	220	15	255	22	326	29	493	36	984	43	2549
2	206	9	229	16	273	23	11170	30	11409	37	12187	44	15472
3	209	10	235	17	286	24	11199	31	11483	38	12404	45	16008
4	210	11	238	18	291	25	11210	32	11510	39	12468	46	16123
5	209	12	236	19	288	26	11203	33	11493	40	12426	47	16050
6	206	13	230	20	276	27	11178	34	11428	41	12247	48	15650
7	202	14	222	21	259	28	11137	35	11321	42	11875	49	13919

Çizelge 7.6 21 Aralık saat 16.00 için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerleri

Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	47	8	51	15	58	22	71	29	96	36	153	43	268
2	49	9	54	16	63	23	81	30	122	37	227	44	517
3	50	10	55	17	66	24	88	31	138	38	263	45	569
4	50	11	56	18	68	25	91	32	144	39	273	46	577
5	50	12	56	19	67	26	89	33	140	40	267	47	572
6	49	13	54	20	64	27	83	34	126	41	237	48	536
7	48	14	52	21	59	28	73	35	102	42	170	49	337



Şekil 7.4 21 Aralık saat 9.00, 12.00 ve 16.00 için aydınlık dağılımları

7.1.2. Seçilen Tip Derslik Hacminde Güneşli Aydınlik Dağılımının Değerlendirilmesi

Dolaysız güneş ışığının da belli gün ve saatlerde etkili olduğu güney yönüne bakan derslik hacminde, hesaplanan güneşli aydınlık düzeyi değerleri incelendiğinde, 21 Mart/21 Eylül saat 9.00 ve 12.00'de, pencereden 5.60 m. uzaklıktan itibaren aydınlık düzeyi değerlerinin 500 lm/m^2 nin altına düştüğü saptanmaktadır. Saat 16.00'da ise, bu azalma, pencereden 2.60 m. uzaklıktan itibaren başlamaktadır.

21 Aralık saat 9.00'da, pencereden 4.60 m. uzaklıkta, hacmin ortasına yakın noktalarda, saat 12.00'de ise, pencereden 4.60 m. uzaklıktaki tüm noktalarda, güneşli aydınlık düzeyi 500 lm/m^2 nin altındadır. 21 Aralık saat 16.00'da ise, gerekli aydınlık düzeyi, yalnızca, pencereden 0.60 m. uzaklıktaki noktalarda sağlanabilmektedir.

7.2 Yapma Aydınlatma Düzenleri

Seçilen tip derslik hacminde, görsel konfor ve optimum enerji kullanımı sağlamak amacıyla, değişik tip yansıtıcı aygıtlarla yapma aydınlatma düzenleri oluşturulmuştur. Kurulan bu düzenlerde genel aydınlatma için kullanılan aygıtlar,

- paletli, tek parabolik yansıtıcı,
- paletli, çift parabolik yansıtıcı,
- opal yayıcı,

olarak seçilmiştir.

Genel aydınlatmaya ek olarak, yazı tahtası üzerinde yeterli nicelik ve uygun nitelikte aydınlığın elde edilmesi amacıyla, asimetrik yansıtıcı aygıt ile bölgesel aydınlatma uygulanmıştır. Seçilen tip derslik hacminde kullanılan aydınlatma aygıtlarının özellikleri, Çizelge 7.7'de verilmiştir.

Çizelge 7.7 Seçilen tip derslik hacminde kullanılan aydınlatma aygıtları

Aygıt tipi	Yansıtıcı tipi	Aygıt geriverimi	Lamba sayısı	Lamba tipi	Lamba renk sıcaklığı (K)	Lamba ömrü (saat)	Balast tipi
A1	Paletli (tek parabolik)	0.67	2	TL-D 36W	4000	13000	Manyetik
A2		0.69	4	TL-D 18W	4000	13000	Manyetik
B1		0.67	2	TL-5 28W	4000	20000	Elektronik
B2		0.70	4	TL-5 14W	4000	20000	Elektronik
C1	Paletli (çift parabolik)	0.63	2	TL-D 36W	4000	13000	Manyetik
C2	CIBSE LG3 cat.3	0.62	4	TL-D 18W	4000	13000	Manyetik
D1	Paletli (OLC*)	0.74	2	TL-5 28W	4000	20000	Elektronik
D2	CIBSE LG3 cat.2	0.75	4	TL-5 14W	4000	20000	Elektronik
E1	Opal yayıcılı	0.60	2	TL-D 36W	4000	13000	Manyetik
E2		0.62	4	TL-D 18W	4000	13000	Manyetik
F	Asimetrik y. (Yazı Tahtası)	0.70	1	TL-D 58W	4000	13000	Manyetik

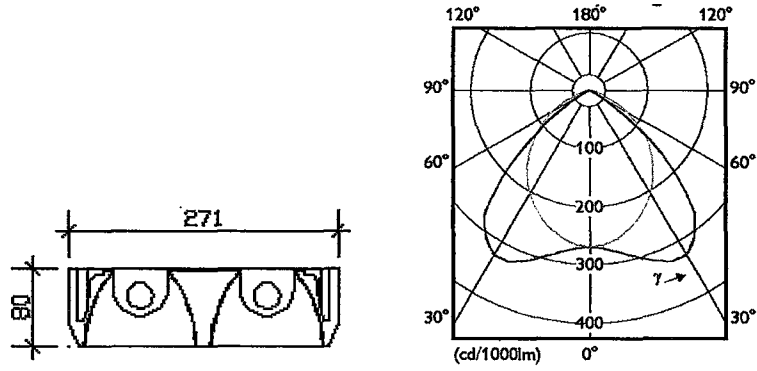
Kullanılan aydınlatma aygıtlarının yansıtıcı özellikleri, boyutları, görünüş çizimleri ve ışık yeğinlik eğrileri her tip için gösterilmiştir.

- **Paletli - Tek parabolik yansıtıcı aygıtlar**

Bu tip aygıtların yansıtıcıları, mat alüminyumdan yapılmıştır. Aygıtların önünde bulunan paletler ise, düz alüminyum profillidir. Aygıtlar, düzgün yayılmış genel aydınlatma sağlamaya yönelik olarak tasarlanmıştır (Bkz. ışık yeğinlik eğrileri).

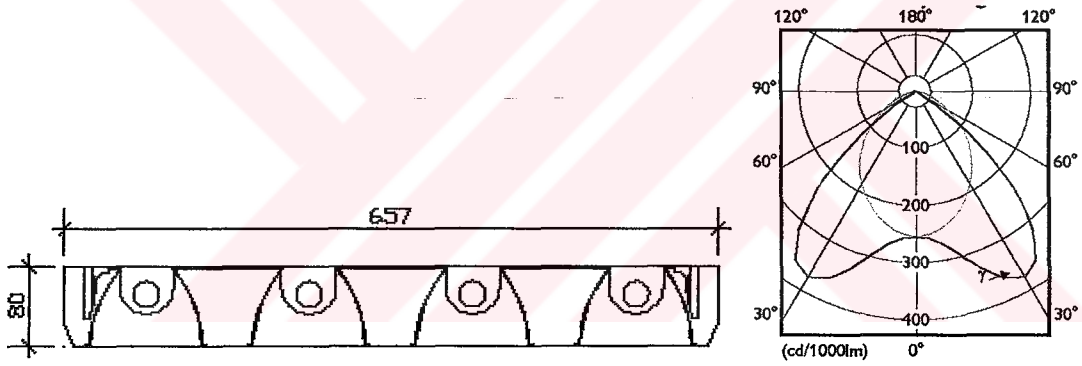
* OLC: Omnidirectional Luminance Control (Çok doğrultulu ışıklılık kontrolü)

- A1 tipi aydınlatma aygıtının boyutları, en=271 mm., boy=1276 mm., derinlik=80 mm.dir.



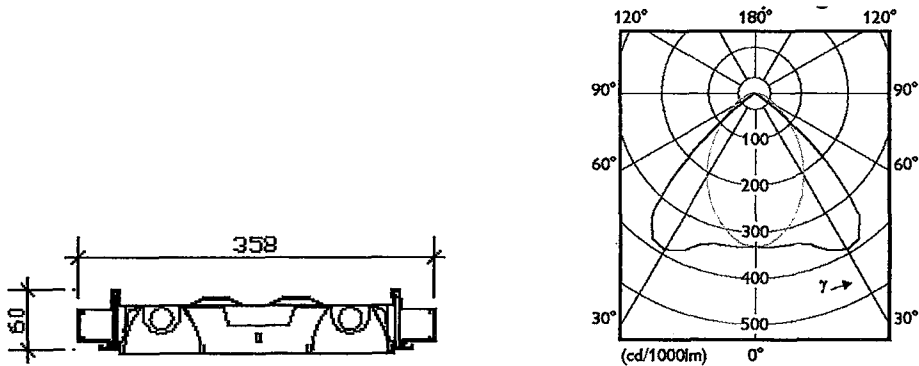
Şekil 7.5 A1 tipi aydınlatma aygıtının en kesiti ve ışık yeğinlik eğrisi

- A2 tipi aydınlatma aygıtının boyutları, en=657 mm., boy=657 mm., derinlik=80 mm.dir.



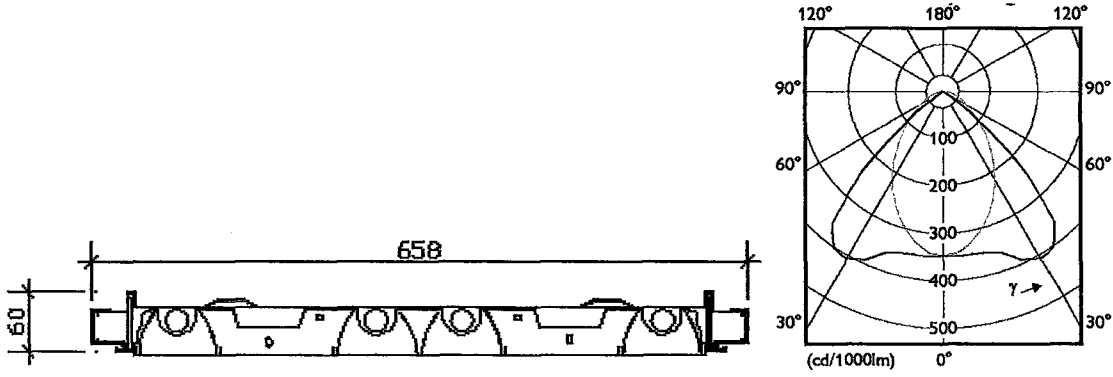
Şekil 7.6 A2 tipi aydınlatma aygıtının en kesiti ve ışık yeğinlik eğrisi

- B1 tipi aydınlatma aygıtının boyutları, en=358 mm., boy=1258 mm., derinlik=60 mm.dir.



Şekil 7.7 B1 tipi aydınlatma aygıtının en kesiti ve ışık yeğinlik eğrisi

- B2 tipi aydınlatma aygıtının boyutları, en=658 mm., boy=658 mm., derinlik=60 mm.dir.

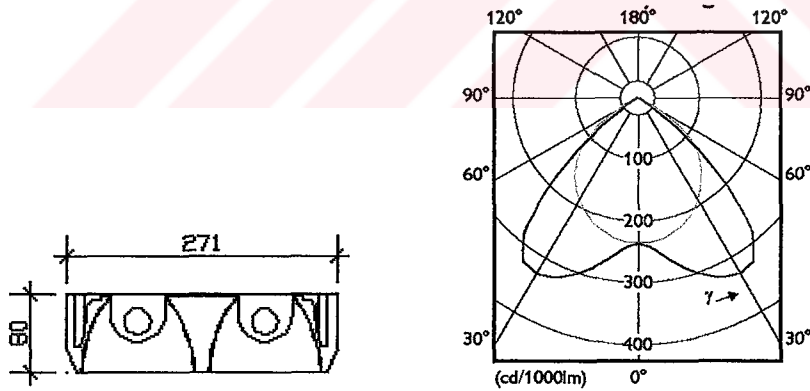


Şekil 7.8 B2 tipi aydınlatma aygıtının en kesiti ve ışık yeğinlik eğrisi

- **Paletli - Çift parabolik yansıtıcı aygıtlar**

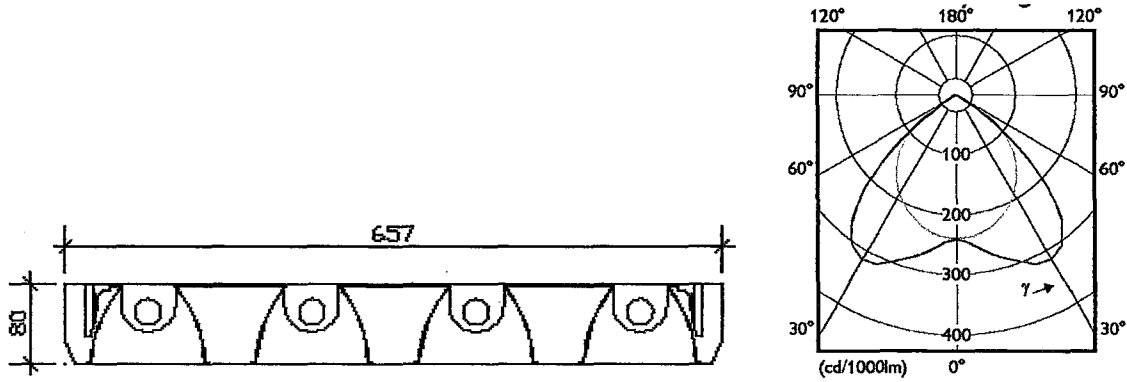
C1 ve C2 tipi aygıtların yansıtıcıları, mat alüminyumdan yapılmış olup, aygıtların önünde bulunan paletler V biçimlidir. Bu tip aygıtların kamaşma sınıfı, CIBSE Lighting Guide3 (LG3) Normu'na göre, 3. sınıf (cat.3) olarak belirlenmiştir. Bu tip aygıtlar, kamaşma kontrolünün önemli olduğu, bilgisayar da kullanılan hacimler için uygundur.

- C1 tipi aydınlatma aygıtının boyutları, en=271 mm., boy=1276 mm., derinlik=80 mm.dir.



Şekil 7.9 C1 tipi aydınlatma aygıtının en kesiti ve ışık yeğinlik eğrisi

- C2 tipi aydınlatma aygıtının boyutları, en=657 mm., boy=657 mm., derinlik=80 mm.dir.

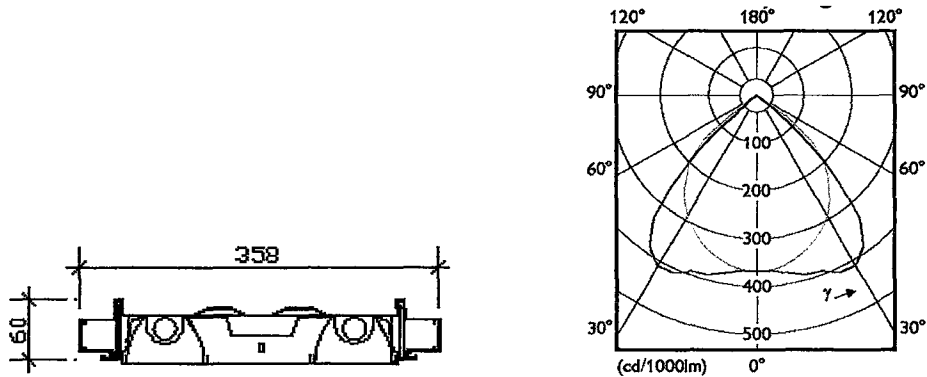


Şekil 7.10 C2 tipi aydınlatma aygıtının en kesiti ve ışık yeğinlik eğrisi

- **Paletli - Çok doğrultulu ışıklılık kontrollü (Omnidirectional Luminance Control - OLC) yansıtıcı aygıtlar**

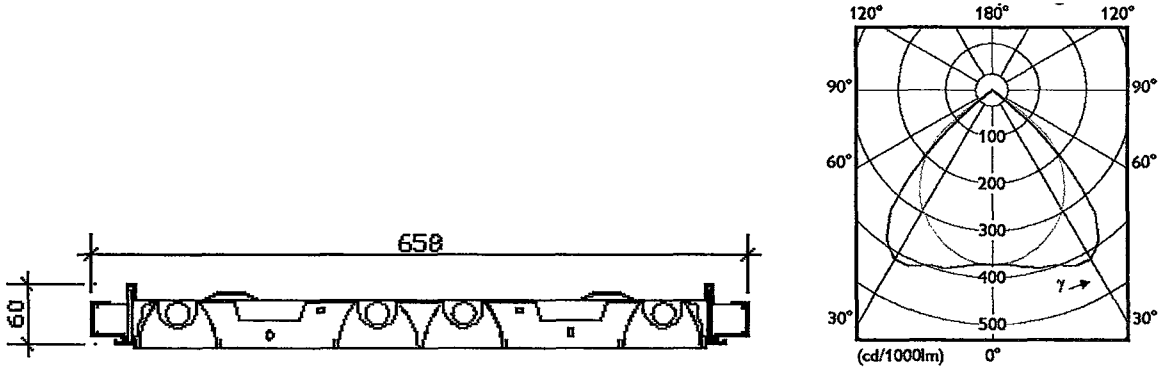
D1 ve D2 tipi aygıtların yansıtıcıları ise, yarı parlak alüminyum malzemeden yapılmıştır. Bu aygıtların önünde bulunan paletler, içbükey olması nedeniyle, dolaysız ışığı %50 oranında daha fazla ekranlayarak ve OLC (Omnidirectional Luminance Control) özelliği nedeniyle de, tüm açılarda düşük ışıklılık sağlayarak, kamaşma kontrolü yönünden daha olumludur. Bu tip aygıtların kamaşma sınıfı ise, CIBSE Lighting Guide3 (LG3) Normu'na göre, 2. sınıf (cat.2) olarak belirlenmiştir. Bu tip aygıtlar da, kamaşma kontrolünün önemli olduğu, özellikle bilgisayar kullanılan derslikler için uygundur.

- D1 tipi aydınlatma aygıtının boyutları, en=358 mm., boy=1258 mm., derinlik=60 mm.dir.



Şekil 7.11 D1 tipi aydınlatma aygıtının en kesiti ve ışık yeğinlik eğrisi

- D2 tipi aydınlatma aygıtının boyutları, en=658 mm., boy=658 mm., derinlik=60 mm.dir.

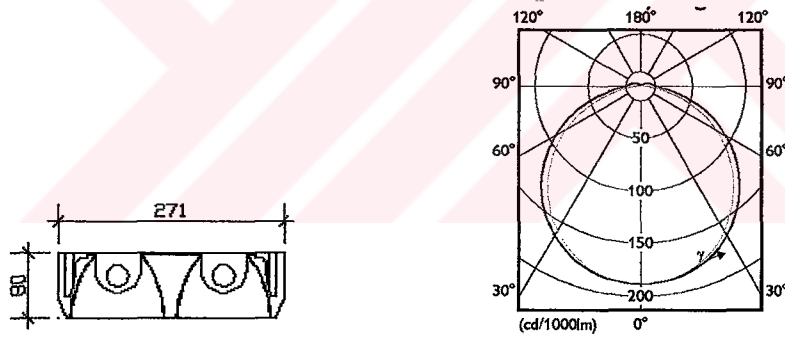


Şekil 7.12 D2 tipi aydınlatma aygıtının en kesiti ve ışık yeğinlik eğrisi

- *Opal yayıcılı aygıtlar*

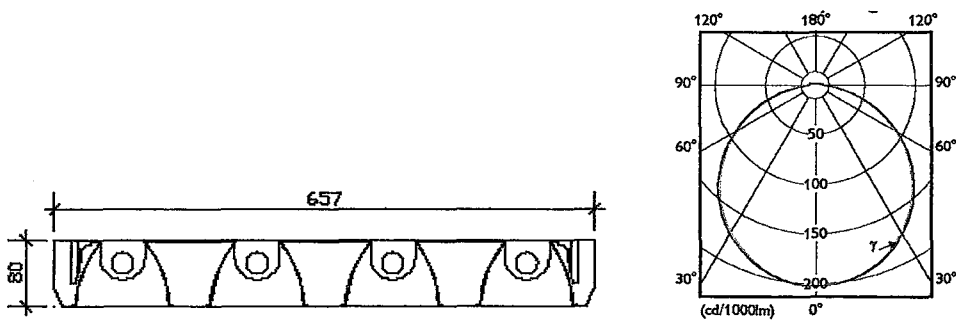
Bu tip aygıtların önünde, ışığı yayıncı biçimde geçiren, opal polikarbonattan yapılmış ışık yayıcı yüzey bulunmaktadır.

- E1 tipi aydınlatma aygıtının boyutları, en=271 mm., boy=1276 mm., derinlik=80 mm.dir.



Şekil 7.13 E1 tipi aydınlatma aygıtının en kesiti ve ışık yeğinlik eğrisi

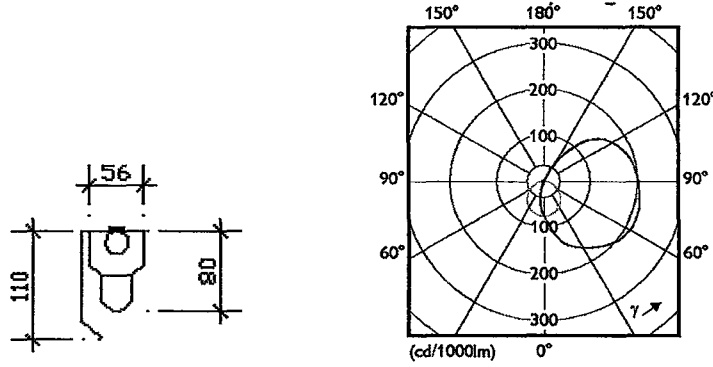
- E2 tipi aydınlatma aygıtının boyutları, en=657 mm., boy=657 mm., derinlik=80 mm.dir.



Şekil 7.14 E2 tipi aydınlatma aygıtının en kesiti ve ışık yeğinlik eğrisi

- **Asimetrik yansıtıcı aygıt**

Asimetrik yansıtıcı -F tipi- aygıt, yazı tahtasını bölgesel olarak aydınlatmak amacıyla kullanılmaktadır. Bu tip aygıtın önünde, ışığı yazı tahtası üzerine yönlendiren beyaz boyalı asimetrik yansıtıcısı olup; boyutları, en=61 mm., boy=1525 mm., derinlik=110 mm.dir.



Şekil 7.15 F tipi aydınlatma aygıtının en kesiti ve ışık yeğlilik eğrisi

Bu tip aygıtlar kullanılarak oluşturulan yapma aydınlatma düzenlerinde, ortalama ve noktada aydınlık düzeyi değerleri, bilgisayar programı aracılığı ile hesaplanmıştır (Philips, 2004). Hesaplamalarda, zaman içinde, lambaların ışık verimlerinin düşmesi ve aydınlatma aygıtlarında toz, kir birikmesi nedeniyle aydınlık düzeyinde oluşabilecek azalmayı önceden dikkate almak için, değer düşme çarpanı (bakım faktörü) 0.80 olarak alınmıştır.

Bölüm 4.1.1’de ortaya konulduğu gibi, Avrupa Birliği standartları yönünden de uygunluğu açısından, derslikler için ortalama aydınlık düzeyi, $E_{ort}=500 \text{ lm/m}^2$ olarak belirlenmiş ve aydınlatma düzenleri buna göre oluşturulmuştur.

Bu düzenlerde, hem seçilen aygıtların ışık dağılım özellikleri nedeniyle, hem de günışığı + lamba ışığının birbirini görsel konfor ve enerji kullanımı yönünden desteklemesi amacıyla, bakış doğrultusuna ve pencere konumuna paralel ışık bantları oluşturulmuştur. Ayrıca, dikkatin yazı tahtasına ve öğretmene yoğunlaşması için, bu bölgede, bir özel (bölgesel) aydınlatma yapılmıştır.

Seçilen değişik tip aydınlatma aygıtları, bu düzene göre yerleştirilmiş ve hesaplamalar, bu doğrultuda yapılmıştır.

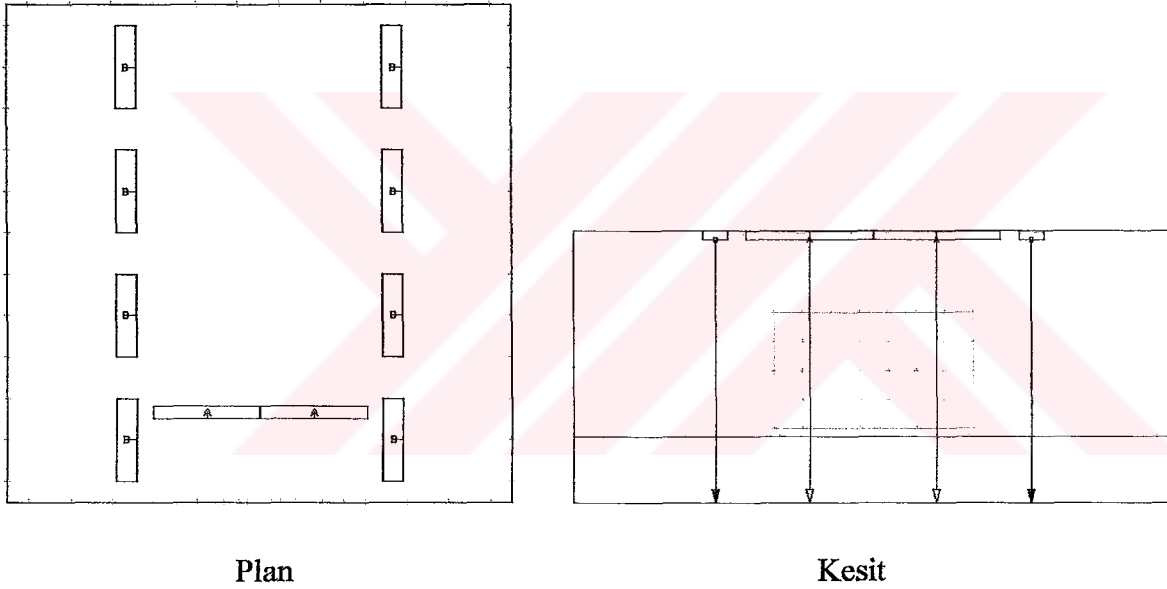
7.2.1. Paletli -Tek Parabolik Yansıtıcılı Aygıt Tipi ile Kurulan Aydınlatma Düzenleri

Paletli ve tek parabolik yansıtıcılı aygıtın içinde, dört ayrı lamba ve iki ayrı balast tipi kullanılmıştır.

- A1: 36W TL-D flüoresan lamba, manyetik balast
- A2: 18W TL-D flüoresan lamba, manyetik balast
- B1: 28W TL-5 flüoresan lamba, elektronik balast
- B2: 14W TL-5 flüoresan lamba, elektronik balast

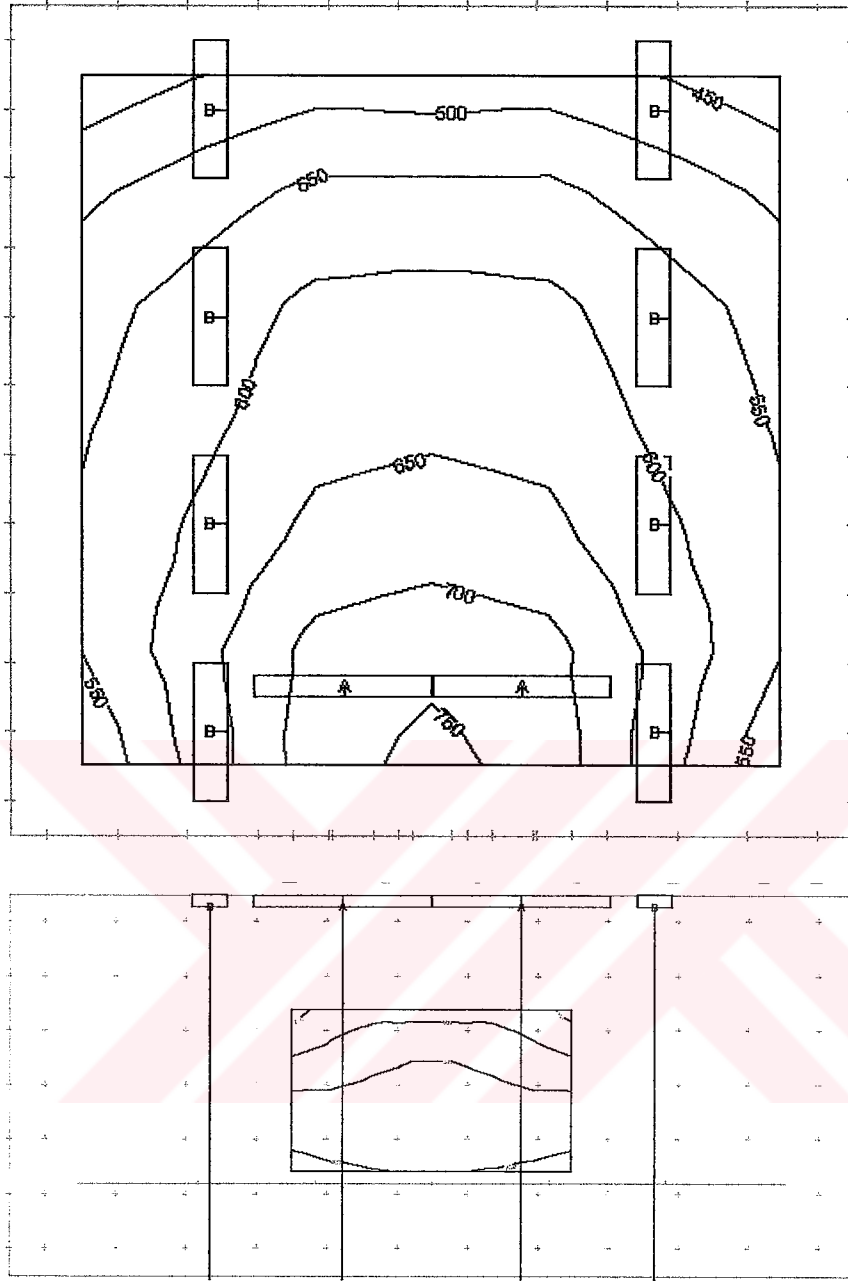
7.2.1.1 A1 Tipi Aydınlatma Aygıtı ile Kurulan Aydınlatma Düzeni

A1 tipi aydınlatma aygıtı ile kurulan aydınlatma düzeninde genel ve bölgesel aydınlatma düzenleri için seçilen aygıtların hacimdeki yerleşimi Şekil 7.16'da gösterilmiştir.



Şekil 7.16 A1 tipi aygıtın hacimdeki yerleşimi

Bu düzenlemede, çalışma düzlemi üzerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi $E_{ort}=580 \text{ lm/m}^2$ ve aydınlık dağılımının düzgünlük oranı, $E_{min}/E_{ort}= 0.71$ 'dir. Yazı tahtası üzerinde ise, E_d (yazı tahtası)= 506 lm/m^2 olarak hesaplanan düşey aydınlık dağılımının oranı ise, $E_{min}/E_{ort}= 0.74$ olarak belirlenmiştir. Çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerindeki, aydınlık dağılımı Şekil 7.17'de; çalışma düzlemi üzerindeki noktasal aydınlık düzeyi değerleri Çizelge 7.8'de verilmiştir.



Şekil 7.17 A1 tipi aygıtla, çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerinde oluşan aydınlık dağılımı

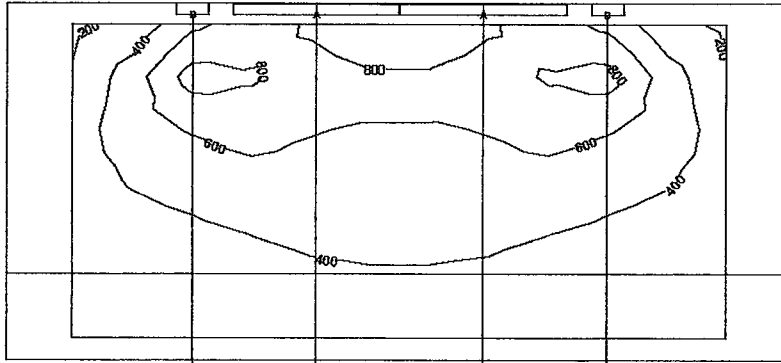
Çizelge 7.8 Çalışma düzleminde A1 tipi aygıtla elde edilen noktasal aydınlık düzeyi değerleri

Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	413	8	448	15	475	22	469	29	475	36	448	43	413
2	488	9	527	16	561	23	560	30	561	37	527	44	488
3	531	10	570	17	612	24	618	31	612	38	570	45	531
4	544	11	587	18	633	25	640	32	633	39	587	46	544
5	558	12	609	19	663	26	674	33	663	40	609	47	558
6	551	13	633	20	717	27	737	34	717	41	634	48	551
7	505	14	616	21	730	28	765	35	731	42	617	49	506

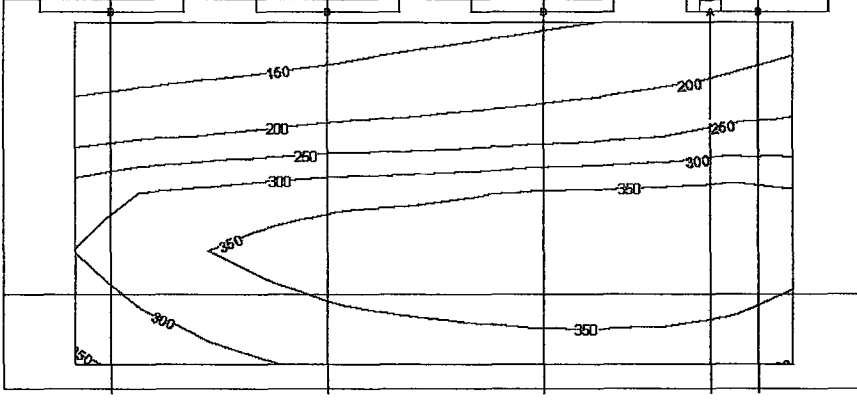
A1 tipi aygıtla kurulan düzende, duvar yüzeyleri üzerindeki ortalama aydınlık düzeyi değerleri ve düzgünlük oranları, Çizelge 7.9'da; duvar yüzeylerindeki aydınlık dağılımları Şekil 7.18, 7.19, 7.20, 7.21'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.9 A1 tipi aygıtla kurulan düzende, duvar yüzeylerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi değerleri

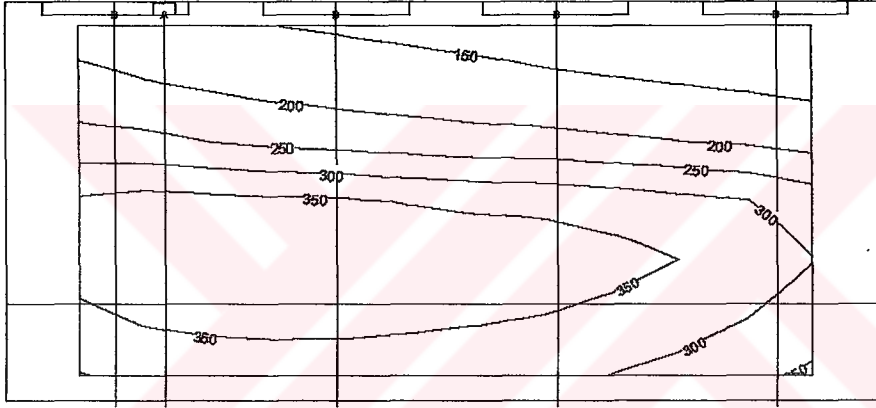
Hesaplama yüzeyi	Ortalama aydınlık düzeyi- E_{ort} (lm/m ²)	E_{min}/E_{ort}
Ön duvar	462	0.36
Sağ yan duvar	269	0.43
Sol yan duvar	269	0.43
Arka duvar	275	0.42



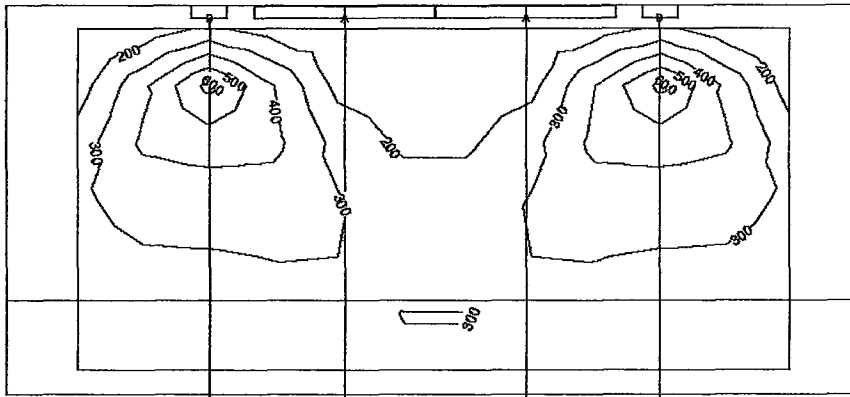
Şekil 7.18 A1 tipi aygıtla, ön duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.19 A1 tipi aygıtla, sağ yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.20 A1 tipi aygıtla, sol yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.21 A1 tipi aygıtla, arka duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı

A1 aygıtının kullanıldığı aydınlatma düzeninde, iç yüzeyler üzerinde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri Çizelge 7.10'da verilmiştir.

Çizelge 7.10 A1 tipi aygıtla kurulan düzende, iç yüzeylerde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri

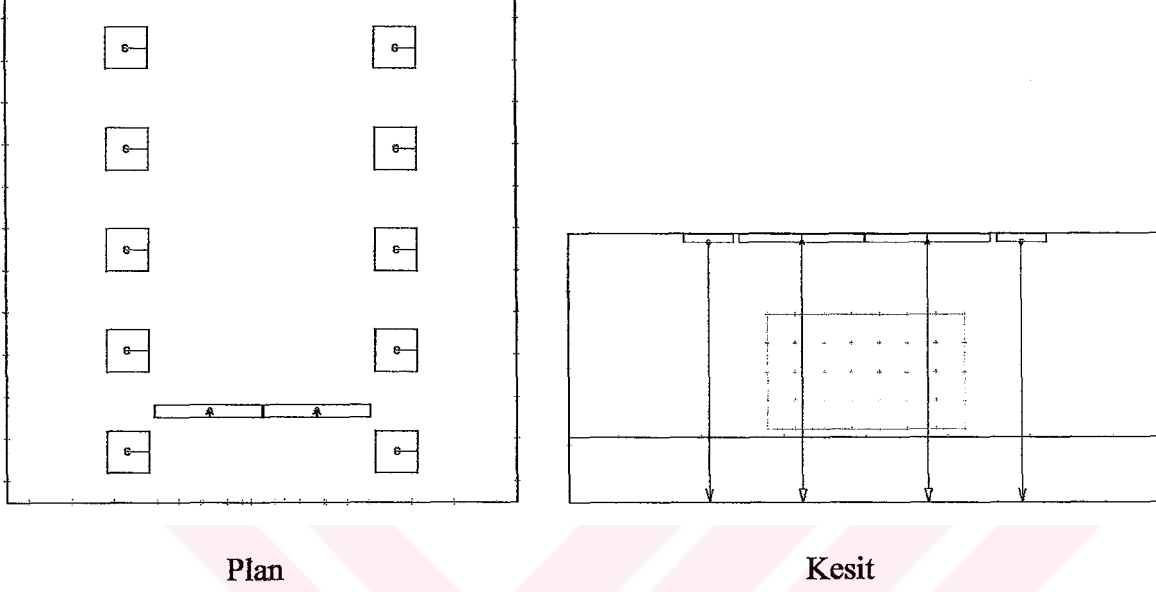
Hesaplama yüzeyi	Işıklılık- L_{ort} (cd/m ²)
Ön duvar	70.4
Sağ yan duvar	42.6
Sol yan duvar	42.5
Arka duvar	43.0
Tavan	51.2
Döşeme	47.7

- **A1 aygıtı ile kurulan sistemin enerji harcaması**

A1 tipi aydınlatma aygıtı ile kurulan düzende, kullanılan aygıt adedi, genel aydınlatma için, 8, bölgesel aydınlatma için 2 olmak üzere, toplam 10; lamba adedi ise 16 adet 36W, 2 adet 58W olmak üzere, toplam 18'dir. Bu hacimde, çalışma düzlemi üzerinde hesaplanan ortalama aydınlık düzeyi 580 lm/m² olup, sistemde harcanan güç, balast kayıpları ile birlikte, 862 W'dır. Buna göre, 1 lm/m² yi elde etmek için harcanan güç, 1.49 W'dır.

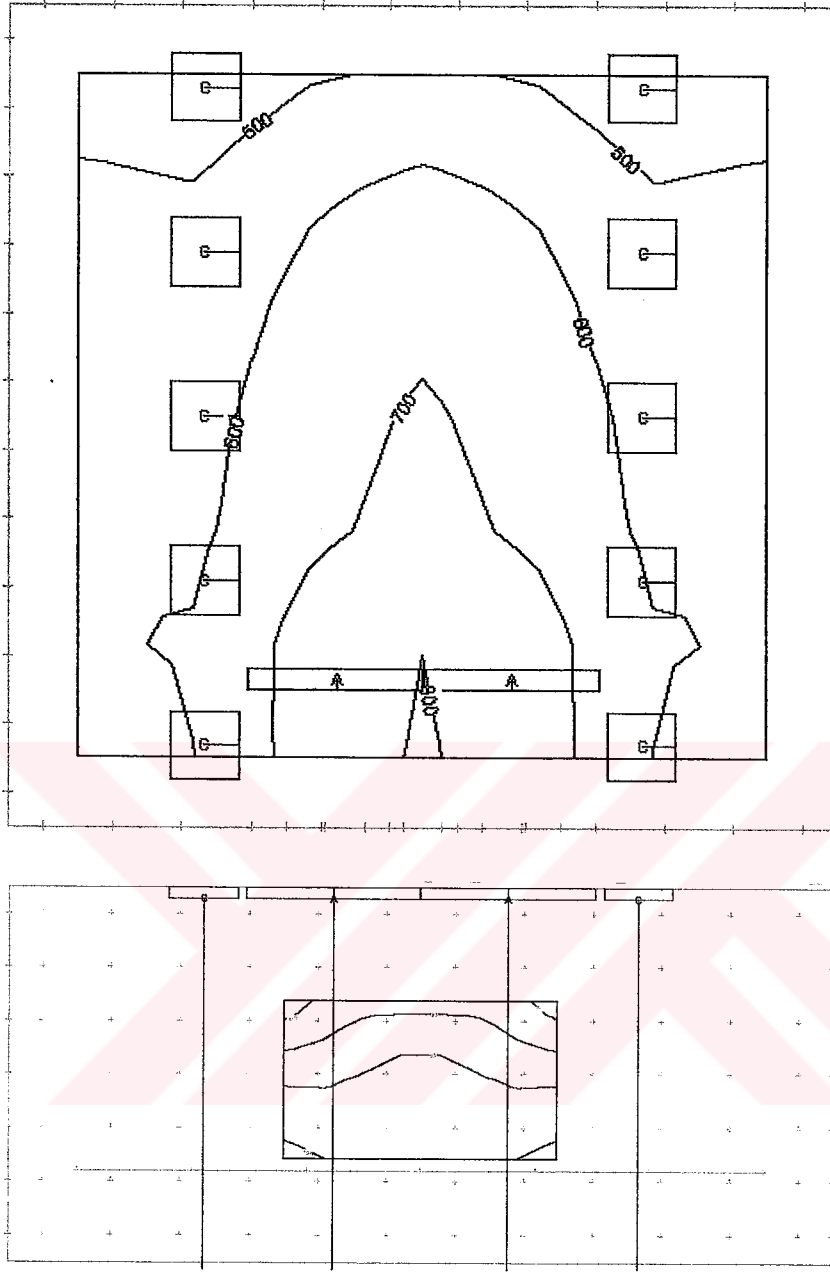
7.2.1.2 A2 Tipi Aydınlatma Aygıtı ile Kurulan Aydınlatma Düzeni

A2 tipi aydınlatma aygıtı ile kurulan aydınlatma düzeninde genel ve bölgesel aydınlatma düzenleri için seçilen aygıtların hacimdeki yerleşimi Şekil 7.22’de gösterilmiştir.



Şekil 7.22 A2 tipi aygıtın hacimdeki yerleşimi

Bu düzenlemede, çalışma düzlemi üzerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi $E_{ort}=596 \text{ lm/m}^2$ ve aydınlık dağılımının düzgünlük oranı, $E_{min}/E_{ort}= 0.72$ 'dir. Yazı tahtası üzerinde ise, E_d (yazı tahtası)= 518 lm/m^2 olarak hesaplanan düşey aydınlık dağılımının oranı ise, $E_{min}/E_{ort}= 0.72$ olarak belirlenmiştir. Çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerindeki, aydınlık dağılımı Şekil 7.23’de; çalışma düzlemi üzerindeki noktasal aydınlık düzeyi değerleri Çizelge 7.11’de verilmiştir.



Şekil 7.23 A2 tipi aygıtla, çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerinde oluşan aydınlık dağılımı

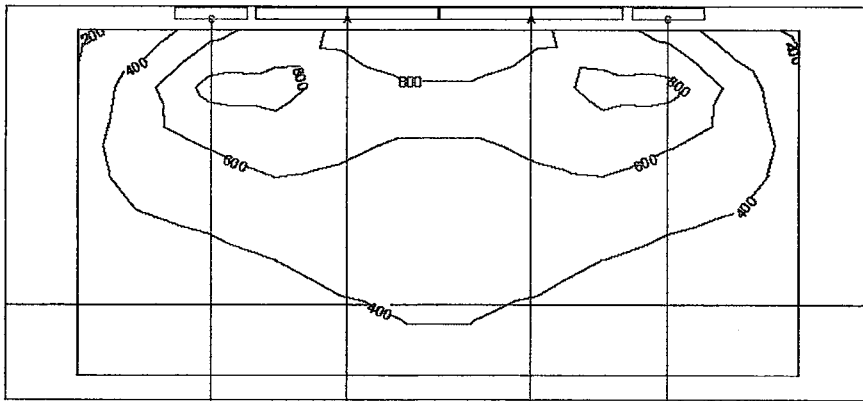
Çizelge 7.11 Çalışma düzleminde A2 tipi aygıtla elde edilen noktasal aydınlık düzeyi değerleri

Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m^2)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m^2)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m^2)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m^2)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m^2)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m^2)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m^2)
1	438	8	430	15	491	22	515	29	491	36	430	43	438
2	521	9	504	16	583	23	622	30	583	37	504	44	521
3	560	10	540	17	630	24	676	31	630	38	540	45	560
4	584	11	566	18	661	25	712	32	661	39	566	46	584
5	586	12	579	19	681	26	732	33	681	40	579	47	587
6	584	13	610	20	739	27	799	34	739	41	611	48	584
7	531	14	598	21	745	28	811	35	746	42	599	49	531

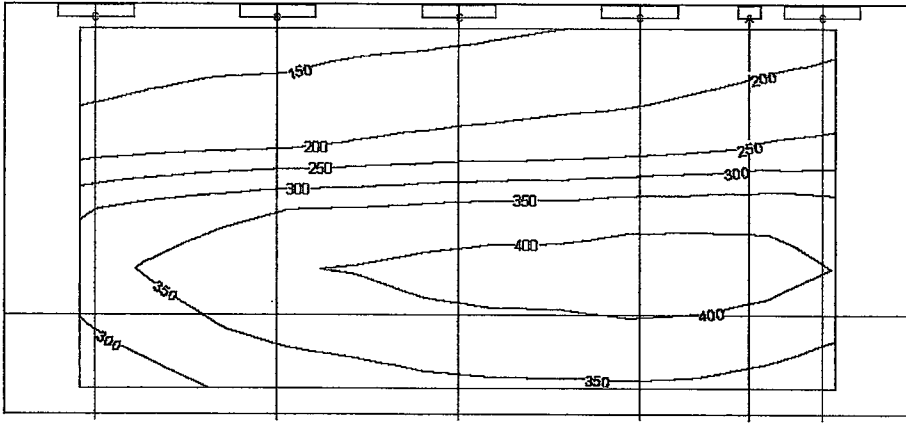
A2 tipi aygıtla kurulan düzende, duvar yüzeyleri üzerindeki ortalama aydınlık düzeyi değerleri ve düzgünlük oranları, Çizelge 7.12’de; duvar yüzeylerindeki aydınlık dağılımları Şekil 7.24, 7.25, 7.26, 7.27’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.12 A2 tipi aygıtla kurulan düzende, duvar yüzeylerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi değerleri

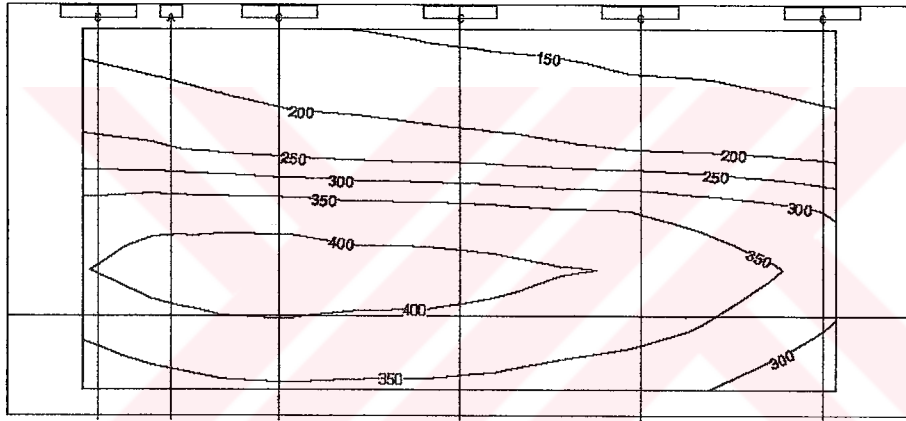
Hesaplama yüzeyi	Ortalama aydınlık düzeyi- E_{ort} (lm/m^2)	$E_{\text{min}}/E_{\text{ort}}$
Ön duvar	468	0.37
Sağ yan duvar	282	0.43
Sol yan duvar	282	0.43
Arka duvar	281	0.43



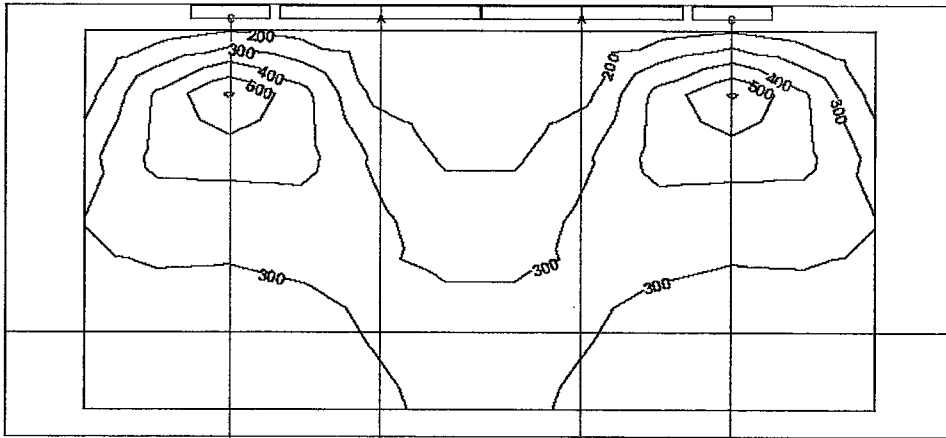
Şekil 7.24 A2 tipi aygıtla, ön duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.25 A2 tipi aygıtla, sağ yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.26 A2 tipi aygıtla, sol yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.27 A2 tipi aygıtla, arka duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı

A2 aygıtının kullanıldığı aydınlatma düzeninde, iç yüzeyler üzerinde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri Çizelge 7.13’de verilmiştir.

Çizelge 7.13 A2 tipi aygıtla kurulan düzende, iç yüzeylerde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri

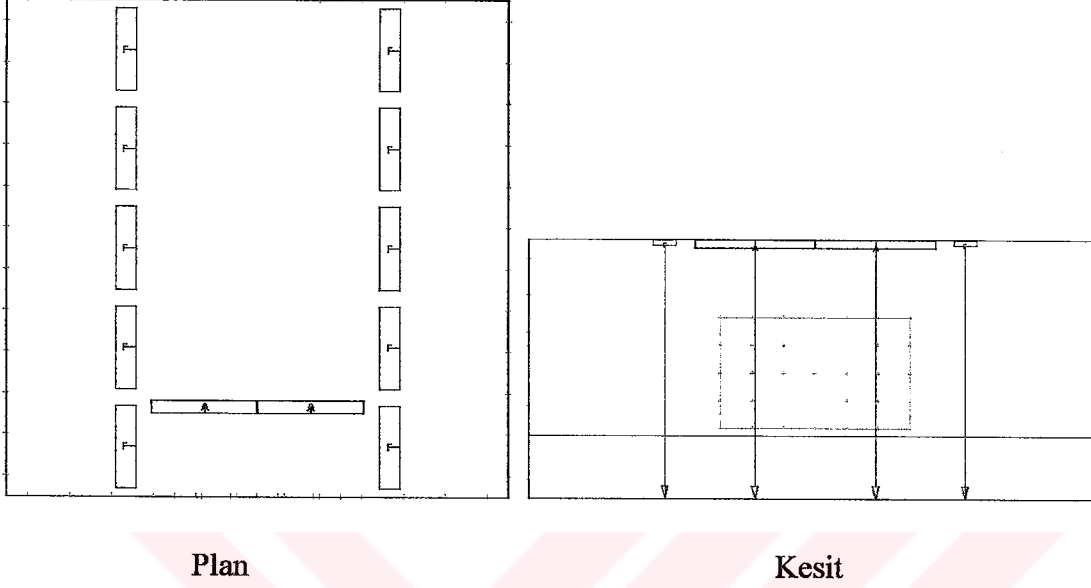
Hesaplama yüzeyi	Işıklılık- L_{ort} (cd/m ²)
Ön duvar	71.3
Sağ yan duvar	44.6
Sol yan duvar	44.6
Arka duvar	43.8
Tavan	52.1
Döşeme	49.0

- **A2 aygıtı ile kurulan sistemin enerji harcaması**

A2 tipi aydınlatma aygıtı ile kurulan düzende, kullanılan aygıt adedi, genel aydınlatma için, 10, bölgesel aydınlatma için 2 olmak üzere, toplam 12; lamba adedi ise 40 adet 18W, 2 adet 58W olmak üzere, toplam 42’dir. Bu hacimde, çalışma düzlemi üzerinde hesaplanan ortalama aydınlık düzeyi 596 lm/m² olup, sistemde harcanan güç, balast kayıpları ile birlikte, 1042 W’dır. Buna göre, 1 lm/m² yi elde etmek için harcanan güç, 1.75 W’dır.

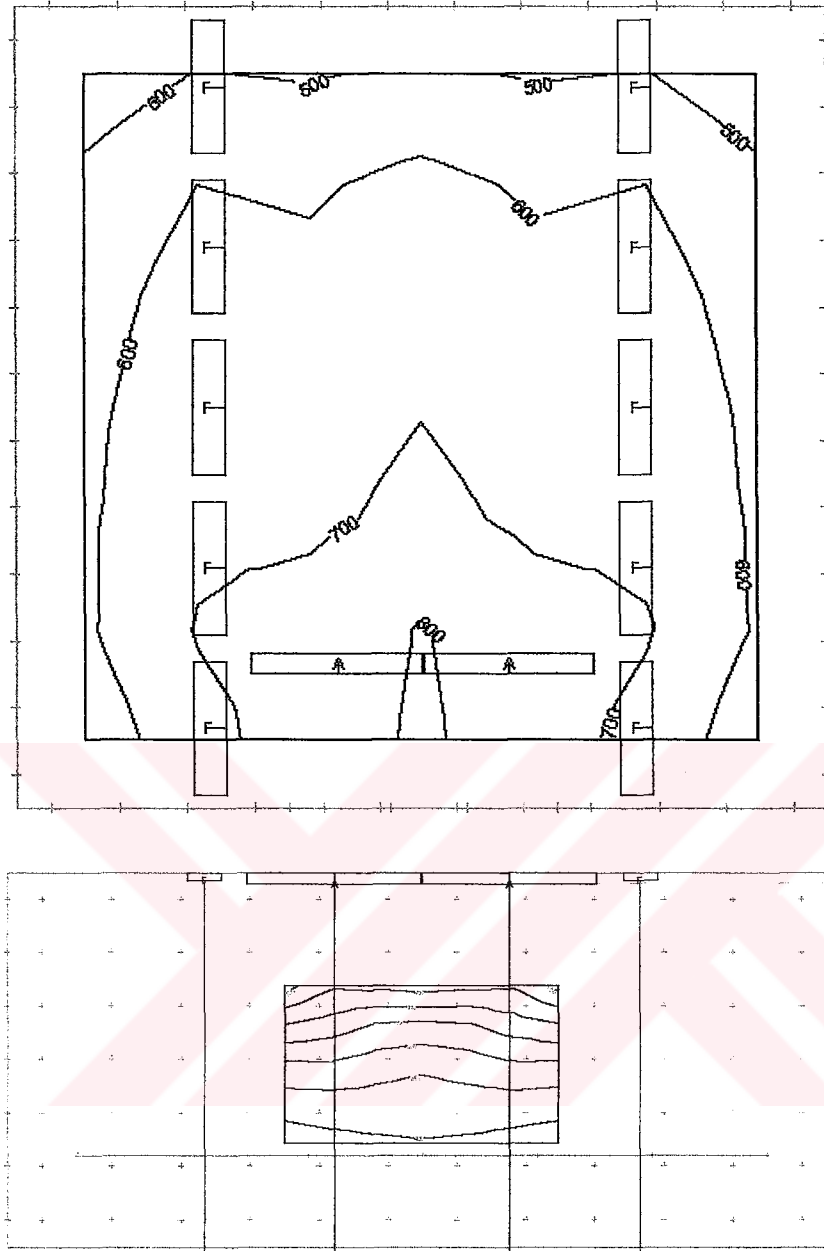
7.2.1.3 B1 Tipi Aydınlatma Aygıtı ile Kurulan Aydınlatma Düzeni

B1 tipi aydınlatma aygıtı ile kurulan aydınlatma düzeninde genel ve bölgesel aydınlatma düzenleri için seçilen aygıtların hacimdeki yerleşimi Şekil 7.28’de gösterilmiştir.



Şekil 7.28 B1 tipi aygıtın hacimdeki yerleşimi

Bu düzenlemede, çalışma düzlemi üzerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi $E_{ort}=598 \text{ lm/m}^2$ ve aydınlık dağılımının düzgünlük oranı, $E_{min}/E_{ort}= 0.70$ 'dir. Yazı tahtası üzerinde ise, E_d (yazı tahtası)= 518 lm/m^2 olarak hesaplanan düşey aydınlık dağılımının oranı ise, $E_{min}/E_{ort}= 0.72$ olarak belirlenmiştir. Çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerindeki, aydınlık dağılımı Şekil 7.29'da; çalışma düzlemi üzerindeki noktasal aydınlık düzeyi değerleri Çizelge 7.14'de verilmiştir.



Şekil 7.29 B1 tipi aygıtla, çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerinde oluşan aydınlık dağılımı

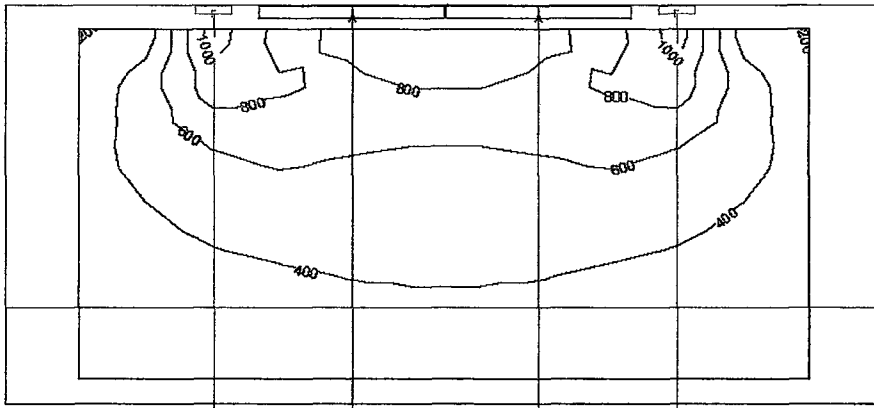
Çizelge 7.14 Çalışma düzleminde B1 tipi aygıtla elde edilen noktasal aydınlık düzeyi değerleri

Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m^2)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m^2)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m^2)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m^2)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m^2)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m^2)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m^2)
1	438	8	503	15	491	22	519	29	491	36	503	43	438
2	525	9	600	16	588	23	628	30	588	37	600	44	525
3	560	10	640	17	629	24	671	31	629	38	640	45	560
4	579	11	662	18	656	25	696	32	656	39	662	46	579
5	586	12	679	19	680	26	728	33	680	40	679	47	587
6	587	13	706	20	743	27	805	34	744	41	707	48	588
7	530	14	671	21	746	28	814	35	747	42	672	49	531

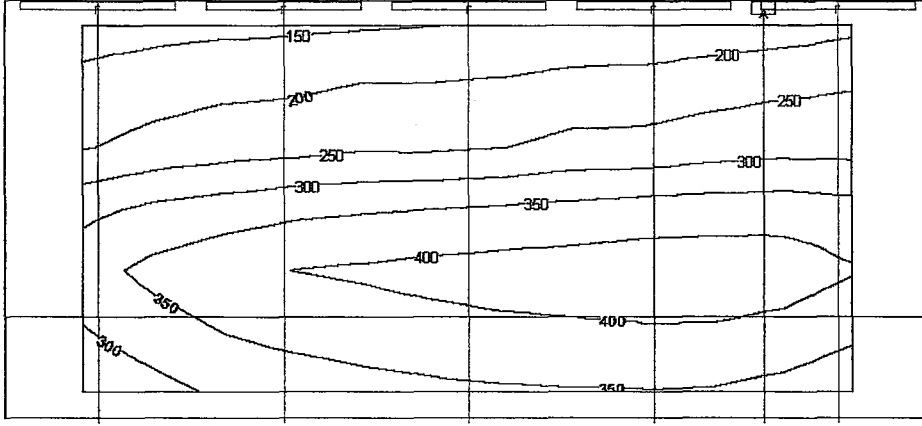
B1 tipi aygıtla kurulan düzende, duvar yüzeyleri üzerindeki ortalama aydınlık düzeyi değerleri ve düzgünlük oranları, Çizelge 7.15’de; duvar yüzeylerindeki aydınlık dağılımları Şekil 7.30, 7.31, 7.32, 7.33’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.15 B1 tipi aygıtla kurulan düzende, duvar yüzeylerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi değerleri

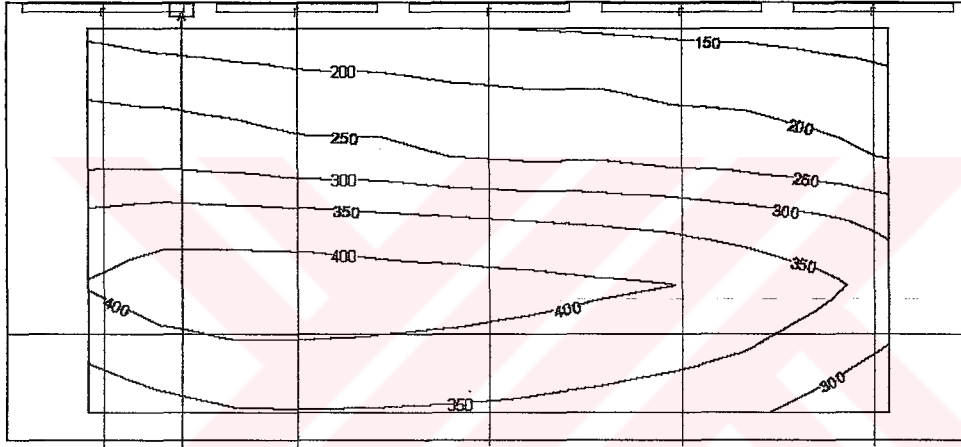
Hesaplama yüzeyi	Ortalama aydınlık düzeyi- E_{ort} (lm/m^2)	$E_{\text{min}}/E_{\text{ort}}$
Ön duvar	480	0.38
Sağ yan duvar	293	0.44
Sol yan duvar	293	0.44
Arka duvar	292	0.45



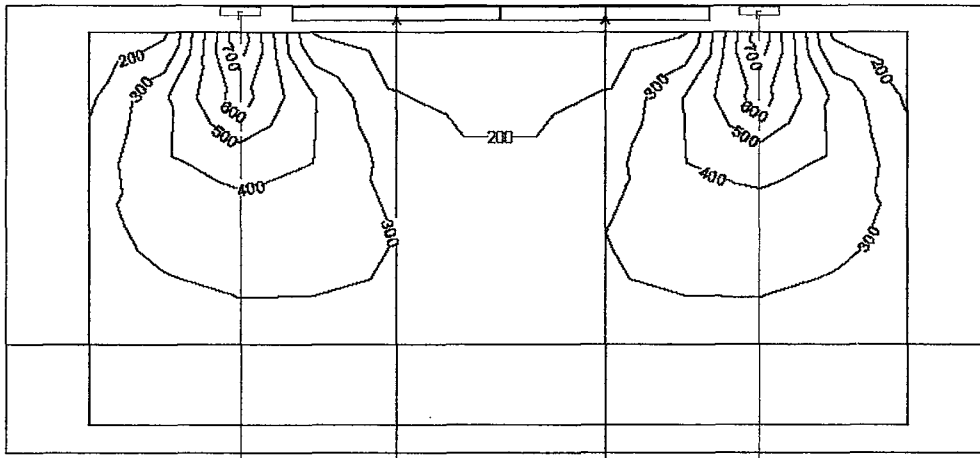
Şekil 7.30 B1 tipi aygıtla, ön duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.31 B1 tipi aygıtla, sağ yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.32 B1 tipi aygıtla, sol yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.33 B1 tipi aygıtla, arka duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı

B1 aygıtının kullanıldığı aydınlatma düzeninde, iç yüzeyler üzerinde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri Çizelge 7.16’da verilmiştir.

Çizelge 7.16 B1 tipi aygıtla kurulan düzende, iç yüzeylerde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri

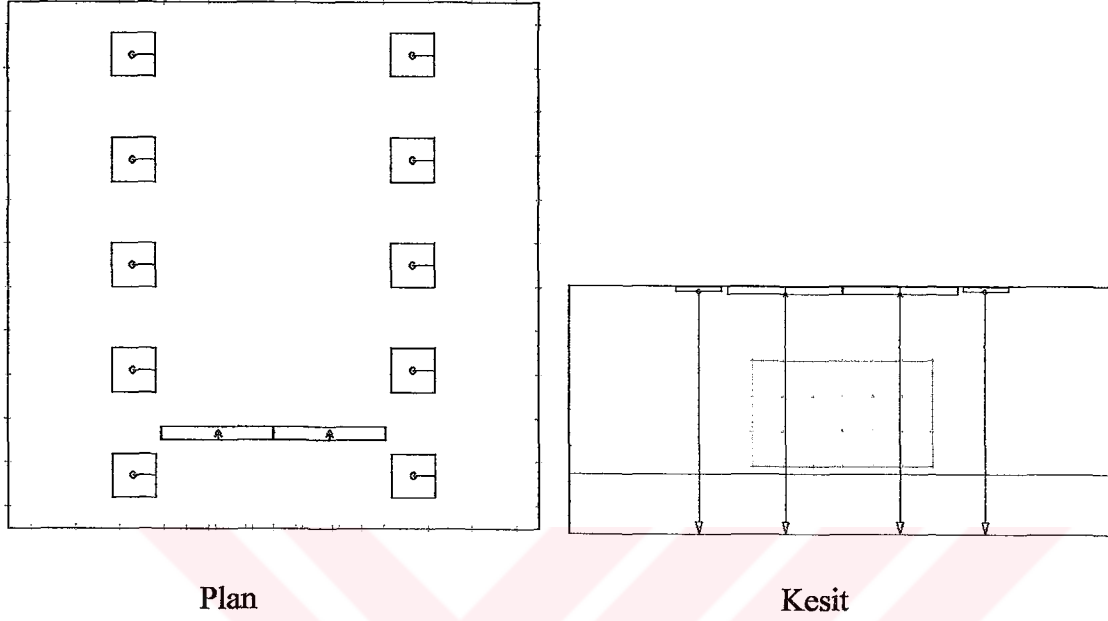
Hesaplama yüzeyi	Işıklılık- L_{ort} (cd/m ²)
Ön duvar	72.5
Sağ yan duvar	46.2
Sol yan duvar	46.2
Arka duvar	45.0
Tavan	53.7
Döşeme	51.5

- **B1 aygıtı ile kurulan sistemin enerji harcaması**

B1 tipi aydınlatma aygıtı ile kurulan düzende, kullanılan aygıt adedi, genel aydınlatma için, 10, bölgesel aydınlatma için 2 olmak üzere, toplam 12; lamba adedi ise 20 adet 28W, 2 adet 58W olmak üzere, toplam 22’dir. Bu hacimde, çalışma düzlemi üzerinde hesaplanan ortalama aydınlık düzeyi 598 lm/m² olup, sistemde harcanan güç, balast kayıpları ile birlikte, 782W’dır. Buna göre, 1 lm/m² yi elde etmek için harcanan güç, 1.31 W’dır.

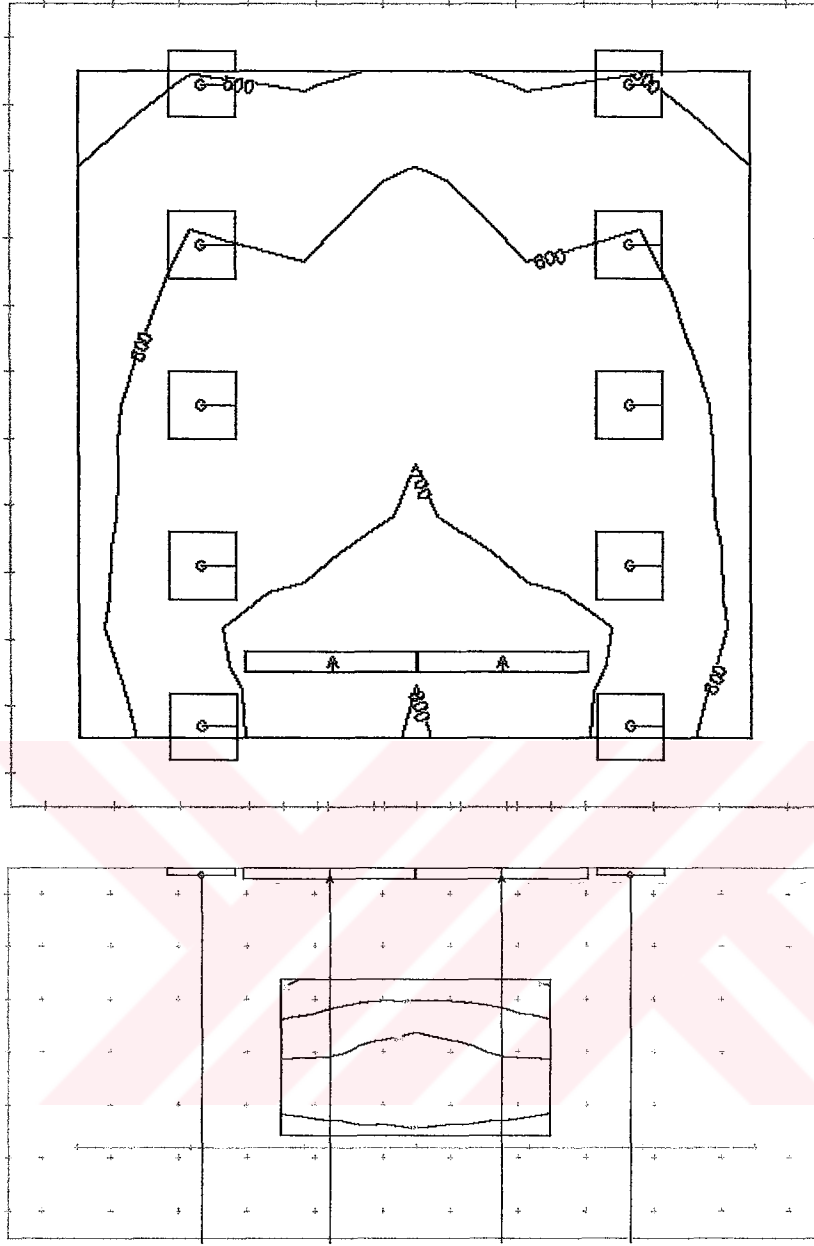
7.2.1.4 B2 Tipi Aydınlatma Aygıtı ile Kurulan Aydınlatma Düzeni

B2 tipi aydınlatma aygıtı ile kurulan aydınlatma düzeninde genel ve bölgesel aydınlatma düzenleri için seçilen aygıtların hacimdeki yerleşimi Şekil 7.34’de gösterilmiştir.



Şekil 7.34 B2 tipi aygıtın hacimdeki yerleşimi

Bu düzenlemede, çalışma düzlemi üzerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi $E_{ort}=585 \text{ lm/m}^2$ ve aydınlık dağılımının düzgünlük oranı, $E_{min}/E_{ort}= 0.71$ ’dir. Yazı tahtası üzerinde ise, $E_d (\text{yazı tahtası})=510 \text{ lm/m}^2$ olarak hesaplanan düşey aydınlık dağılımının oranı ise, $E_{min}/E_{ort}= 0.72$ olarak belirlenmiştir. Çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerindeki, aydınlık dağılımı Şekil 7.35’de; çalışma düzlemi üzerindeki noktasal aydınlık düzeyi değerleri Çizelge 7.17’de verilmiştir.



Şekil 7.35 B2 tipi aygıtla, çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerinde oluşan aydınlık dağılımı

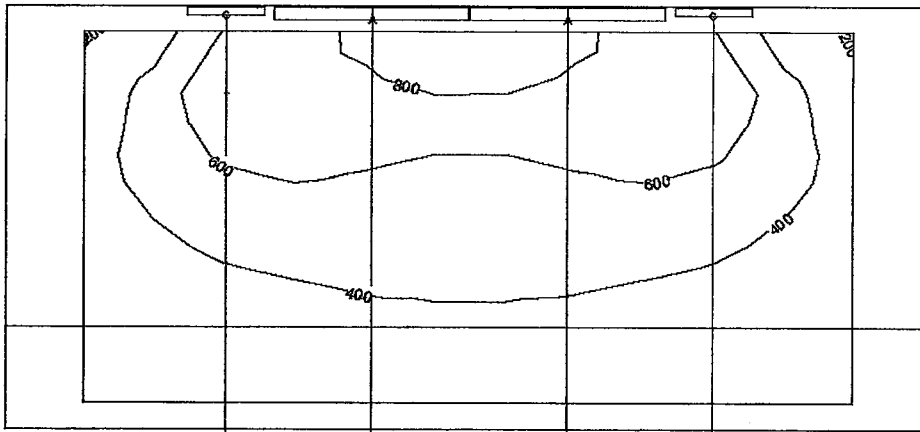
Çizelge 7.17 Çalışma düzleminde B2 tipi aygıtla elde edilen noktasal aydınlık düzeyi değerleri

Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	435	8	498	15	484	22	514	29	484	36	498	43	435
2	510	9	583	16	571	23	613	30	571	37	584	44	510
3	543	10	622	17	611	24	653	31	611	38	622	45	543
4	570	11	649	18	643	25	690	32	643	39	649	46	570
5	569	12	661	19	662	26	709	33	663	40	661	47	569
6	573	13	690	20	726	27	790	34	727	41	690	48	573
7	527	14	665	21	738	28	810	35	739	42	667	49	528

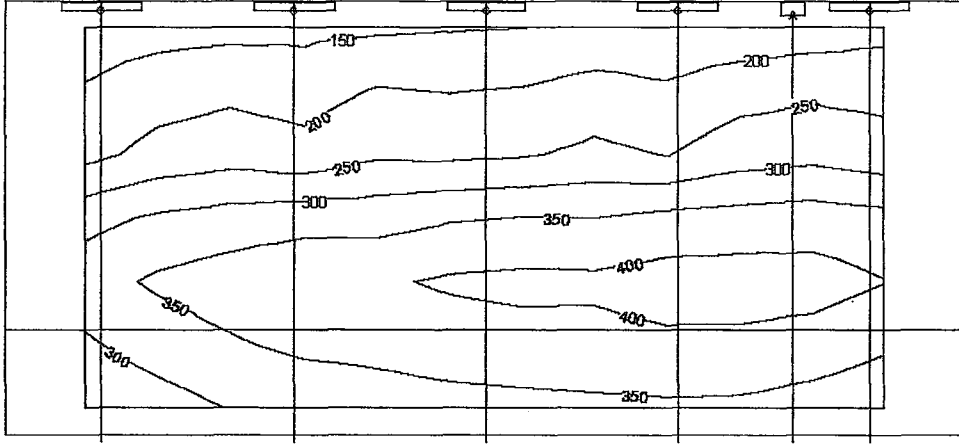
B2 tipi aygıtla kurulan düzende, duvar yüzeyleri üzerindeki ortalama aydınlık düzeyi değerleri ve düzgünlük oranları, Çizelge 7.18’de; duvar yüzeylerindeki aydınlık dağılımları Şekil 7.36, 7.37, 7.38, 7.39’da gösterilmiştir.

Çizelge 7.18 B2 tipi aygıtla kurulan düzende, duvar yüzeylerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi değerleri

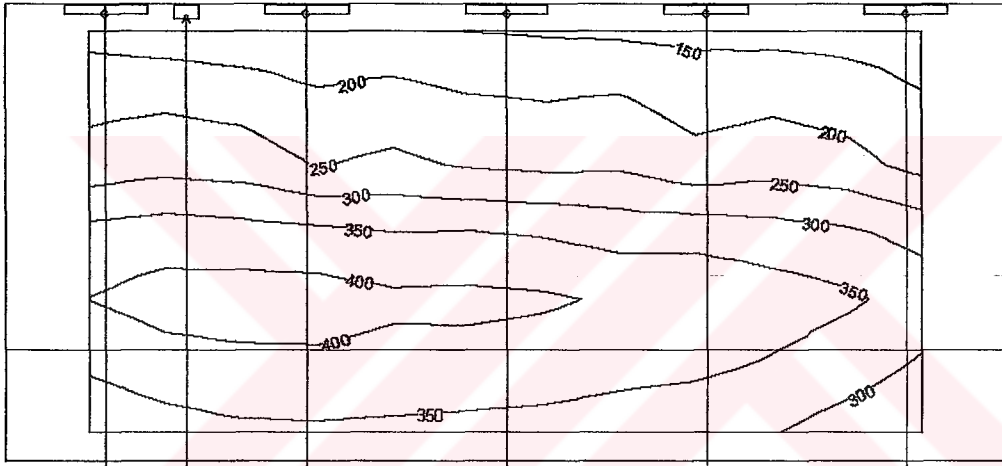
Hesaplama yüzeyi	Ortalama aydınlık düzeyi- E_{ort} (lm/m ²)	E_{min}/E_{ort}
Ön duvar	444	0.36
Sağ yan duvar	286	0.43
Sol yan duvar	285	0.43
Arka duvar	275	0.45



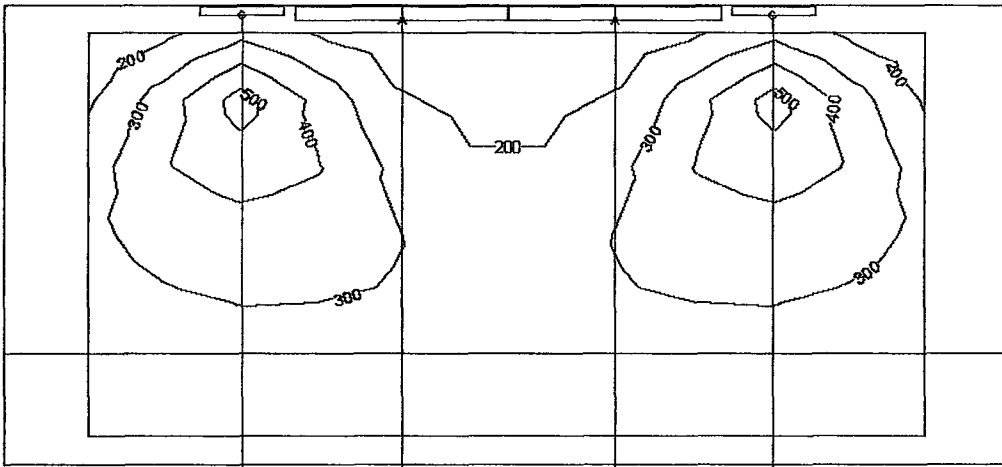
Şekil 7.36 B2 tipi aygıtla, ön duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.37 B2 tipi aygıtla, sağ yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.38 B2 tipi aygıtla, sol yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.39 B2 tipi aygıtla, arka duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı

B2 aygıtının kullanıldığı aydınlatma düzeninde, iç yüzeyler üzerinde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri Çizelge 7.19'da verilmiştir.

Çizelge 7.19 B2 tipi aygıtla kurulan düzende, iç yüzeylerde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri

Hesaplama yüzeyi	Işıklılık- L_{ort} (cd/m ²)
Ön duvar	70.6
Sağ yan duvar	45.4
Sol yan duvar	45.4
Arka duvar	43.2
Tavan	52.7
Döşeme	50.5

- **B2 aygıtı ile kurulan sistemin enerji harcaması**

B2 tipi aydınlatma aygıtı ile kurulan düzende, kullanılan aygıt adedi, genel aydınlatma için, 10, bölgesel aydınlatma için 2 olmak üzere, toplam 12; lamba adedi ise 40 adet 14W, 2 adet 58W olmak üzere, toplam 42'dir. Bu hacimde, çalışma düzlemi üzerinde hesaplanan ortalama aydınlık düzeyi 585 lm/m² olup, sistemde harcanan güç, balast kayıpları ile birlikte, 802 W'dır. Buna göre, 1 lm/m² yi elde etmek için harcanan güç, 1.37 W'dır.

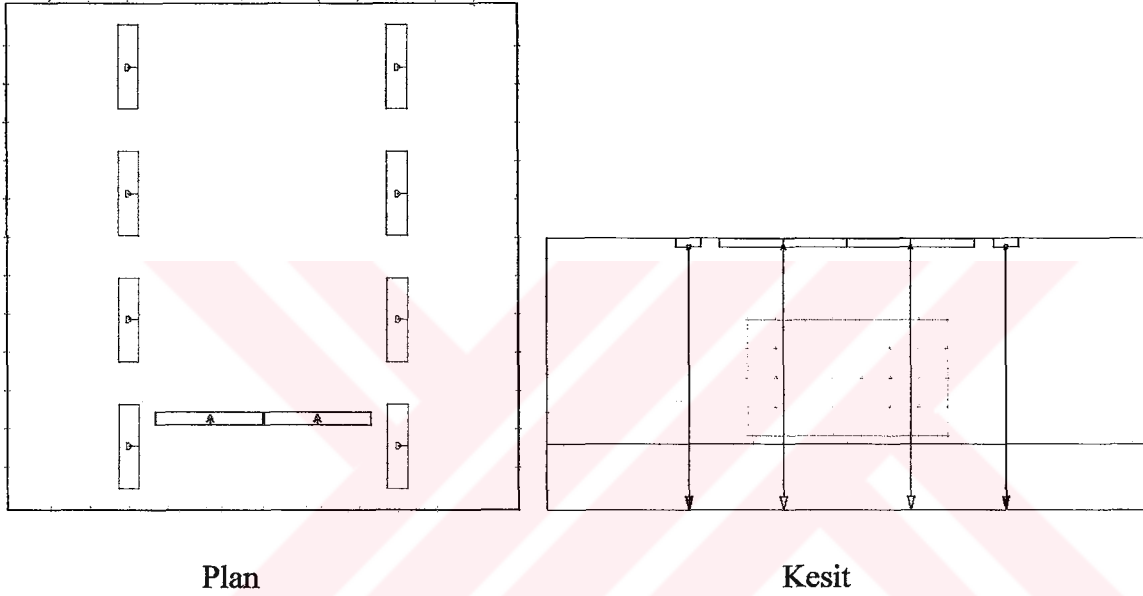
7.2.2 Paletli, Çift Parabolik Yansıtıcılı Aygıt Tipi ile Kurulan Aydınlatma Düzeni

Paletli, çift parabolik yansıtıcılı aygıtın içinde, iki ayrı lamba tipi kullanılmıştır.

- C1: 36W TL-D flüoresan lamba, manyetik balast
- C2: 18W TL-D flüoresan lamba, manyetik balast

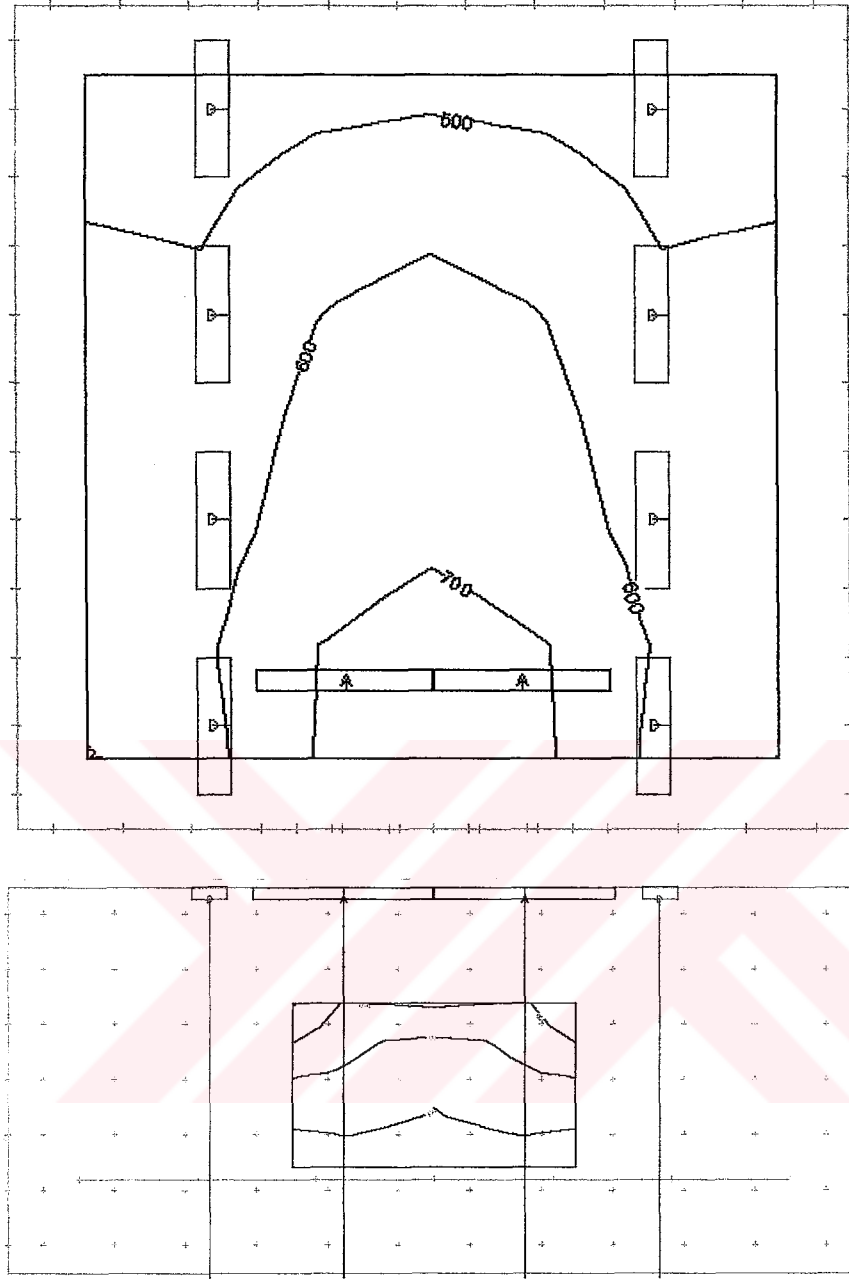
7.2.2.1 C1 Tipi Aydınlatma Aygıtı ile Kurulan Aydınlatma Düzeni

C1 tipi aydınlatma aygıtı ile kurulan aydınlatma düzeninde genel ve bölgesel aydınlatma düzenleri için seçilen aygıtların hacimdeki yerleşimi Şekil 7.40'da gösterilmiştir.



Şekil 7.40 C1 tipi aygıtın hacimdeki yerleşimi

Bu düzenlemede, çalışma düzlemi üzerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi $E_{ort}=561 \text{ lm/m}^2$ ve aydınlık dağılımının düzgünlük oranı, $E_{min}/E_{ort}= 0.72$ 'dir. Yazı tahtası üzerinde ise, E_d (yazı tahtası)= 487 lm/m^2 olarak hesaplanan düşey aydınlık dağılımının oranı ise, $E_{min}/E_{ort}= 0.72$ olarak belirlenmiştir. Çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerindeki, aydınlık dağılımı Şekil 7.41'de; çalışma düzlemi üzerindeki noktasal aydınlık düzeyi değerleri Çizelge 7.20'de verilmiştir.



Şekil 7.41 C1 tipi aygıtla, çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerinde oluşan aydınlık dağılımı

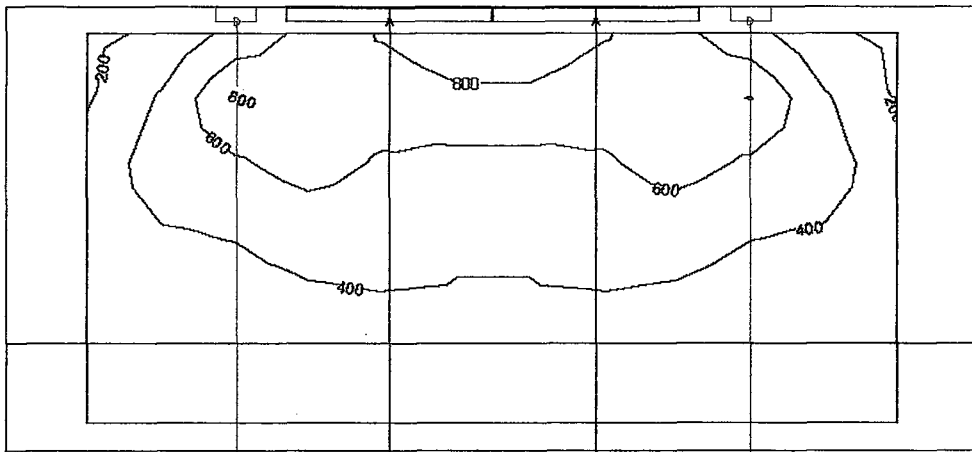
Çizelge 7.20 Çalışma düzleminde C1 tipi aygıtlarla elde edilen noktasal aydınlık düzeyi değerleri

Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	403	8	401	15	452	22	464	29	452	36	401	43	403
2	487	9	478	16	545	23	567	30	545	37	478	44	487
3	532	10	520	17	595	24	624	31	595	38	520	45	532
4	549	11	541	18	623	25	652	32	623	39	541	46	549
5	558	12	558	19	646	26	680	33	646	40	559	47	558
6	549	13	585	20	701	27	744	34	701	41	585	48	550
7	495	14	569	21	706	28	760	35	707	42	570	49	496

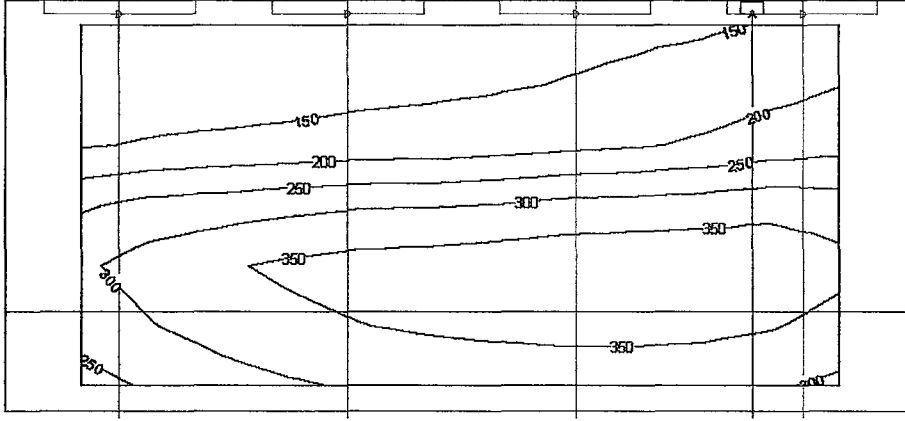
C1 tipi aygıtlarla kurulan düzende, duvar yüzeyleri üzerindeki ortalama aydınlık düzeyi değerleri ve düzgünlük oranları, Çizelge 7.21’de; duvar yüzeylerindeki aydınlık dağılımları Şekil 7.42, 7.43, 7.44, 7.45’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.21 C1 tipi aygıtlarla kurulan düzende, duvar yüzeylerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi değerleri

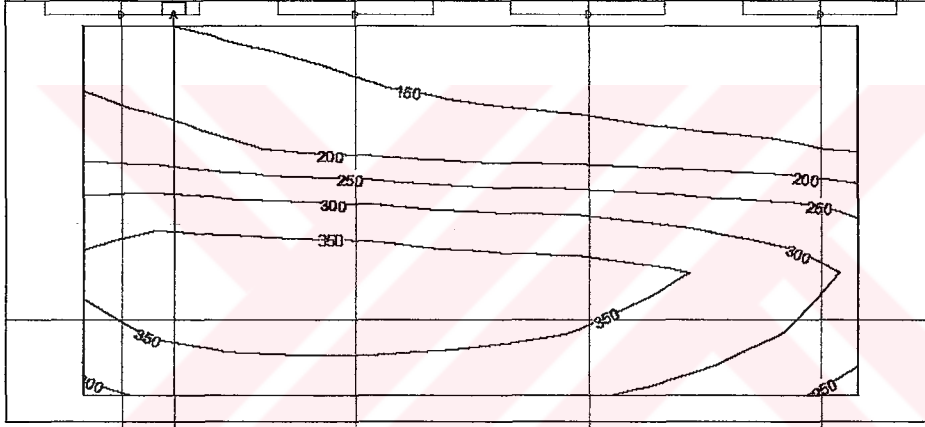
Hesaplama yüzeyi	Ortalama aydınlık düzeyi- E _{ort} (lm/m ²)	E _{min} /E _{ort}
Ön duvar	433	0.36
Sağ yan duvar	251	0.42
Sol yan duvar	251	0.42
Arka duvar	246	0.43



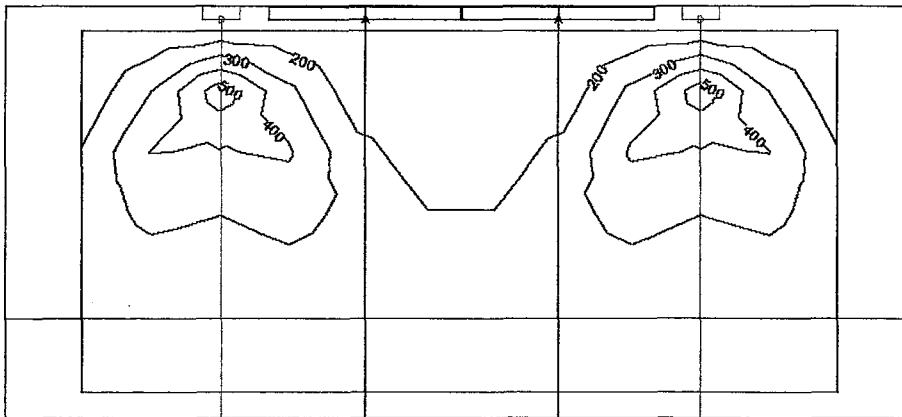
Şekil 7.42 C1 tipi aygıtlarla, ön duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.43 C1 tipi aygıtla, sağ yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.44 C1 tipi aygıtla, sol yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.45 C1 tipi aygıtla, arka duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı

C1 aygıtının kullanıldığı aydınlatma düzeninde, iç yüzeyler üzerinde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri Çizelge 7.22’de verilmiştir.

Çizelge 7.22 C1 tipi aygıtla kurulan düzende, iç yüzeylerde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri

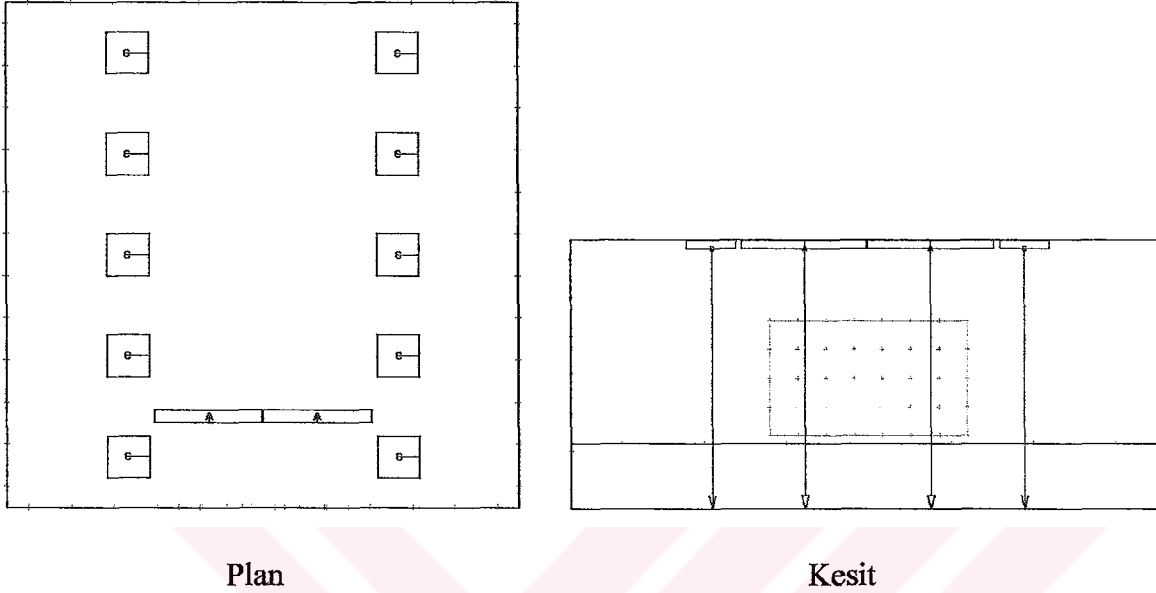
Hesaplama yüzeyi	Işıklılık- L_{ort} (cd/m ²)
Ön duvar	65.9
Sağ yan duvar	39.6
Sol yan duvar	39.6
Arka duvar	38.5
Tavan	49.2
Döşeme	46.4

- C1 aygıtı ile kurulan sistemin enerji harcaması

C1 tipi aydınlatma aygıtı ile kurulan düzende, kullanılan aygıt adedi, genel aydınlatma için, 8, bölgesel aydınlatma için 2 olmak üzere, toplam 10; lamba adedi ise 16 adet 36W, 2 adet 58W olmak üzere, toplam 18’dir. Bu hacimde, çalışma düzlemi üzerinde hesaplanan ortalama aydınlık düzeyi 561 lm/m² olup, sistemde harcanan güç, balast kayıpları ile birlikte, 862 W’dır. Buna göre, 1 lm/m² yi elde etmek için harcanan güç, 1.54 W’dır.

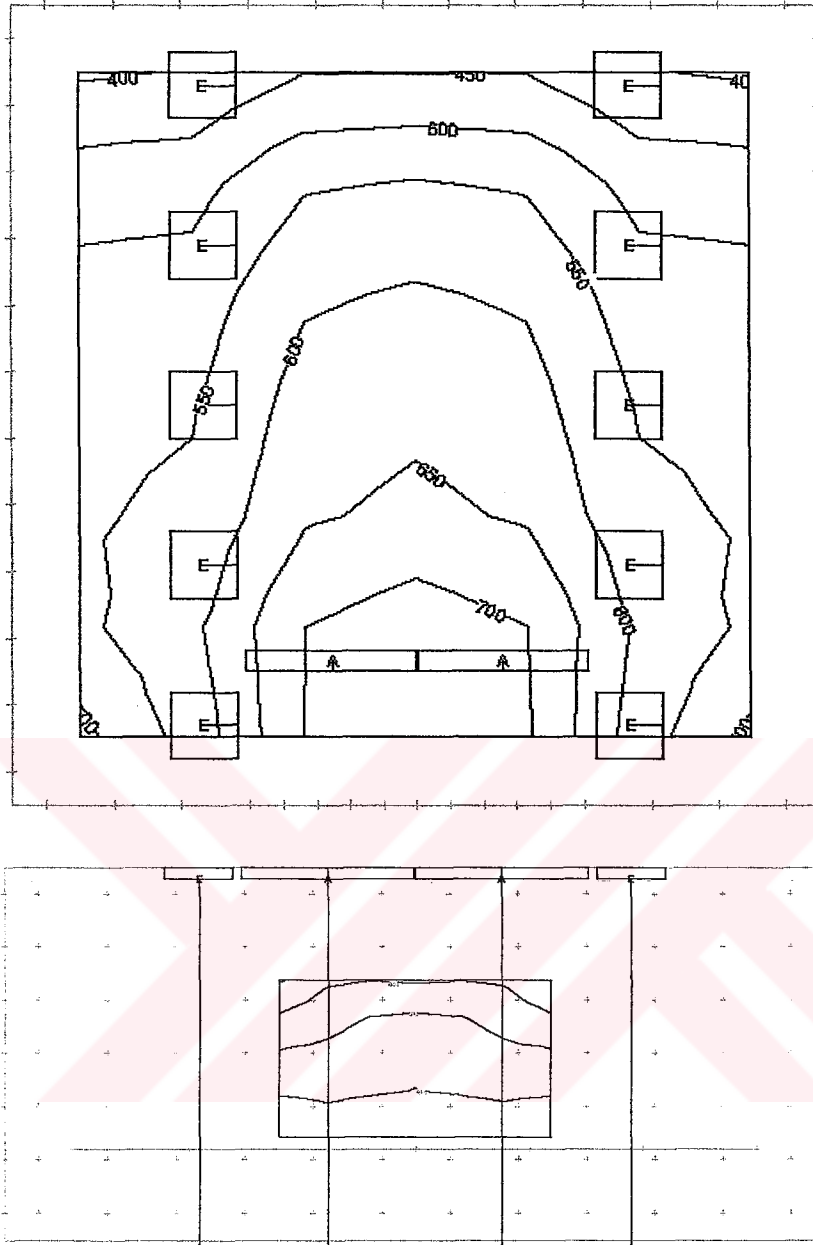
7.2.2.2 C2 Tipi Aydınlatma Aygıtı ile Kurulan Aydınlatma Düzeni

C2 tipi aydınlatma aygıtı ile kurulan aydınlatma düzeninde genel ve bölgesel aydınlatma düzenleri için seçilen aygıtların hacimdeki yerleşimi Şekil 7.46'da gösterilmiştir.



Şekil 7.46 C2 tipi aygıtın hacimdeki yerleşimi

Bu düzenlemede, çalışma düzlemi üzerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi $E_{ort}=555 \text{ lm/m}^2$ ve aydınlık dağılımının düzgünlük oranı, $E_{min}/E_{ort}= 0.71$ 'dir. Yazı tahtası üzerinde ise, E_d (yazı tahtası)= 487 lm/m^2 olarak hesaplanan düşey aydınlık dağılımının oranı ise, $E_{min}/E_{ort}= 0.71$ olarak belirlenmiştir. Çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerindeki, aydınlık dağılımı Şekil 7.47'de; çalışma düzlemi üzerindeki noktasal aydınlık düzeyi değerleri Çizelge 7.23'de verilmiştir.



Şekil 7.47 C2 tipi aygıtla, çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerinde oluşan aydınlık dağılımı

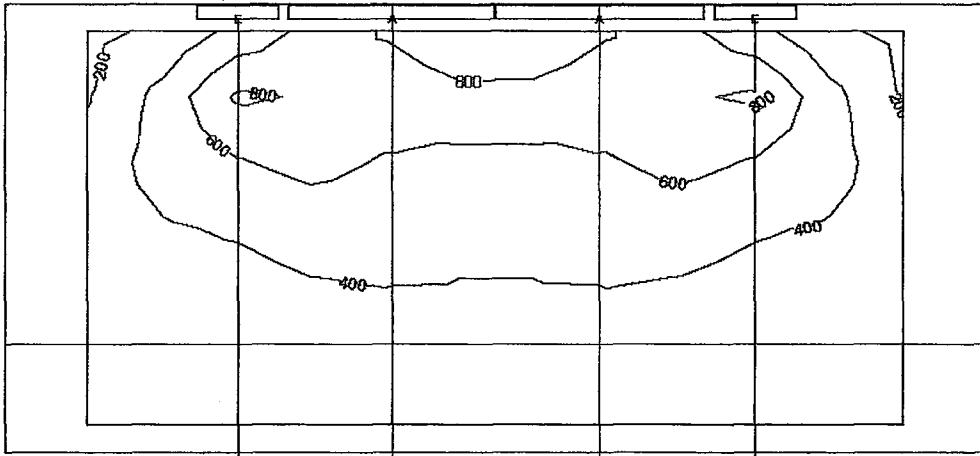
Çizelge 7.23 Çalışma düzleminde C2 tipi aygıtla elde edilen noktasal aydınlık düzeyi değerleri

Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	393	8	403	15	448	22	448	29	448	36	403	43	393
2	477	9	483	16	544	23	553	30	544	37	483	44	477
3	518	10	522	17	593	24	605	31	593	38	522	45	518
4	537	11	546	18	621	25	639	32	621	39	546	46	538
5	544	12	561	19	644	26	662	33	644	40	561	47	544
6	539	13	589	20	700	27	730	34	700	41	589	48	540
7	485	14	571	21	702	28	744	35	703	42	572	49	486

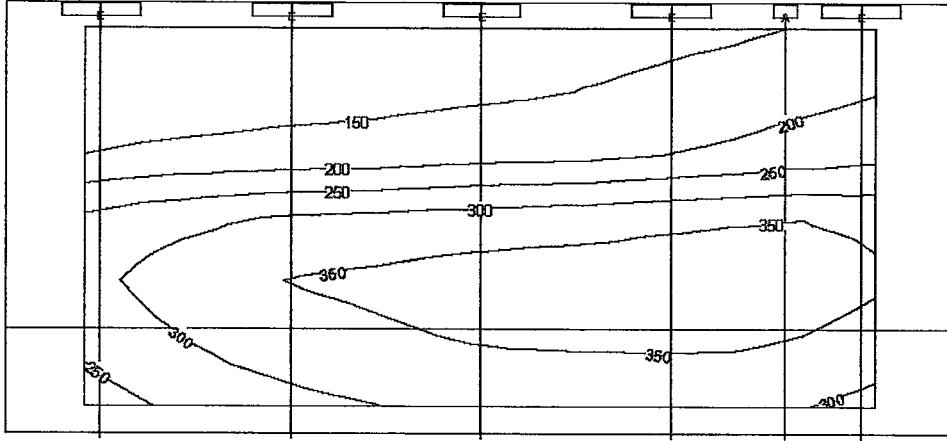
C2 tipi aygıtla kurulan düzende, duvar yüzeyleri üzerindeki ortalama aydınlık düzeyi değerleri ve düzgünlük oranları, Çizelge 7.24'de; duvar yüzeylerindeki aydınlık dağılımları Şekil 7.48, 7.49, 7.50, 7.51'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.24 C2 tipi aygıtla kurulan düzende, duvar yüzeylerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi değerleri

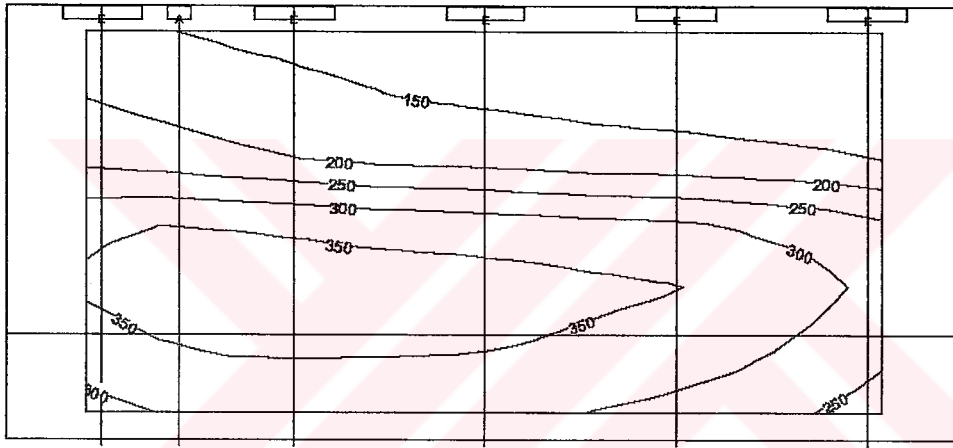
Hesaplama yüzeyi	Ortalama aydınlık düzeyi- E_{ort} (lm/m ²)	E_{min}/E_{ort}
Ön duvar	433	0.36
Sağ yan duvar	251	0.42
Sol yan duvar	251	0.42
Arka duvar	246	0.43



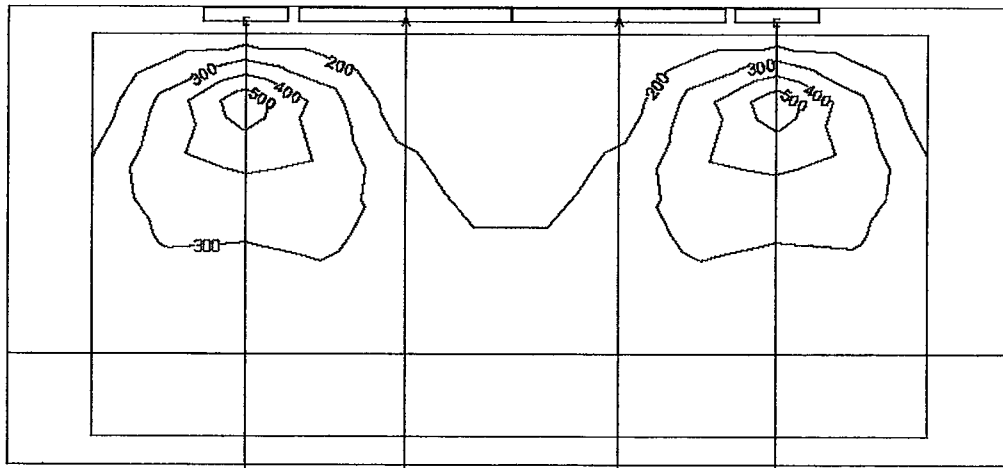
Şekil 7.48 C2 tipi aygıtla, ön duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.49 C2 tipi aygıtla, sağ yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.50 C2 tipi aygıtla, sol yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.51 C2 tipi aygıtla, arka duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı

C2 aygıtının kullanıldığı aydınlatma düzeninde, iç yüzeyler üzerinde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri Çizelge 7.25’de verilmiştir.

Çizelge 7.25 C2 tipi aygıtla kurulan düzende, iç yüzeylerde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri

Hesaplama yüzeyi	Işıklılık- L_{ort} (cd/m ²)
Ön duvar	65.6
Sağ yan duvar	39.6
Sol yan duvar	39.6
Arka duvar	38.1
Tavan	49.1
Döşeme	46.1

- **C2 aygıtı ile kurulan sistemin enerji harcaması**

C2 tipi aydınlatma aygıtı ile kurulan düzende, kullanılan aygıt adedi, genel aydınlatma için, 10, bölgesel aydınlatma için 2 olmak üzere, toplam 12; lamba adedi ise 40 adet 18W, 2 adet 58W olmak üzere, toplam 42’dir. Bu hacimde, çalışma düzlemi üzerinde hesaplanan ortalama aydınlık düzeyi 555 lm/m² olup, sistemde harcanan güç, balast kayıpları ile birlikte, 1042 W’dır. Buna göre, 1 lm/m² yi elde etmek için harcanan güç, 1.88 W’dır.

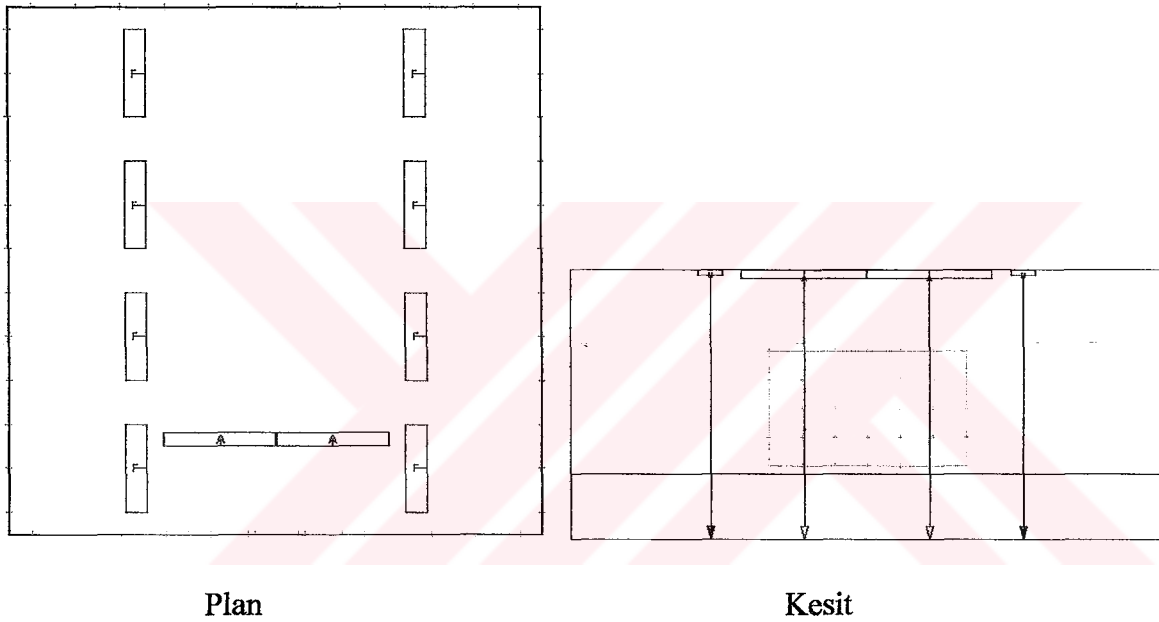
7.2.3 Paletli, OLC Yansıtıcı Aygıt Tipi ile Kurulan Aydınlatma Düzenleri

Paletli, çift parabolik yansıtıcı aygıtın içinde, iki ayrı lamba tipi kullanılmıştır.

- D1: 28W TL-5 flüoresan lamba, elektronik balast
- D2: 14W TL-5 flüoresan lamba, elektronik balast

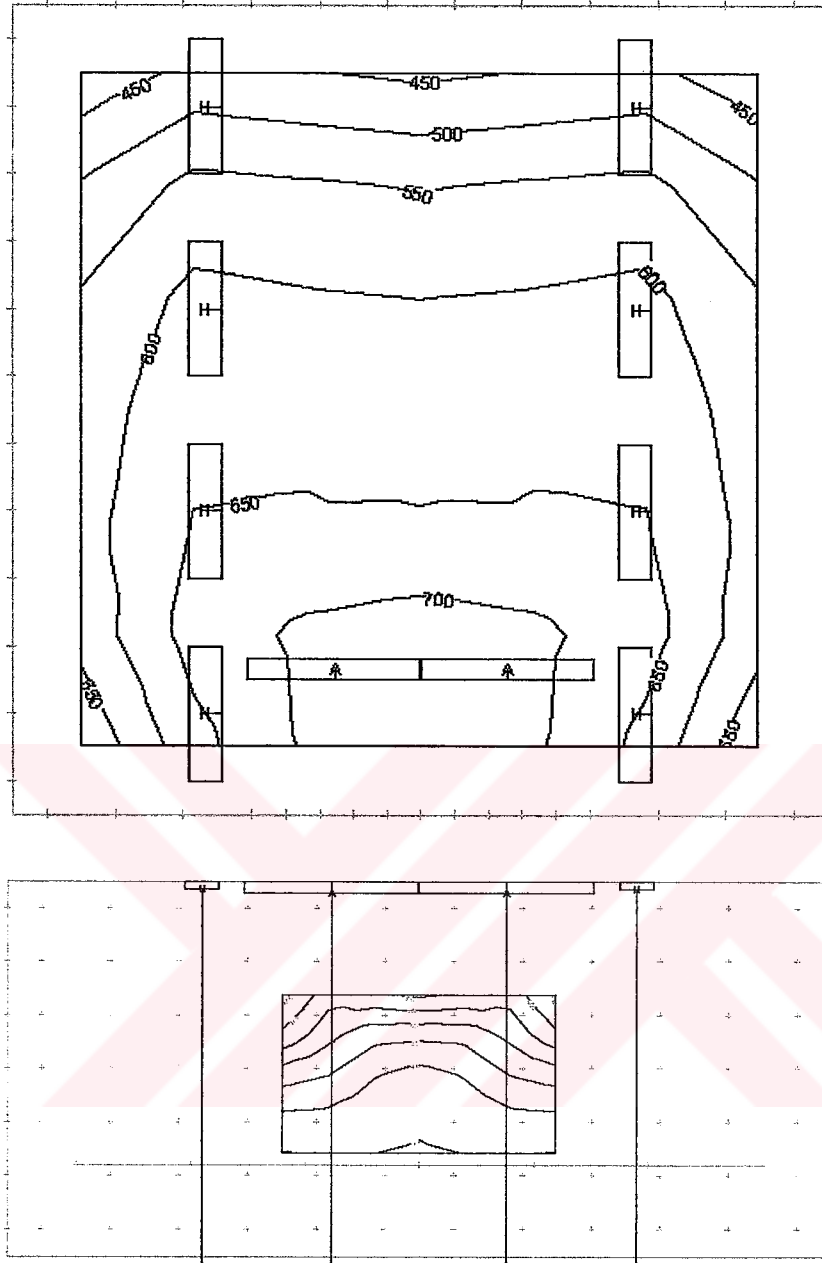
7.2.3.1 D1 Tipi Aydınlatma Aygıtı ile Kurulan Aydınlatma Düzeni

D1 tipi aydınlatma aygıtı ile kurulan aydınlatma düzeninde genel ve bölgesel aydınlatma düzenleri için seçilen aygıtların hacimdeki yerleşimi Şekil 7.52’de gösterilmiştir.



Şekil 7.52 D1 tipi aygıtın hacimdeki yerleşimi

Bu düzenlemede, çalışma düzlemi üzerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi $E_{ort}=588 \text{ lm/m}^2$ ve aydınlık dağılımının düzgünlük oranı, $E_{min}/E_{ort}= 0.70$ 'dir. Yazı tahtası üzerinde ise, E_d (yazı tahtası)= 480 lm/m^2 olarak hesaplanan düşey aydınlık dağılımının oranı ise, $E_{min}/E_{ort}= 0.74$ olarak belirlenmiştir. Çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerindeki, aydınlık dağılımı Şekil 7.53’de; çalışma düzlemi üzerindeki noktasal aydınlık düzeyi değerleri Çizelge 7.26’da verilmiştir.



Şekil 7.53 D1 tipi aygıtla, çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerinde oluşan aydınlık dağılımı

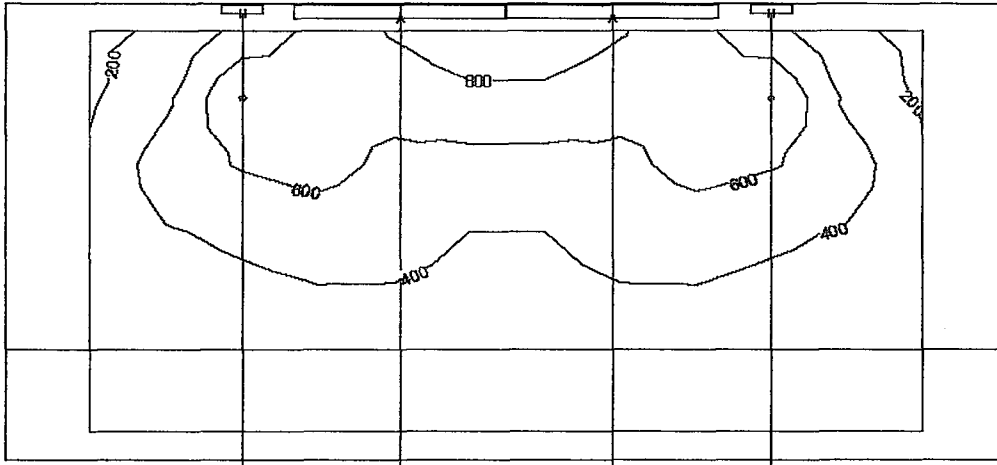
Çizelge 7.26 Çalışma düzleminde D1 tipi aygıtla elde edilen noktasal aydınlık düzeyi değerleri

Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	413	8	465	15	453	22	442	29	453	36	465	43	413
2	504	9	564	16	556	23	547	30	556	37	564	44	504
3	555	10	613	17	604	24	600	31	604	38	613	45	555
4	571	11	638	18	637	25	617	32	637	39	638	46	571
5	581	12	652	19	655	26	656	33	655	40	652	47	581
6	566	13	670	20	712	27	724	34	712	41	671	48	567
7	505	14	633	21	707	28	737	35	708	42	634	49	506

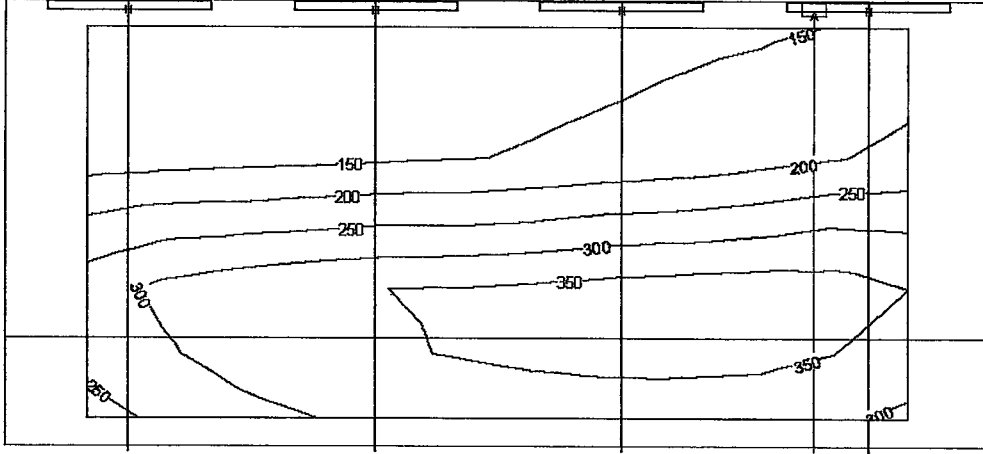
D1 tipi aygıtla kurulan düzende, duvar yüzeyleri üzerindeki ortalama aydınlık düzeyi değerleri ve düzgünlük oranları, Çizelge 7.27’de; duvar yüzeylerindeki aydınlık dağılımları Şekil 7.54, 7.55, 7.56, 7.57’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.27 D1 tipi aygıtla kurulan düzende, duvar yüzeylerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi değerleri

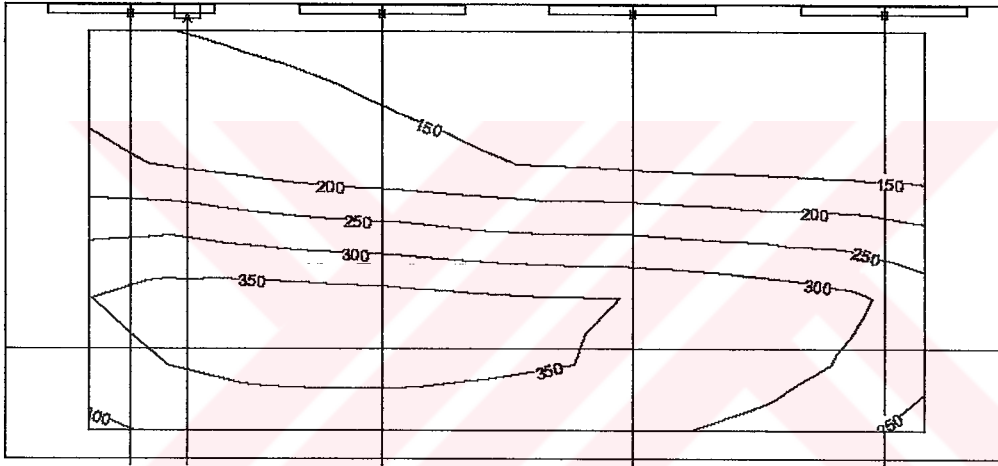
Hesaplama yüzeyi	Ortalama aydınlık düzeyi- E_{ort} (lm/m ²)	E_{min}/E_{ort}
Ön duvar	425	0.38
Sağ yan duvar	240	0.45
Sol yan duvar	240	0.45
Arka duvar	240	0.45



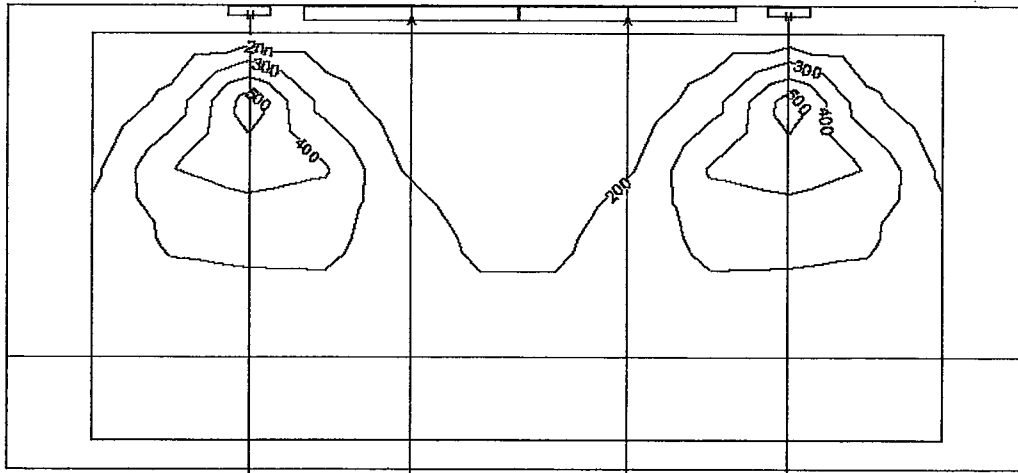
Şekil 7.54 D1 tipi aygıtla, ön duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.55 D1 tipi aygıtla, sağ yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.56 D1 tipi aygıtla, sol yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.57 D1 tipi aygıtla, arka duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı

D1 aygıtının kullanıldığı aydınlatma düzeninde, iç yüzeyler üzerinde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri Çizelge 7.28’de verilmiştir.

Çizelge 7.28 D1 tipi aygıtla kurulan düzende, iç yüzeylerde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri

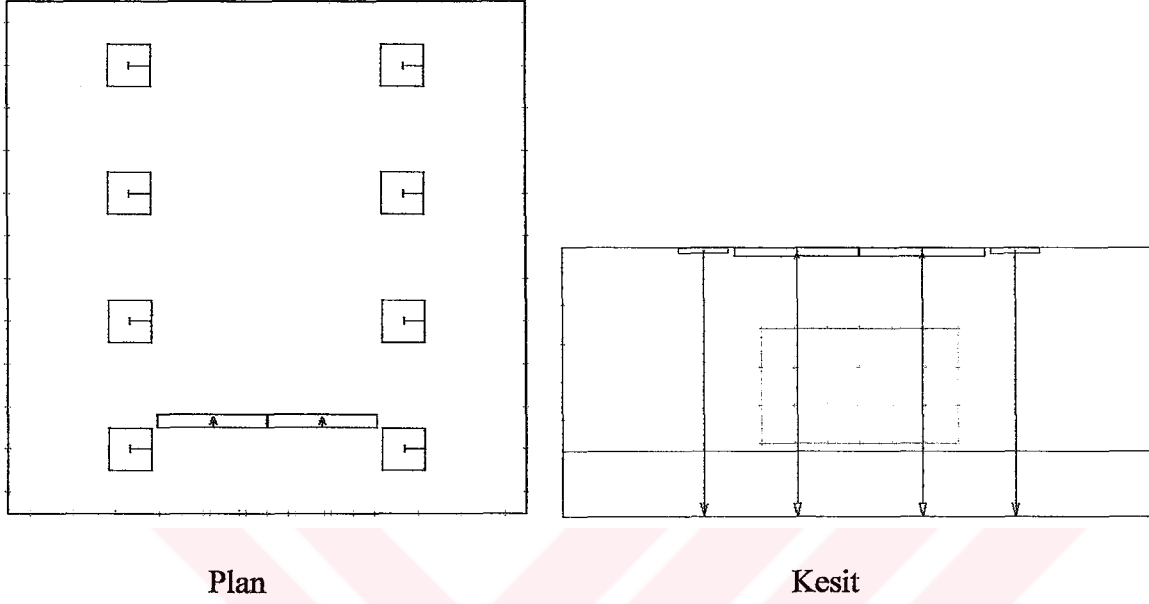
Hesaplama yüzeyi	Işıklılık- L_{ort} (cd/m ²)
Ön duvar	64.5
Sağ yan duvar	40.2
Sol yan duvar	40.2
Arka duvar	39.7
Tavan	50.1
Döşeme	49.5

- D1 aygıtı ile kurulan sistemin enerji harcaması**

D1 tipi aydınlatma aygıtı ile kurulan düzende, kullanılan aygıt adedi, genel aydınlatma için, 8, bölgesel aydınlatma için 2 olmak üzere, toplam 10; lamba adedi ise 16 adet 28W, 2 adet 58W olmak üzere, toplam 18’dir. Bu hacimde, çalışma düzlemi üzerinde hesaplanan ortalama aydınlık düzeyi 588 lm/m² olup, sistemde harcanan güç, balast kayıpları ile birlikte, 654W’dır. Buna göre, 1 lm/m² yi elde etmek için harcanan güç, 1.11 W’dır.

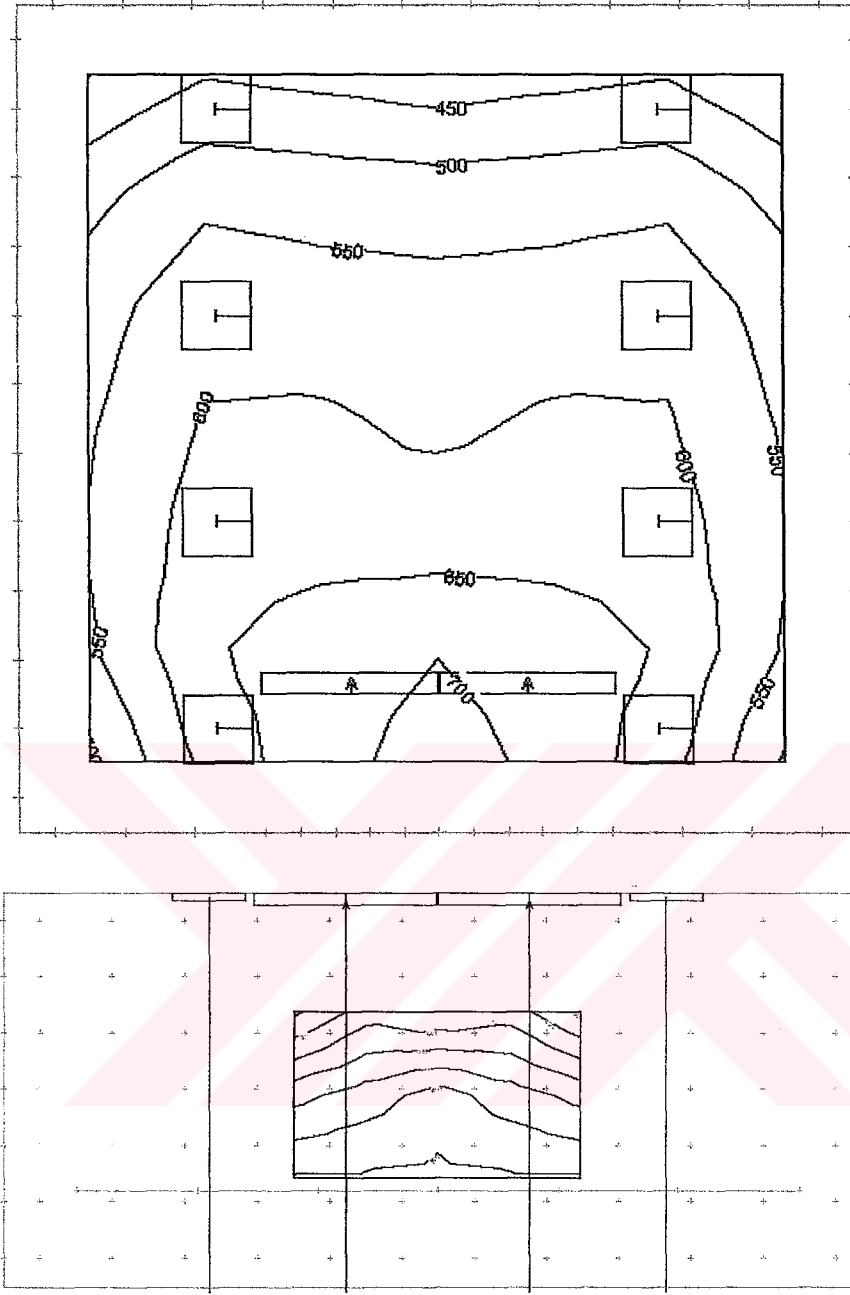
7.2.3.2 D2 Tipi Aydınlatma Aygıtı ile Kurulan Aydınlatma Düzeni

D2 tipi aydınlatma aygıtı ile kurulan aydınlatma düzeninde genel ve bölgesel aydınlatma düzenleri için seçilen aygıtların hacimdeki yerleşimi Şekil 7.58’de gösterilmiştir.



Şekil 7.58 D2 tipi aygıtın hacimdeki yerleşimi

Bu düzenlemede, çalışma düzlemi üzerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi $E_{ort}=563 \text{ lm/m}^2$ ve aydınlık dağılımının düzgünlük oranı, $E_{min}/E_{ort}= 0.71$ ’dir. Yazı tahtası üzerinde ise, E_d (yazı tahtası)= 465 lm/m^2 olarak hesaplanan düşey aydınlık dağılımının oranı ise, $E_{min}/E_{ort}= 0.73$ olarak belirlenmiştir. Çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerindeki, aydınlık dağılımı Şekil 7.59’da; çalışma düzlemi üzerindeki noktasal aydınlık düzeyi değerleri Çizelge 7.29’da verilmiştir.



Şekil 7.59 D2 tipi aygıtla, çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerinde oluşan aydınlık dağılımı

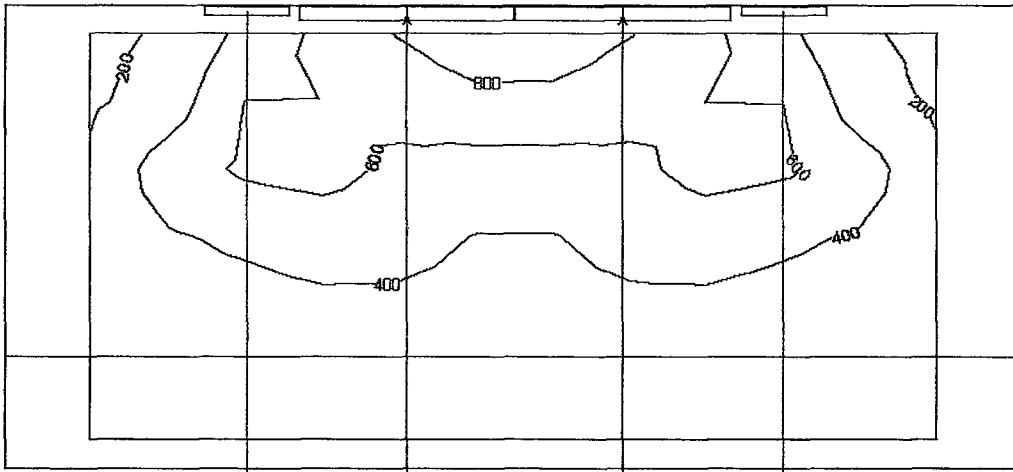
Çizelge 7.29 Çalışma düzleminde D2 tipi aygıtla elde edilen noktasal aydınlık düzeyi değerleri

Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	398	8	445	15	434	22	420	29	434	36	445	43	398
2	480	9	535	16	527	23	521	30	527	37	535	44	481
3	527	10	583	17	573	24	569	31	573	38	583	45	527
4	544	11	604	18	606	25	589	32	606	39	604	46	544
5	554	12	622	19	624	26	625	33	624	40	622	47	554
6	543	13	642	20	683	27	698	34	683	41	642	48	543
7	490	14	613	21	688	28	716	35	689	42	614	49	491

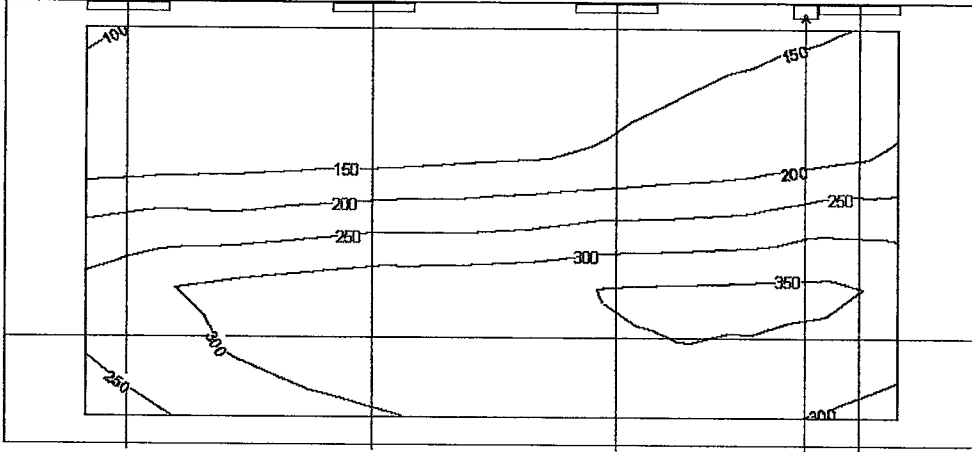
D2 tipi aygıtla kurulan düzende, duvar yüzeyleri üzerindeki ortalama aydınlık düzeyi değerleri ve düzgünlük oranları, Çizelge 7.30'da; duvar yüzeylerindeki aydınlık dağılımları Şekil 7.60, 7.61, 7.62, 7.63'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.30 D2 tipi aygıtla kurulan düzende, duvar yüzeylerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi değerleri

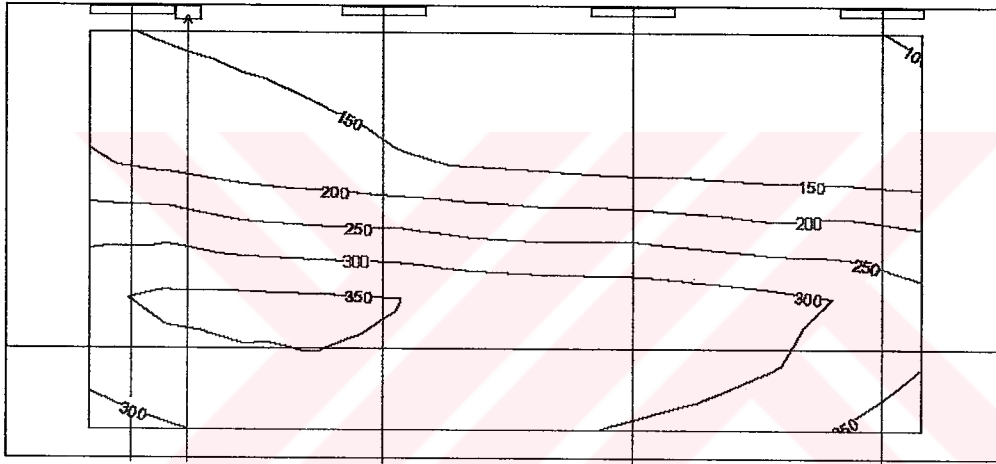
Hesaplama yüzeyi	Ortalama aydınlık düzeyi- E_{ort} (lm/m ²)	E_{min}/E_{ort}
Ön duvar	411	0.37
Sağ yan duvar	228	0.43
Sol yan duvar	228	0.43
Arka duvar	224	0.44



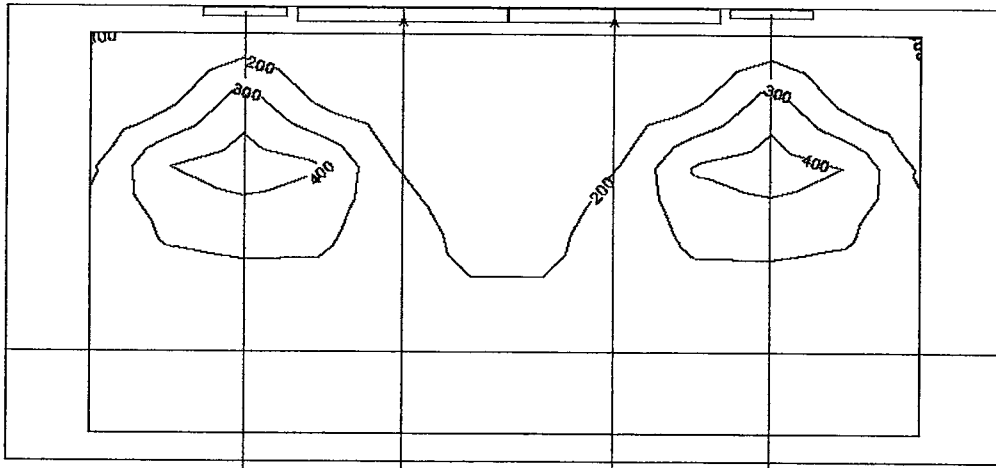
Şekil 7.60 D2 tipi aygıtla, ön duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.61 D2 tipi aygıtla, sağ yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.62 D2 tipi aygıtla, sol yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.63 D2 tipi aygıtla, arka duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı

D2 aygıtının kullanıldığı aydınlatma düzeninde, iç yüzeyler üzerinde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri Çizelge 7.31’de verilmiştir.

Çizelge 7.31 D2 tipi aygıtlarla kurulan düzende, iç yüzeylerde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri

Hesaplama yüzeyi	Işıklılık- L_{ort} (cd/m ²)
Ön duvar	62.3
Sağ yan duvar	38.9
Sol yan duvar	38.9
Arka duvar	37.8
Tavan	48.9
Döşeme	47.9

- **D2 aygıtı ile kurulan sistemin enerji harcaması**

D2 tipi aydınlatma aygıtı ile kurulan düzende, kullanılan aygıt adedi, genel aydınlatma için, 8, bölgesel aydınlatma için 2 olmak üzere, toplam 10; lamba adedi ise 32 adet 14W, 2 adet 58W olmak üzere, toplam 34’dür. Bu hacimde, çalışma düzlemi üzerinde hesaplanan ortalama aydınlık düzeyi 563 lm/m² olup, sistemde harcanan güç, balast kayıpları ile birlikte, 670 W’dır. Buna göre, 1 lm/m² yi elde etmek için harcanan güç, 1.19 W’dır.

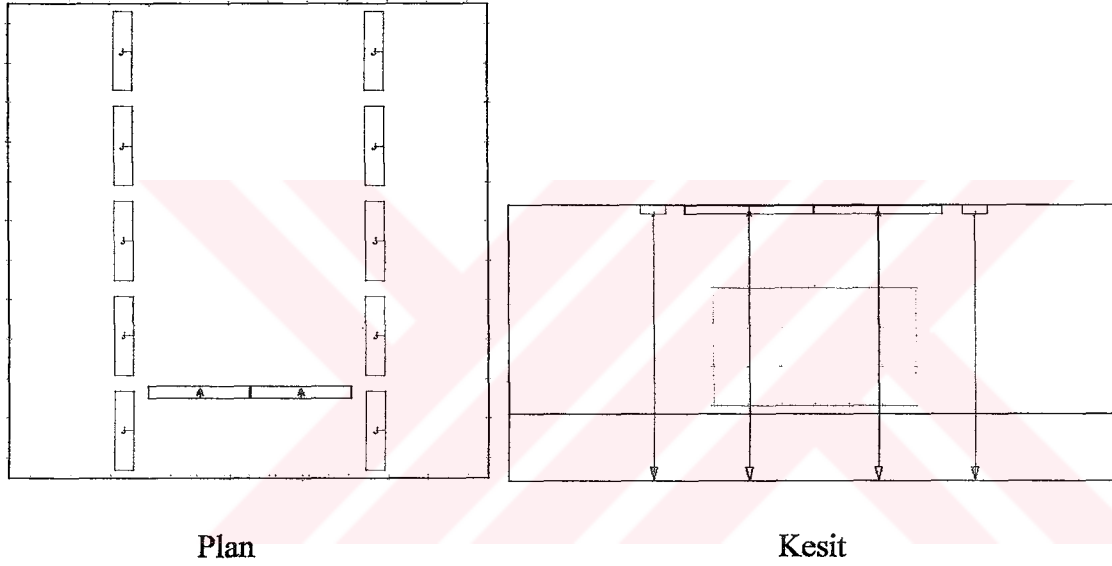
7.2.4 Opal Yayıcılı Aygıt Tipi ile Kurulan Aydınlatma Düzeni

Opal yayıcılı aygıtın içinde, iki ayrı lamba tipi kullanılmıştır.

- E1: 36W TL-D flüoresan lamba, manyetik balast
- E2: 18W TL-D flüoresan lamba, manyetik balast

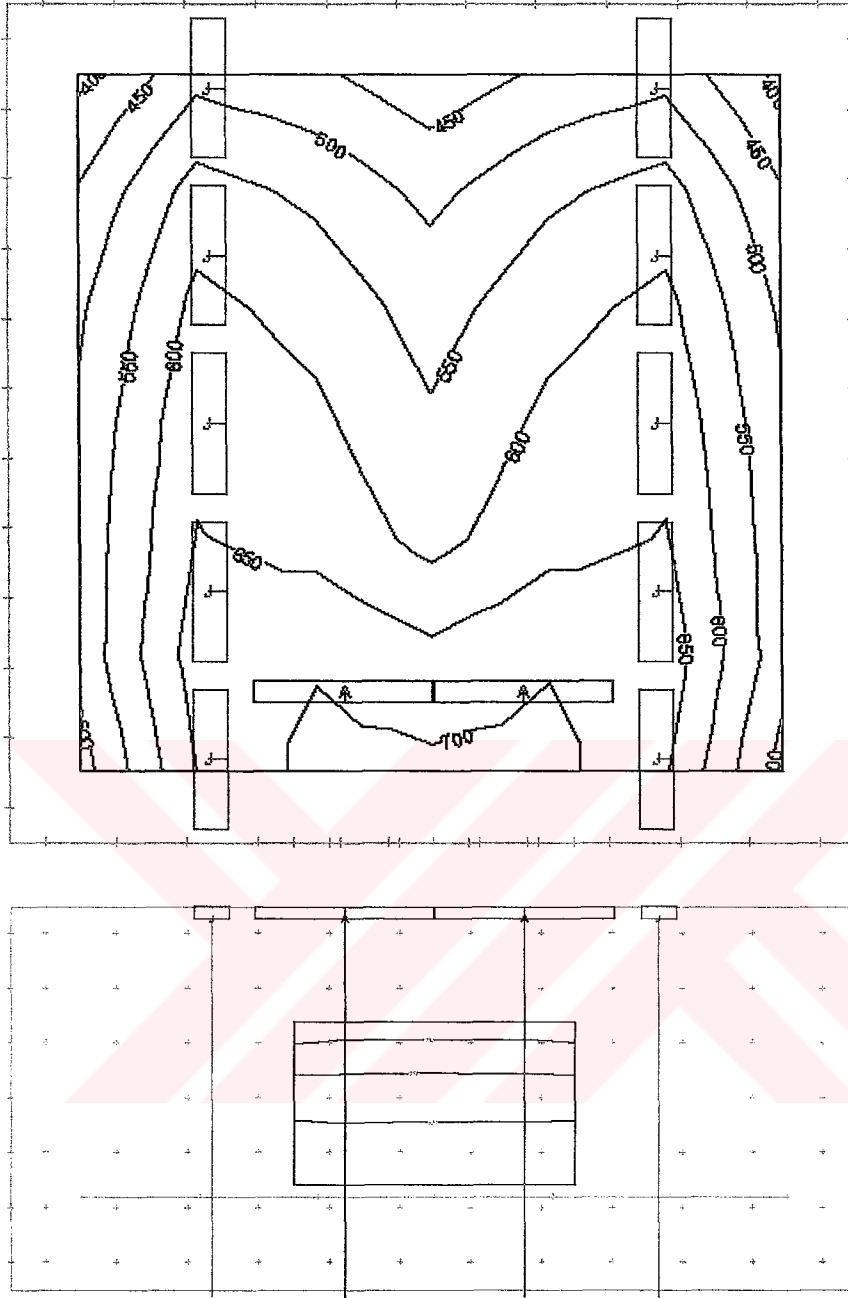
7.2.4.1 E1 Tipi Aydınlatma Aygıtı ile Kurulan Aydınlatma Düzeni

E1 tipi aydınlatma aygıtı ile kurulan aydınlatma düzeninde genel ve bölgesel aydınlatma düzenleri için seçilen aygıtların hacimdeki yerleşimi Şekil 7.64’de gösterilmiştir.



Şekil 7.64 E1 tipi aygıtın hacimdeki yerleşimi

Bu düzenlemede, çalışma düzlemi üzerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi $E_{ort}=565 \text{ lm/m}^2$ ve aydınlık dağılımının düzgünlük oranı, $E_{min}/E_{ort}= 0.68$ ’dir. Yazı tahtası üzerinde ise, E_d (yazı tahtası)= 561 lm/m^2 olarak hesaplanan düşey aydınlık dağılımının oranı ise, $E_{min}/E_{ort}= 0.72$ olarak belirlenmiştir. Çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerindeki, aydınlık dağılımı Şekil 7.65’de; çalışma düzlemi üzerindeki noktasal aydınlık düzeyi değerleri Çizelge 7.32’de verilmiştir.



Şekil 7.65 E1 tipi aygıtla, çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerinde oluşan aydınlık dağılımı

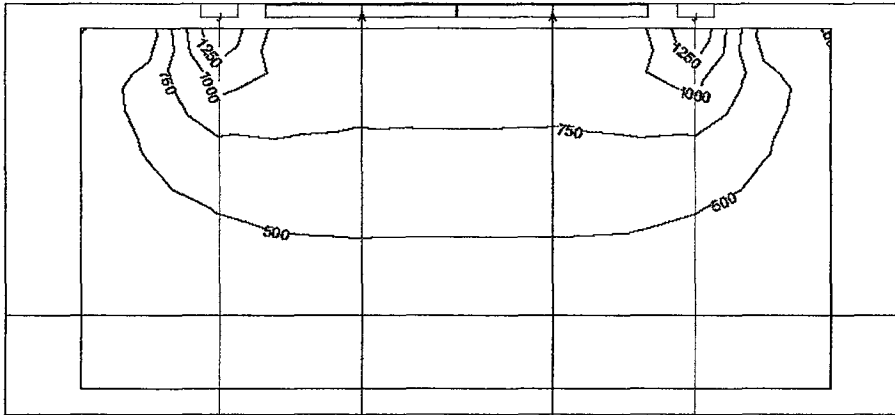
Çizelge 7.32 Çalışma düzleminde E1 tipi aygıtlarla elde edilen noktasal aydınlık düzeyi değerleri

Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	368	8	484	15	461	22	416	29	461	36	484	43	386
2	454	9	570	16	539	23	487	30	539	37	570	44	454
3	490	10	614	17	583	24	529	31	583	38	614	45	490
4	509	11	638	18	611	25	557	32	611	39	638	46	509
5	517	12	652	19	634	26	585	33	634	40	653	47	517
6	516	13	676	20	695	27	664	34	695	41	677	48	517
7	478	14	651	21	715	28	711	35	716	42	652	49	479

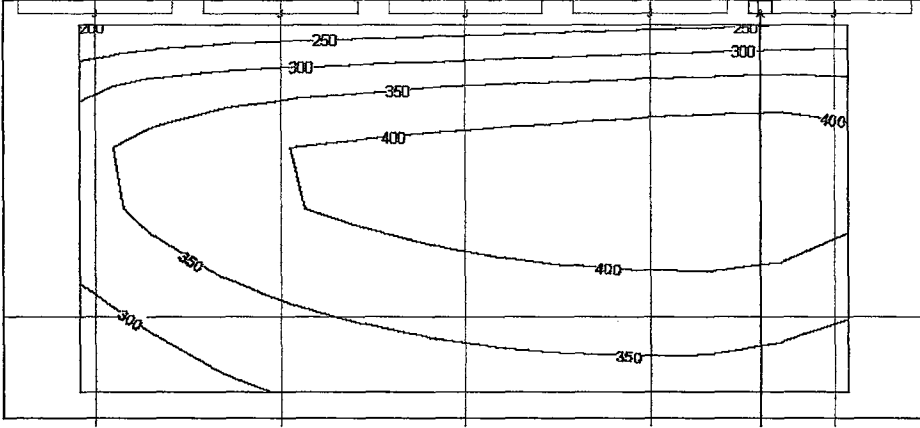
E1 tipi aygıtlarla kurulan düzende, duvar yüzeyleri üzerindeki ortalama aydınlık düzeyi değerleri ve düzgünlük oranları, Çizelge 7.33’de; duvar yüzeylerindeki aydınlık dağılımları Şekil 7.66, 7.67, 7.68, 7.69’da gösterilmiştir.

Çizelge 7.33 E1 tipi aygıtlarla kurulan düzende, duvar yüzeylerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi değerleri

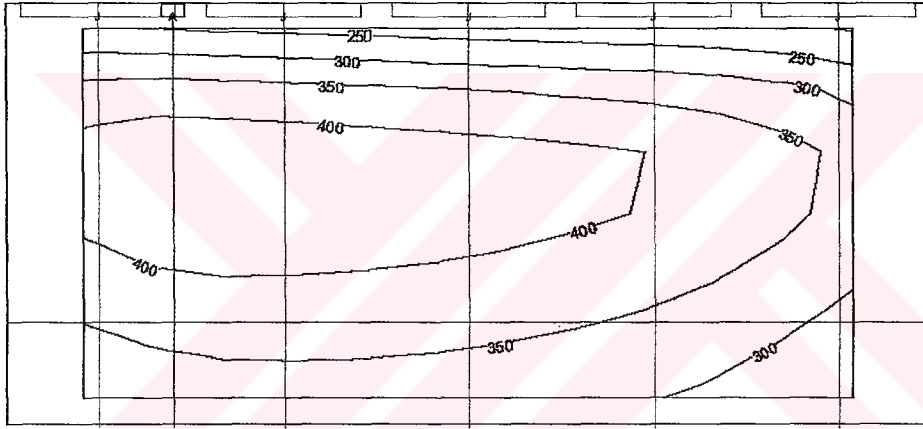
Hesaplama yüzeyi	Ortalama aydınlık düzeyi- E_{ort} (lm/m ²)	E_{min}/E_{ort}
Ön duvar	537	0.44
Sağ yan duvar	344	0.57
Sol yan duvar	344	0.57
Arka duvar	349	0.53



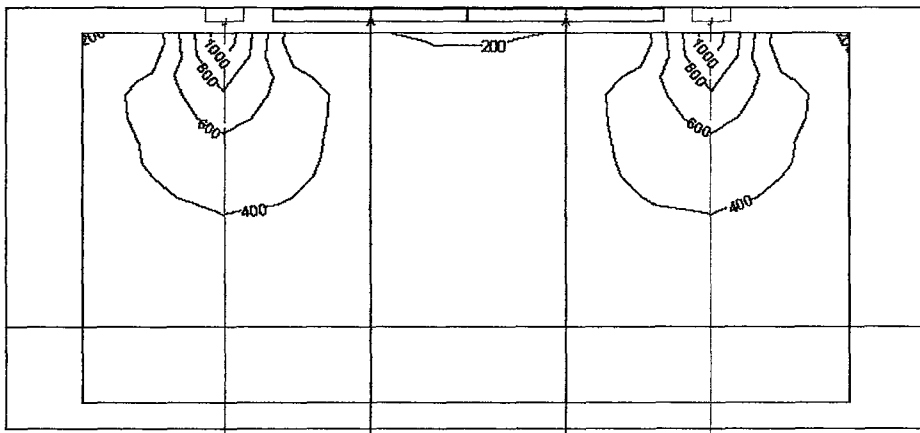
Şekil 7.66 E1 tipi aygıtlarla, ön duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.67 E1 tipi aygıtla, sağ yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.68 E1 tipi aygıtla, sol yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.69 E1 tipi aygıtla, arka duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı

E1 aygıtının kullanıldığı aydınlatma düzeninde, iç yüzeyler üzerinde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri Çizelge 7.34’de verilmiştir.

Çizelge 7.34 E1 tipi aygıtla kurulan düzende, iç yüzeylerde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri

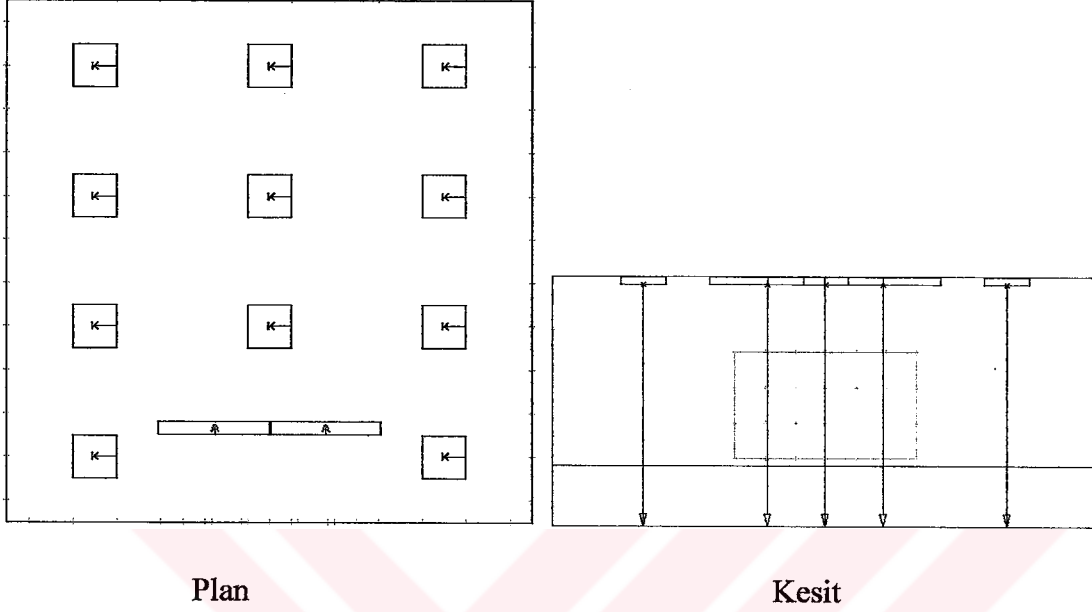
Hesaplama yüzeyi	Işıklılık- L_{ort} (cd/m ²)
Ön duvar	81.1
Sağ yan duvar	54.4
Sol yan duvar	54.4
Arka duvar	53.7
Tavan	60.4
Döşeme	46.0

- **E1 aygıtı ile kurulan sistemin enerji harcaması**

E1 tipi aydınlatma aygıtı ile kurulan düzende, kullanılan aygıt adedi, genel aydınlatma için, 10, bölgesel aydınlatma için 2 olmak üzere, toplam 12; lamba adedi ise 20 adet 36W, 2 adet 58W olmak üzere, toplam 22’dir. Bu hacimde, çalışma düzlemi üzerinde hesaplanan ortalama aydınlık düzeyi 565 lm/m² olup, sistemde harcanan güç, balast kayıpları ile birlikte, 1042 W’dır. Buna göre, 1 lm/m² yi elde etmek için harcanan güç, 1.84 W’dır.

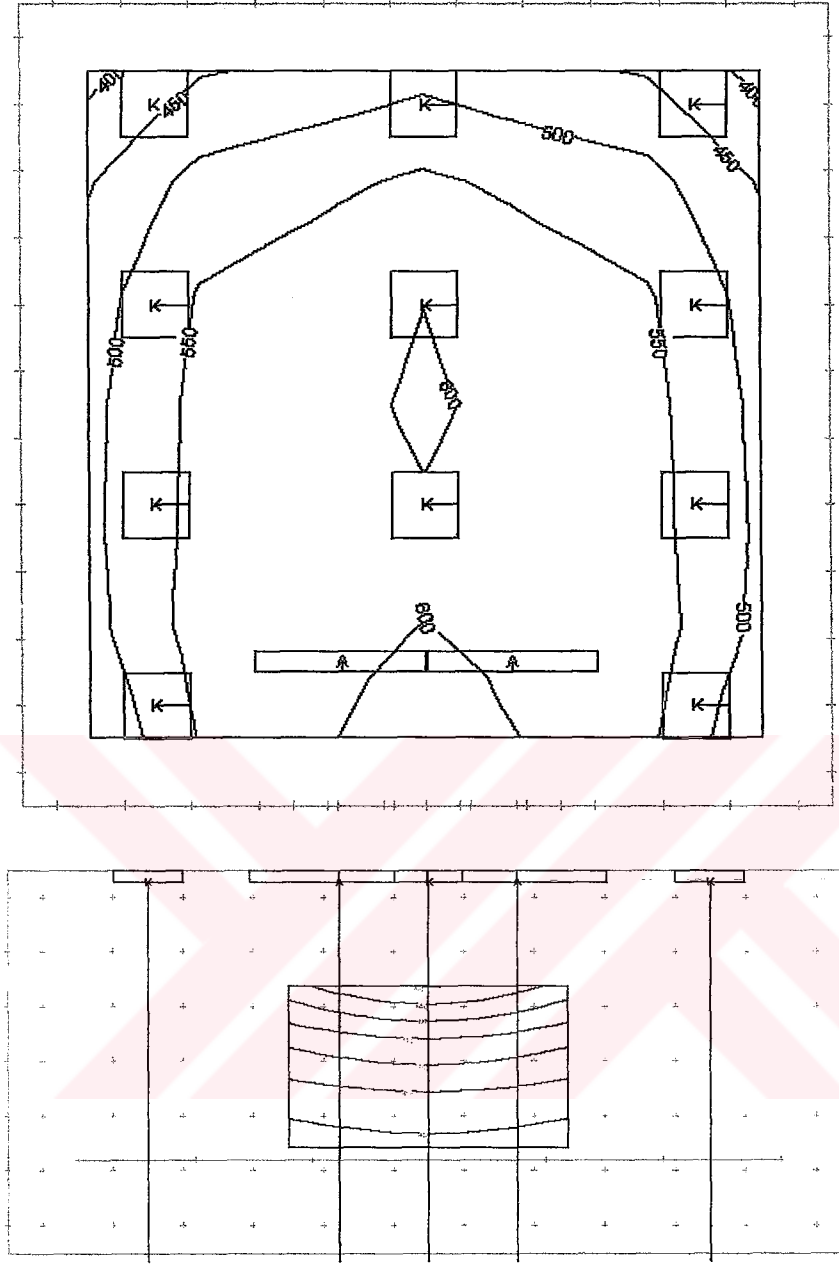
7.2.4.2 E2 Tipi Aydınlatma Aygıtı ile Kurulan Aydınlatma Düzeni

E2 tipi aydınlatma aygıtı ile kurulan aydınlatma düzeninde genel ve bölgesel aydınlatma düzenleri için seçilen aygıtların hacimdeki yerleşimi Şekil 7.70’de gösterilmiştir.



Şekil 7.70 E2 tipi aygıtın hacimdeki yerleşimi

Bu düzenlemede, çalışma düzlemi üzerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi $E_{ort}=528 \text{ lm/m}^2$ ve aydınlık dağılımının düzgünlük oranı, $E_{min}/E_{ort}= 0.73$ ’dir. Yazı tahtası üzerinde ise, E_d (yazı tahtası)= 503 lm/m^2 olarak hesaplanan düşey aydınlık dağılımının oranı ise, $E_{min}/E_{ort}= 0.73$ olarak belirlenmiştir. Çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerindeki, aydınlık dağılımı Şekil 7.71’de; çalışma düzlemi üzerindeki noktasal aydınlık düzeyi değerleri Çizelge 7.35’de verilmiştir.



Şekil 7.71 E2 tipi aygıtla, çalışma düzlemi ve yazı tahtası üzerinde oluşan aydınlık dağılımı

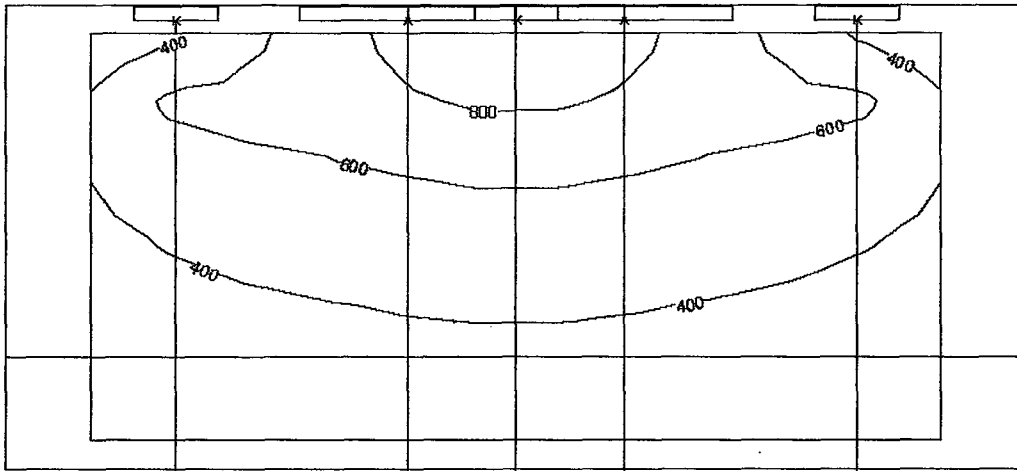
Çizelge 7.35 Çalışma düzleminde E2 tipi aygıtla elde edilen noktasal aydınlık düzeyi değerleri

Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	384	8	445	15	462	22	483	29	462	36	445	43	384
2	445	9	517	16	537	23	559	30	537	37	517	44	445
3	477	10	553	17	574	24	599	31	574	38	553	45	477
4	487	11	564	18	585	25	606	32	585	39	564	46	487
5	490	12	566	19	579	26	596	33	579	40	567	47	490
6	484	13	573	20	592	27	601	34	592	41	573	48	484
7	450	14	554	21	597	28	613	35	598	42	555	49	450

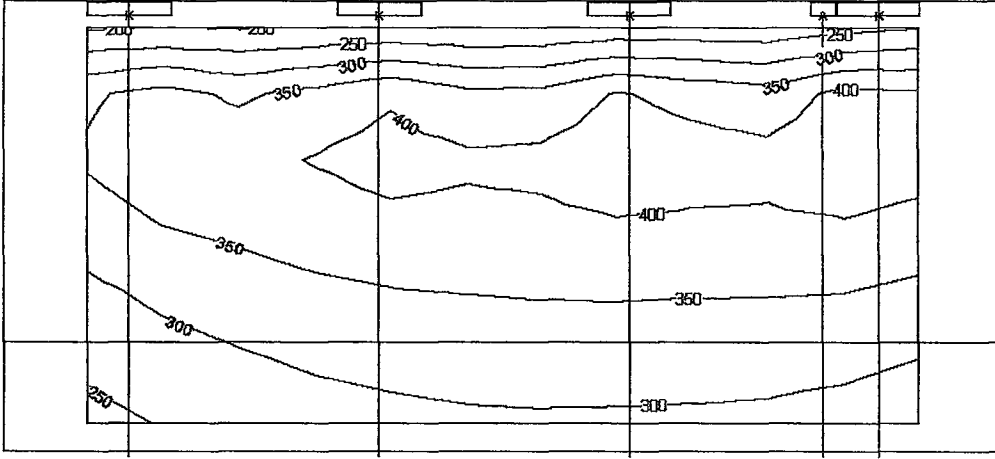
E2 tipi aygıtla kurulan düzende, duvar yüzeyleri üzerindeki ortalama aydınlık düzeyi değerleri ve düzgünlük oranları, Çizelge 7.36'da; duvar yüzeylerindeki aydınlık dağılımları Şekil 7.72, 7.73, 7.74, 7.75'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.36 E2 tipi aygıtla kurulan düzende, duvar yüzeylerinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi değerleri

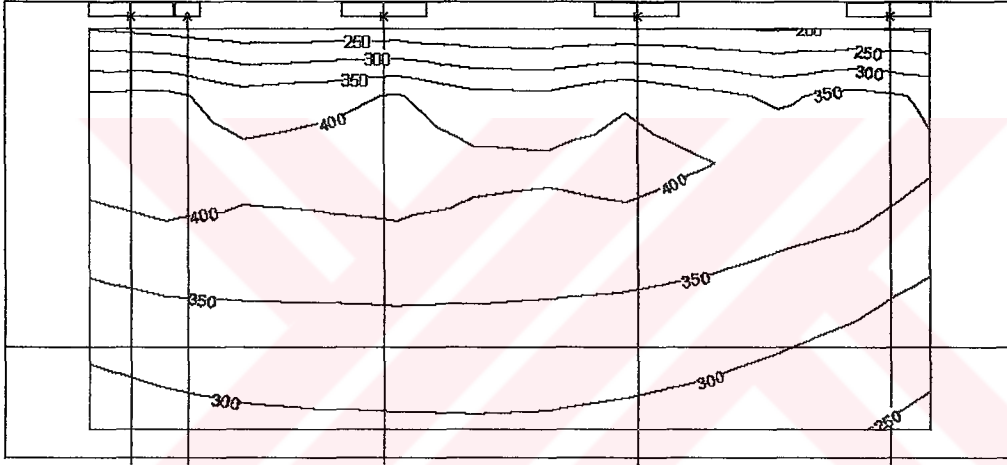
Hesaplama yüzeyi	Ortalama aydınlık düzeyi- E_{ort} (lm/m ²)	E_{min}/E_{ort}
Ön duvar	469	0.54
Sağ yan duvar	328	0.59
Sol yan duvar	328	0.59
Arka duvar	323	0.59



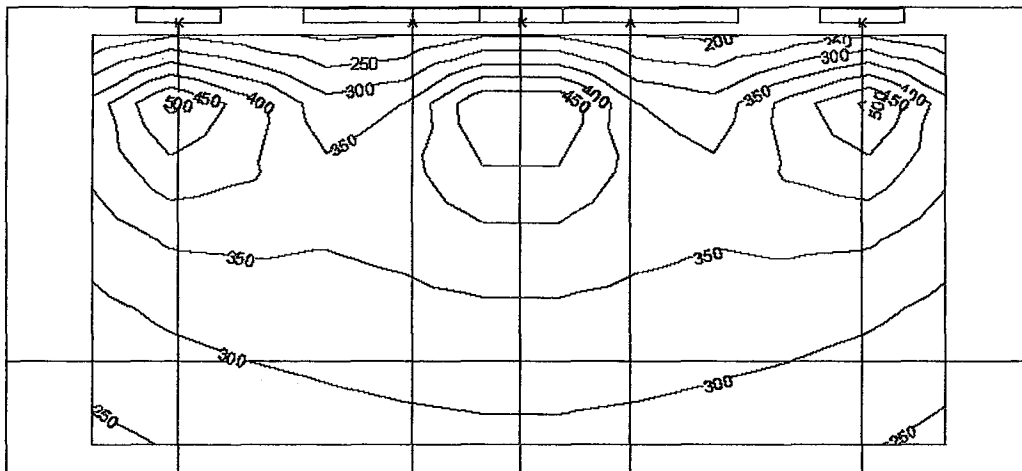
Şekil 7.72 E2 tipi aygıtla, ön duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.73 E2 tipi aygıtla, sağ yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.74 E2 tipi aygıtla, sol yan duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı



Şekil 7.75 E2 tipi aygıtla, arka duvar üzerinde oluşan aydınlık dağılımı

E2 aygıtının kullanıldığı aydınlatma düzeninde, iç yüzeyler üzerinde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri Çizelge 7.37’de verilmiştir.

Çizelge 7.37 E2 tipi aygıtla kurulan düzende, iç yüzeylerde hesaplanan ortalama ışıklılık değerleri

Hesaplama yüzeyi	İşıklılık- L_{ort} (cd/m ²)
Ön duvar	72.0
Sağ yan duvar	52.0
Sol yan duvar	52.0
Arka duvar	50.9
Tavan	56.4
Döşeme	43.2

- **E2 aygıtı ile kurulan sistemin enerji harcaması**

E2 tipi aydınlatma aygıtı ile kurulan düzende, kullanılan aygıt adedi, genel aydınlatma için, 11, bölgesel aydınlatma için 2 olmak üzere, toplam 13; lamba adedi ise 44 adet 18W, 2 adet 58W olmak üzere, toplam 46’dır. Bu hacimde, çalışma düzlemi üzerinde hesaplanan ortalama aydınlık düzeyi 528 lm/m² olup, sistemde harcanan güç, balast kayıpları ile birlikte, 1132 W’dır. Buna göre, 1 lm/m² yi elde etmek için harcanan güç, 2.14 W’dır.

Kurulan on aydınlatma düzeninde, temel olarak, nicelik yönünden gerekli minimum ortalama aydınlık düzeyi, 500 lm/m²’nin üzerinde sağlanmıştır. Bu düzenler, aydınlığın niteliği ve enerji harcaması yönünden de aşağıdaki biçimde, incelenip, değerlendirilmiştir.

7.2.5 Kurulan Aydınlatma Düzenlerinin Aydınlığın Niteliği Yönünden

Değerlendirilmesi

İşığın rengi: Tüm düzenlerde kullanılan lamba tipleri, ışık rengi, renk sıcaklığı ve renksel geriverim yönlerinden derslikler için uygun lambalardır. TL-D ve TL-5 tipi lambaların, ışık renkleri, yüksek aydınlık düzeyi gerektiren dersliklerde kullanıldığı için, soğuk, renk sıcaklıkları 4000K ve renksel geriverimleri $R_a > 80$ olarak seçilmiştir. Renksel geriverim sınıfı, 1B’dir. Ayrıca, bu lambaların verimleri yüksek ve ömürleri uzundur (Bkz.Çizelge 4.6).

İşığın doğrultusal yapısı ve gölge niteliği: E1 ve E2 tipi aygıtlarla kurulan düzenlerde, aygıtın opal yayıcı olması nedeniyle, A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1 ve D2 tipi paletli aygıtlar kullanılan düzenlere göre, daha yaygın ışık alanı elde edilmektedir. Dolayısıyla, gölge niteliği de gölgesiz aydınlığa yakın bir özellik göstermektedir.

Aydınlık düzeyi dağılımları: Bütün aydınlatma düzenlerinde, yatay çalışma düzlemi ve düşey yazı tahtası üzerinde, en az aydınlık düzeyinin, ortalama aydınlık düzeyine oranı ile tanımlanan düzgünlük değeri $E_{min}/E_{ort} > 0.70$ olarak hesaplanmıştır. Böylece, tüm düzenlerde, kabul edilebilir düzgün yayılmış bir aydınlık sağlanmıştır.

E1 ve E2 tipi aygıtlarla kurulan düzenlerde, yine, aygıtın opal yayıcı olması nedeniyle, A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1 ve D2 tipi paletli aygıtlar kullanılan düzenlere göre, duvar yüzeyleri daha düzgün yayılmış ve daha yüksek aydınlık düzeyleri elde edilmiştir (Bkz. Çizelge 7.9, 7.12, 7.15, 7.18, 7.21, 7.24, 7.27, 7.30, 7.33, 7.36).

A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1 ve D2 tipi aygıtlarla kurulan düzenlerde, arka duvar üzerinde pano, tablo vb. sergi alanına olanak veren aydınlık dağılımları oluşturulmuştur (Bkz. Şekil 7.21, 7.27, 7.33, 7.39, 7.45, 7.51, 7.57, 7.63).

Çevrede yer alan yüzeylerin özellikleri: Hacim iç yüzeylerinin yansıtma çarpanları, r_{tavan} : 0.70; $r_{duvarlar}$: 0.50; $r_{döşeme}$: 0.30 ve yazı tahtasının yansıtma çarpanı, bulunduğu duvarın yansıtma çarpanından daha yüksek (beyaz renkli, $r_{yazı\ tahtası}$: 0.80) olarak belirlenmiştir.

Işıklılık ve kamaşma: Aydınlatma düzenlerinde, iç yüzey ortalama ışıklılık değerleri incelendiğinde, E1, E2 aygıtları ile kurulan düzenlerde, ışıklılık değerlerinin, Çizelge 4.9'da verilen değerlere uygun olduğu görülmektedir. A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1 ve D2 tipi aygıtların kullanıldığı düzenlerde ise, bu değerler, ışık dağılım özelliklerinden ötürü, uygun değerlere yakın, kabul edilebilir değerlerde hesaplanmıştır (Bkz. Çizelge 7.10, 7.13, 7.16, 7.19, 7.22, 7.25, 7.28, 7.31, 7.34, 7.37). Her hacimde, yazı tahtasının bulunduğu duvar olan, ön duvarların ışıklılık değerleri, öteki duvarların değerlerine göre, daha yüksektir. Yazı tahtasının yansıtma çarpanı, bulunduğu duvar yüzeyinin yansıtma çarpanından daha yüksek olarak alındığından, ışıklılığı da daha yüksektir. Bu durumda, bakılan alan ve yakın çevresi arasındaki ışıklılık karşıtlığı, 3/1-1 oranları arasında sağlanmıştır.

C1, C2 ve D1, D2 tipi paletli aygıtlar, kamaşma sınıfı olarak, görme alanı içinde, aydınlatma aygıtının kamaşmasının en aza indirilmesi açısından, öteki aygıtlara göre daha olumludur.

A1, B1, C1, D1 ve E1 tipi aygıtlar, çizgisel olmaları açısından da bakış doğrultusuna paralel olarak yerleştirilebilmeleri nedeniyle, A2, B2, C2, D2 ve E2 tipi aygıtlara göre aydınlatma tekniği açısından daha olumludur.

7.2.6 Kurulan Aydınlatma Düzenlerinin Enerji Harcaması Yönünden

Değerlendirilmesi

Kurulan on ayrı aydınlatma düzeni enerji harcaması yönünden incelendiğinde, her bir düzende, 1 lm/m^2 aydınlık düzeyini sağlamak için, harcanan güç değerleri, Çizelge 7.38’de verilmiştir.

Çizelge 7.38 Kurulan düzenlerde, 1 lm/m^2 aydınlık düzeyini sağlamak için, harcanan güç değerleri

Aygıt tipi	Ortalama aydınlık düzeyi (lm/m^2)	Sistem gücü (W)	1 lm/m^2 için harcanan güç (W/lm/m^2)
A1	580	862	1.49
A2	596	1042	1.75
B1	598	782	1.31
B2	585	802	1.37
C1	561	862	1.54
C2	555	1042	1.88
D1	588	654	1.11
D2	563	670	1.19
E1	565	1042	1.84
E2	528	1132	2.14

Buna göre, TL-D lamba ve manyetik balast kullanılan düzenler arasında, en az enerji harcaması, A1 tipi aygıtla; en çok enerji harcaması, E2 tipi aygıtla yapılmıştır. TL-5 lamba ve elektronik balast kullanılan düzenler arasında ise, en az enerji harcaması, D1 tipi aygıtla; en çok enerji harcaması ise, B2 tipi aygıtla gerçekleşmiştir.

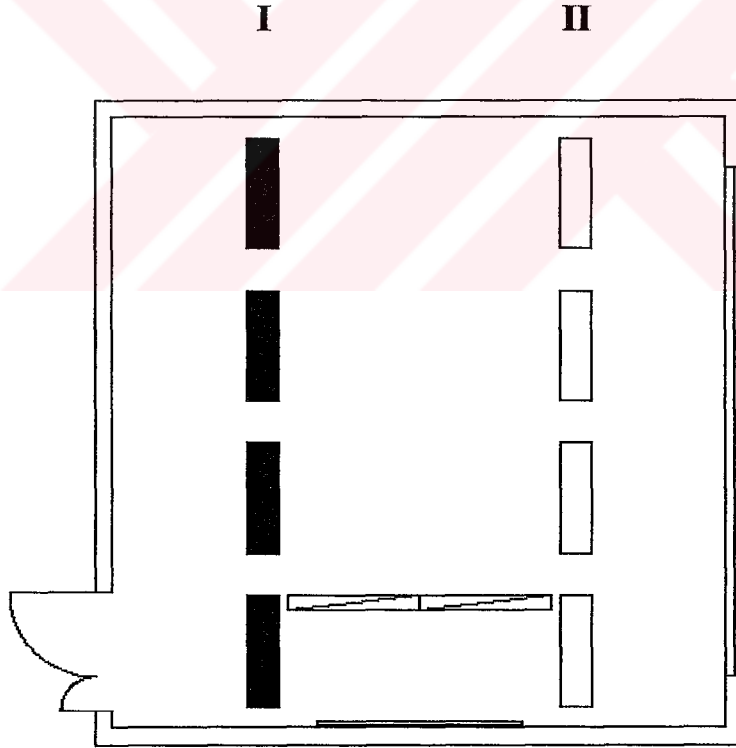
Genel olarak, TL-5 lamba ve elektronik balastın kullanıldığı D1 tipi aydınlatma aygıtının kullanıldığı düzende, 1 lm/m^2 aydınlık düzeyini sağlamak için, 1.11 W güç harcanmaktadır. Böylece, lamba ve balast tipi olarak da uzun ömürlü bir sistem sağlayan bu düzen, ilk yapım sırasında, enerji harcaması yönünden en uygun durumu ortaya koymaktadır.

Nitelik ve enerji harcaması yönünden yapılan değerlendirmeler sonucunda, optimum çözümü sunan aydınlatma düzeni olarak, D1 tipi aygıtın kullanıldığı düzen belirlenmiştir.

7.2.6.1 Bütünleşik Aydınlatma Düzeni Kullanımı

Bölüm 5.2.1’de değinildiği gibi, bir aydınlatma düzeninde, enerji tasarrufu açısından, günışığı ve lamba ışığının birlikte kullanımı da büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, seçilen tip derslik hacminde, 21 Eylül/21 Mart ve 21 Aralık günleri, 9.00, 12.00 ve 16.00 saatleri için hesaplanan günışığı dağılımlarını, belli bir yaklaşıklıkla dengeleyen bütünleşik aydınlatma düzenleri ele alınmıştır. Yapma aydınlatma düzeni olarak, görsel konfor ve optimum enerji kullanımı yönünden en iyi sonucu veren, D1 tipi aygıtın kullanıldığı düzen seçilmiştir.

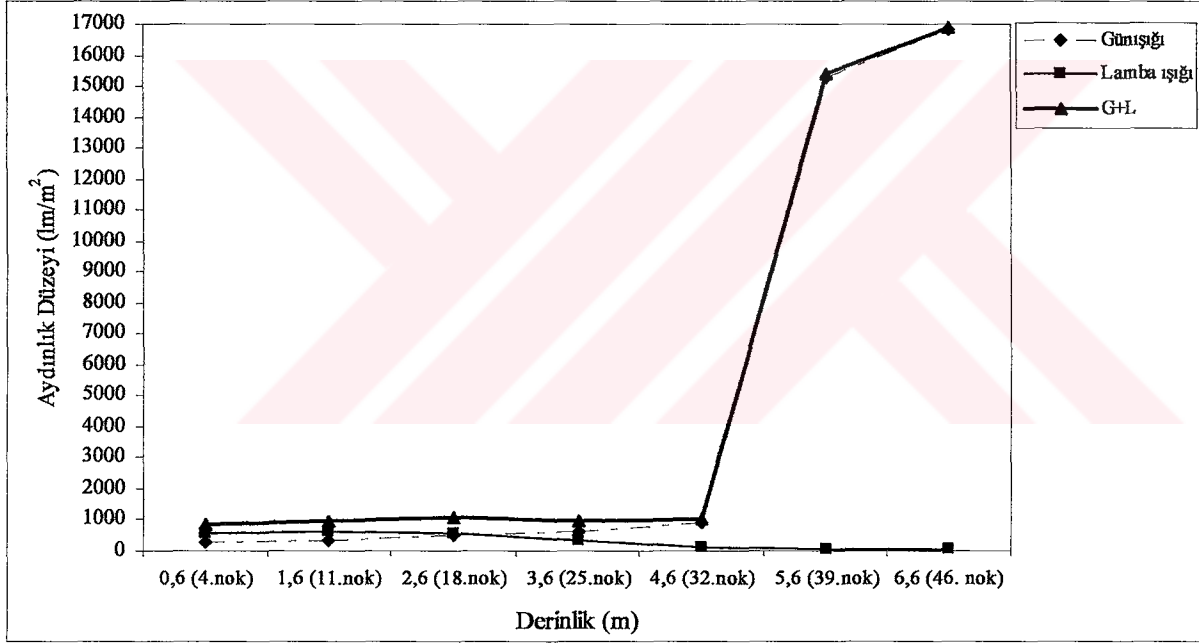
Her gün ve saat için hesaplanan günışığı aydınlık düzeyi değerlerini belli bir yaklaşıklıkla dengelemek amacıyla, yanması gereken aygıt sıralarını gösteren planlar Şekil 7.76, 7.82’de; günışığı ve lamba ışığının birlikte kullanıldığı bütünleşik aydınlatma düzenine ilişkin aydınlık düzeyi değerleri, Çizelge 7.39, 7.40, 7.41, 7.42, 7.43 ve 7.44’de; hacim içindeki aydınlık dağılımları da, kesit grafiklerle, Şekil 7.77, 7.78, 7.79, 7.80, 7.81 ve 7.83’de verilmiştir.



Şekil 7.76 21 Eylül/21 Mart saat 9.00, 12.00, 16.00; 21 Aralık saat 9.00 ve 12.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni

Çizelge 7.39 21 Eylül/21 Mart saat 9.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde aydınlık düzeyi değerleri

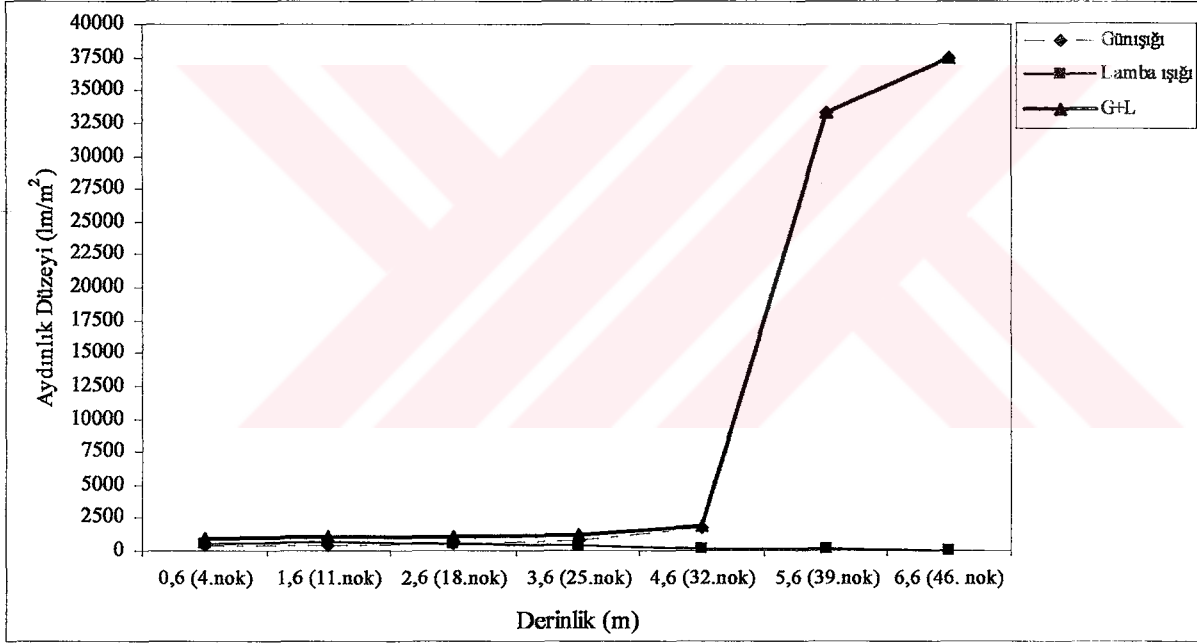
Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	885	8	1438	15	5828	22	16878	29	13610	36	13694	43	13543
2	921	9	1240	16	1832	23	2506	30	2895	37	3333	44	4192
3	909	10	1093	17	1272	24	1329	31	1459	38	2058	45	16842
4	850	11	970	18	1098	25	952	32	1026	39	15395	46	16908
5	839	12	949	19	996	26	903	33	944	40	15385	47	16888
6	810	13	942	20	1010	27	929	34	14801	41	15299	48	16713
7	739	14	888	21	984	28	902	35	14781	42	15047	49	15791



Şekil 7.77 21 Eylül/21 Mart saat 9.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde aydınlık dağılımları

Çizelge 7.40 21 Eylül/21 Mart saat 12.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde aydınlık düzeyi değerleri

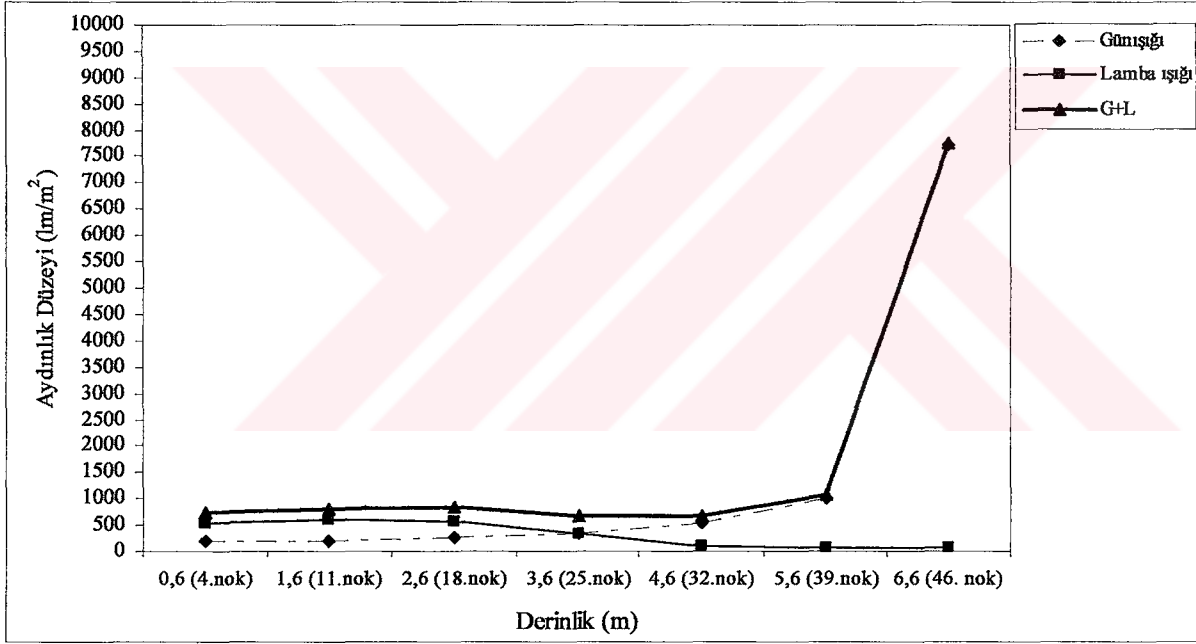
Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	716	8	811	15	869	22	898	29	1268	36	2650	43	4170
2	812	9	924	16	998	23	1046	30	1567	37	32562	44	36432
3	868	10	984	17	1074	24	1143	31	1765	38	33156	45	37314
4	886	11	1012	18	1112	25	1188	32	1859	39	33355	46	37515
5	895	12	1024	19	1128	26	1208	33	1840	40	33258	47	37409
6	877	13	1033	20	1160	27	1239	34	1770	41	32828	48	36783
7	810	14	982	21	1132	28	1215	35	1584	42	31908	49	34029



Şekil 7.78 21 Eylül/21 Mart saat 12.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde aydınlık dağılımları

Çizelge 7.41 21 Eylül/21 Mart saat 16.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde aydınlık düzeyi değerleri

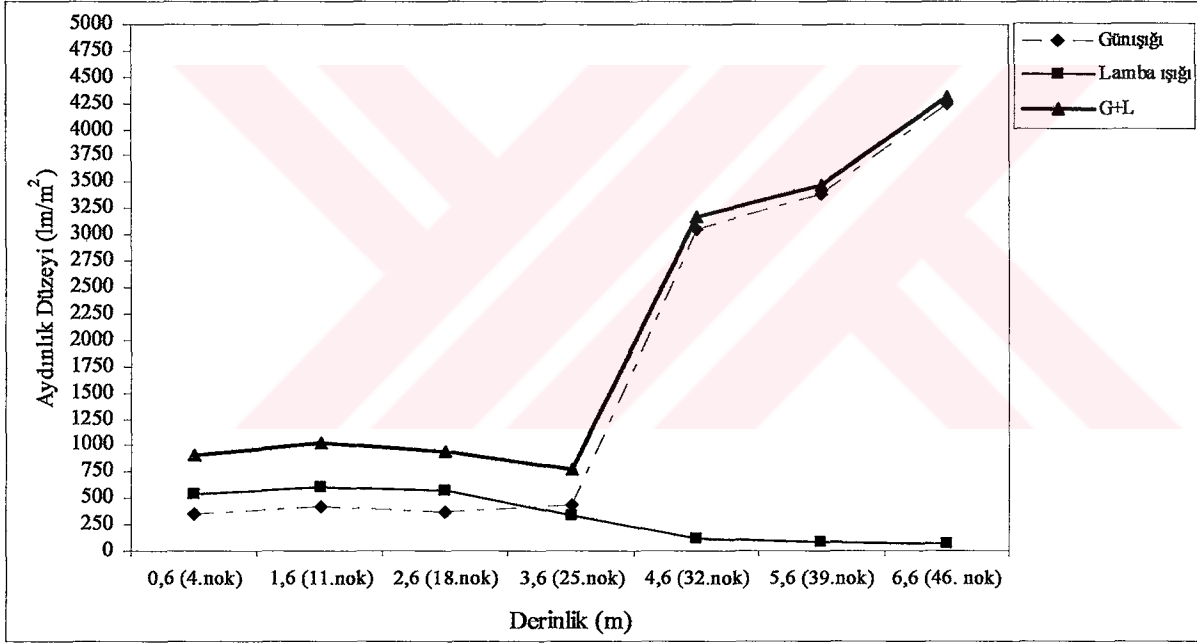
Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	581	8	654	15	702	22	785	29	2362	36	6315	43	6709
2	670	9	753	16	769	23	722	30	852	37	6557	44	7528
3	720	10	800	17	813	24	681	31	655	38	1074	45	7720
4	735	11	821	18	834	25	685	32	657	39	1071	46	7766
5	739	12	831	19	849	26	708	33	657	40	1054	47	7760
6	724	13	839	20	891	27	771	34	703	41	1006	48	1964
7	662	14	799	21	877	28	797	35	701	42	836	49	1322



Şekil 7.79 21 Eylül/21 Mart saat 16.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde aydınlık dağılımları

Çizelge 7.42 21 Aralık saat 9.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde aydınlık düzeyi değerleri

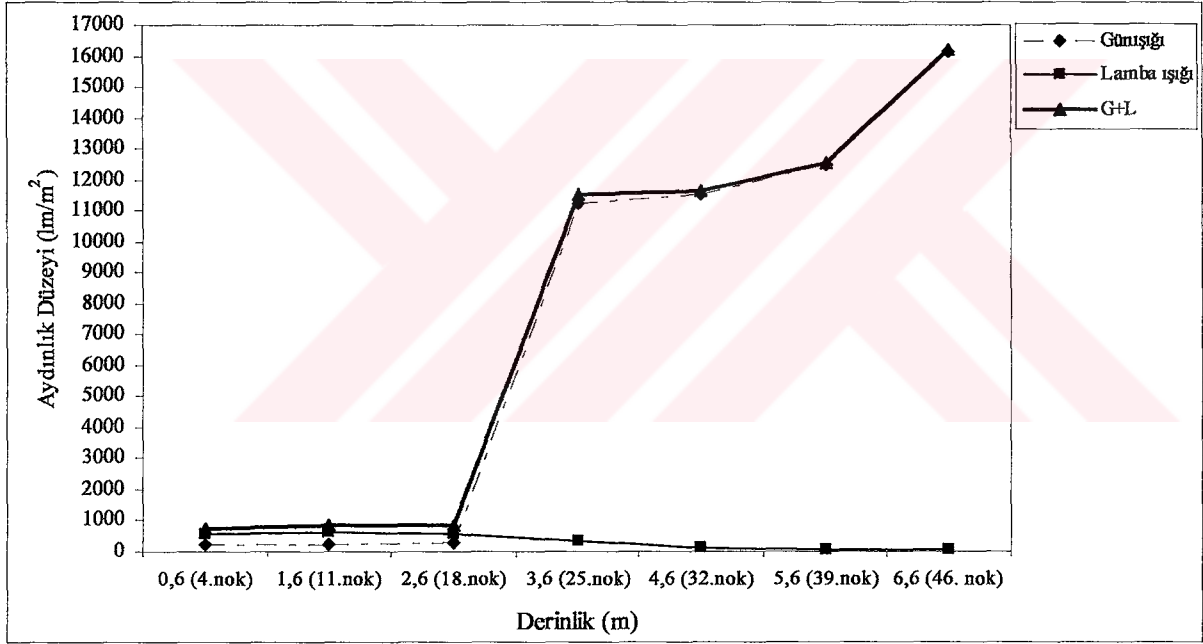
Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	11460	8	9633	15	9888	22	9782	29	9557	36	12823	43	6820
2	2023	9	2491	16	2619	23	2476	30	2298	37	2277	44	4123
3	1149	10	1341	17	1392	24	1229	31	1089	38	3430	45	4275
4	903	11	1026	18	941	25	764	32	3174	39	3472	46	4314
5	762	12	856	19	866	26	3297	33	3192	40	3479	47	4311
6	714	13	831	20	3514	27	3373	34	3258	41	3465	48	4235
7	635	14	3441	21	3511	28	3415	35	3289	42	3363	49	3750



Şekil 7.80 21 Aralık saat 9.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde aydınlık dağılımları

Çizelge 7.43 21 Aralık saat 12.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde aydınlık düzeyi değerleri

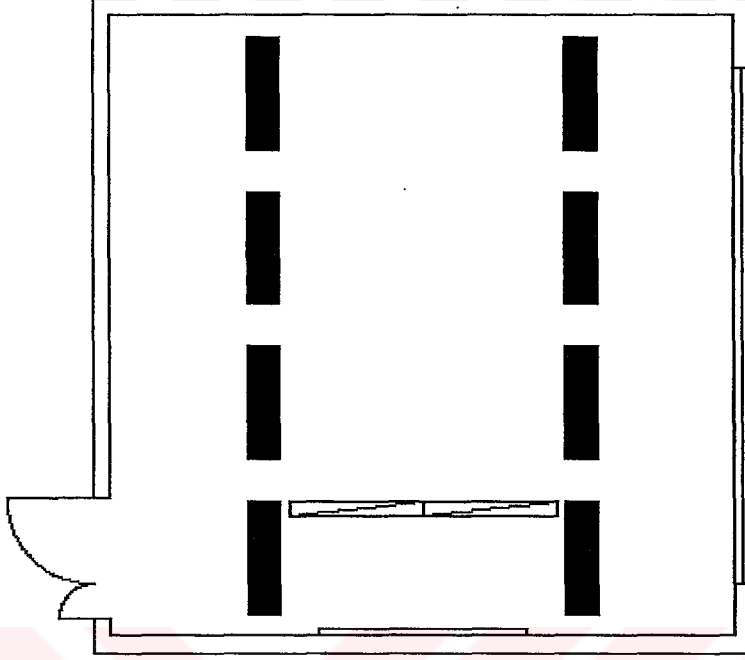
Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	591	8	658	15	658	22	557	29	562	36	1029	43	2588
2	685	9	763	16	768	23	11456	30	11494	37	12240	44	15517
3	737	10	817	17	831	24	11516	31	11576	38	12466	45	16061
4	754	11	843	18	863	25	11546	32	11627	39	12546	46	16187
5	764	12	856	19	884	26	11577	33	11637	40	12527	47	16129
6	748	13	870	20	927	27	11641	34	11669	41	12407	48	15758
7	686	14	828	21	917	28	11664	35	11646	42	12089	49	14050



Şekil 7.81 21 Aralık saat 12.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde aydınlık dağılımları

I

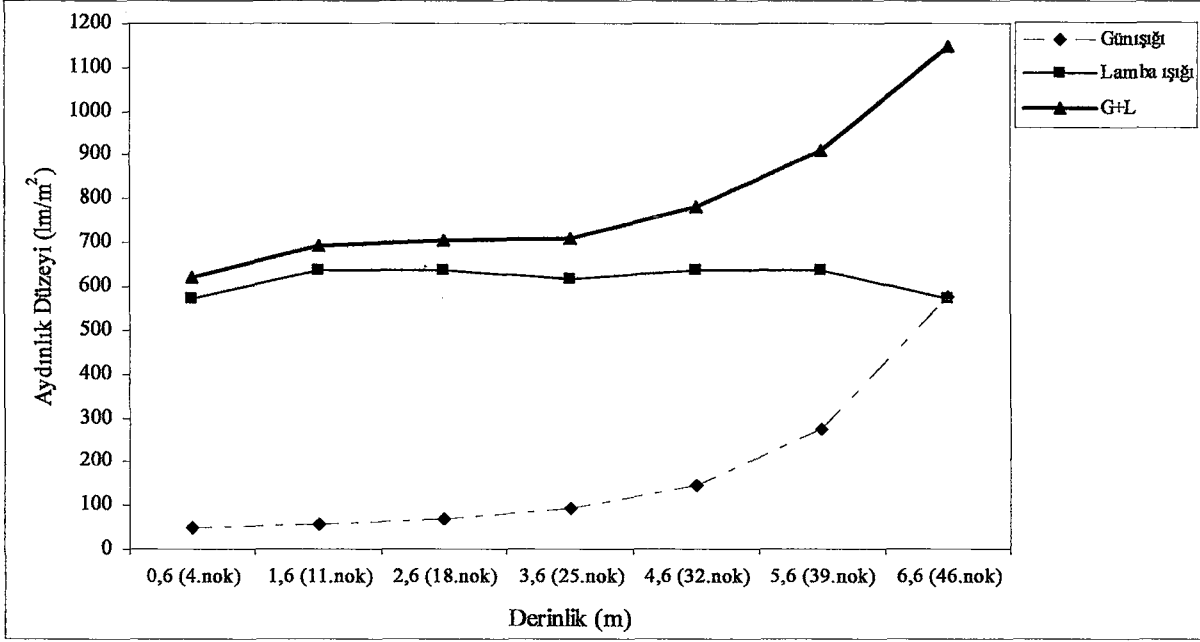
II



Şekil 7.82 21 Aralık saat 16.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni

Çizelge 7.44 21 Aralık saat 16.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde aydınlık düzeyi değerleri

Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Hesap noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	460	8	516	15	511	22	513	29	549	36	618	43	699
2	553	9	618	16	619	23	628	30	678	37	791	44	1021
3	605	10	668	17	670	24	688	31	742	38	876	45	1124
4	621	11	694	18	705	25	708	32	781	39	911	46	1148
5	631	12	708	19	722	26	745	33	795	40	919	47	1153
6	615	13	724	20	776	27	807	34	838	41	908	48	1103
7	553	14	685	21	766	28	810	35	810	42	804	49	843



Şekil 7.83 21 Aralık saat 16.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde aydınlık dağılımları

7.2.6.2 Bütünleşik Aydınlatma Düzenlerinin Değerlendirilmesi

Seçilen tip derslik hacminde kurulan yapma aydınlatma düzeninde, iki sıra aygıt kullanılmıştır. Güneş ışığı kullanımı açısından incelenen altı durum içinde, 21 Eylül/21 Mart saat 9.00, 12.00, 16.00 ve 21 Aralık saat 9.00, 12.00 saatlerinde, 1. sıradaki aygıtların yanması; 21 Aralık saat 16.00'da ise, tüm aygıtların yanması gerekmektedir.

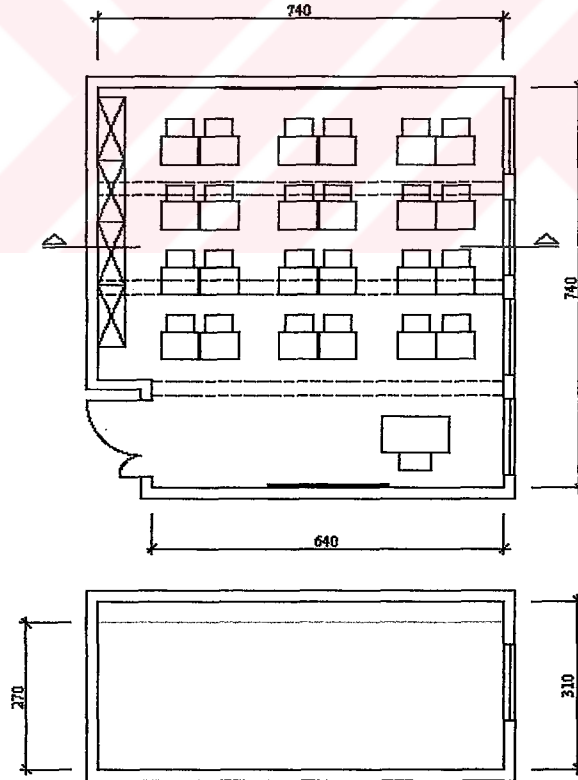
Bütünleşik aydınlatma düzenleri oluşturulurken, flüoresan lambalı aygıtların, doğrusal olma özelliklerini koruyabilmek amacıyla, sıra biçiminde yakılıp, söndürülmelerine özen gösterilmiştir. Bu nedenle, hacmin kimi bölgelerinde, aydınlık düzeyinde yükselme olmasına karşın, genel olarak tüm noktalarda, gerekli minimum aydınlık düzeyi sağlanmış ve hacim içinde olabildiğince düzgün yayılmış bir aydınlık oluşturulmuştur. Optimum enerji kullanımı açısından ve ayrıca, pencere bölgesindeki yüksek aydınlık düzeyinin dengelenmesi yönünden, yapma aydınlatma düzenleri kurulurken, güneş ışığı ve lamba ışığının birlikte kullanımına (bütünleşik aydınlatma) olanak tanıyan düzenler oluşturulması, büyük önem taşımaktadır.

Bölüm 5.3'de de değinildiği gibi, aygıtların yakıp-söndürme (kullanım) durumlarının, otomatik olarak yapılması da, uygulamada özellikle enerji kullanımı yönünden önemli olan bir başka konudur.

8. ÖNERİLEN AYDINLATMA DÜZENİNİN UYGULANMASINA İLİŞKİN ALAN ÇALIŞMASI

Bilimsel verilere dayalı olarak, tasarlanan ve hesaplanan yapma aydınlatma düzenleri arasında, görsel konfor ve optimum enerji kullanımı yönünden en uygun sonucu veren düzenin, uygulamadaki durumunun incelenmesi ve denetlenmesi amacıyla, bir alan çalışması planlanmıştır. Bu çalışma için, çeşitli devlet okulları ve özel okullar arasında araştırma yapılmıştır. Çalışmada, gün boyunca, aydınlatma ile ilgili ölçümler ve öğrencilerle anket çalışması yapılacağından, dersliğin gün boyu aynı öğrenciler tarafından kullanıldığı tek öğretimli bir okul tercih edilmiştir. Bunun yanı sıra, alan çalışması yapılacak okuldaki derslik boyutlarının, seçilen tip derslik hacminin boyutlarına yakın olmasına da özen gösterilmiştir. Bu bağlamda, uygun bir derslik seçilmiştir*.

Dersliğin boyutları, 7.40 m. x 7.40 m. x 3.10 m.dir. Pencere sayısı dört olup, boyutları, 137cm.x137cm'dir ve batı yönüne bakmaktadır (Bkz. Şekil 8.1). Derslikte 24 öğrenci bulunmaktadır.



Şekil 8.1 İncelenen derslik hacminin plan ve kesiti

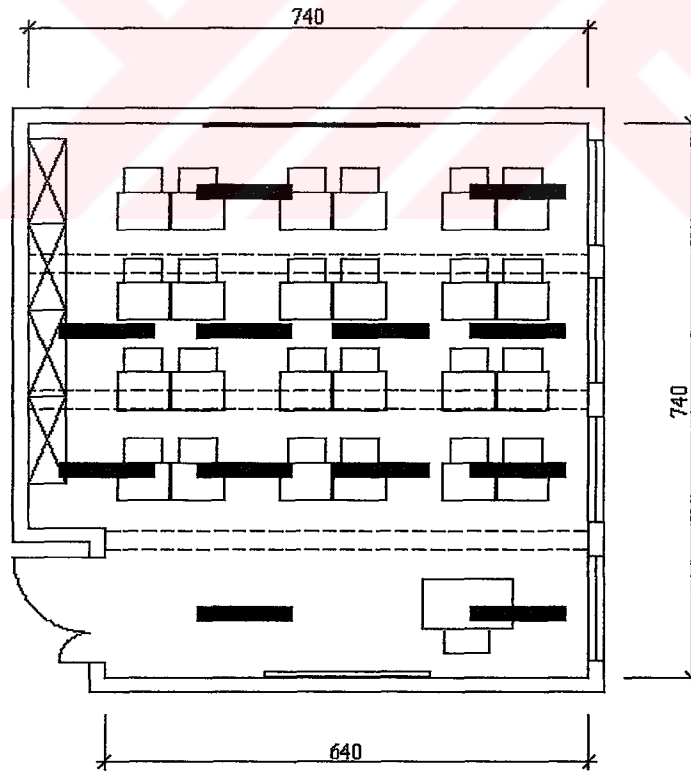
* Seçilen derslik, İstanbul, Feyziye Mektepleri Vakfı Özel Ayazağa Işık Lisesi, A Blok 3.katta yer almaktadır.

8.1 Mevcut Aydınlatma Düzeninin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi

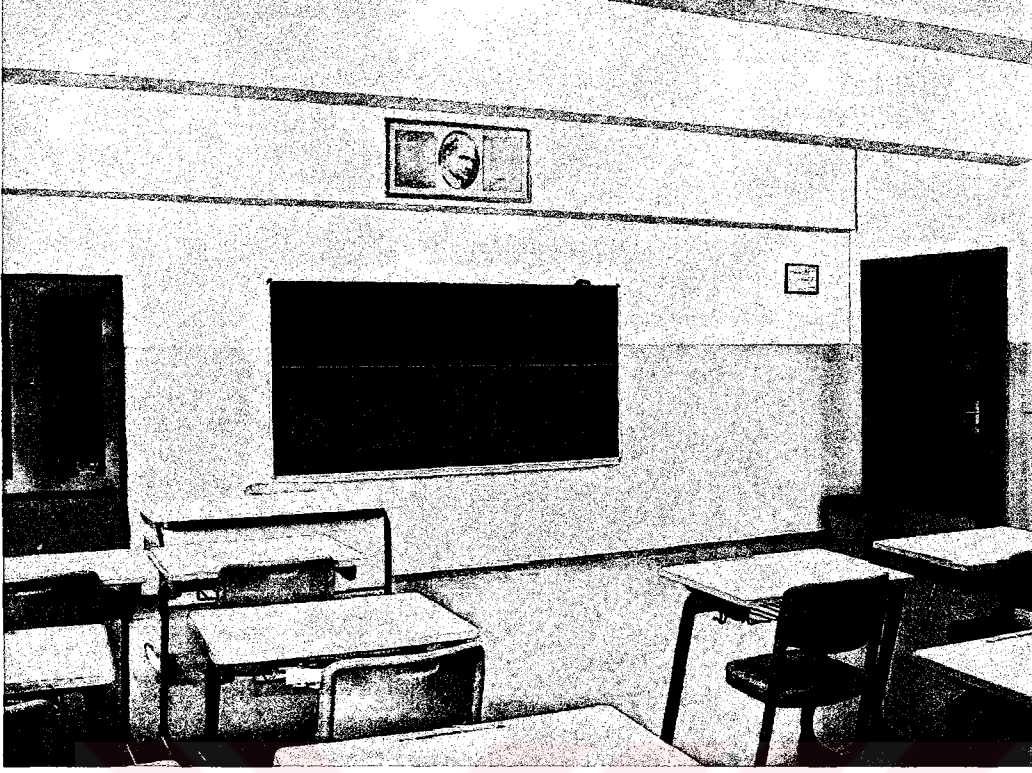
Önerilen düzen gerçekleştirilmeden önce, mevcut aydınlatma düzeninin durumu incelenmiş, aydınlık düzeyi ve ışıklılık ölçümleri yapılmış, öğrencilerin de izlenimlerini değerlendirmek üzere, anketler gerçekleştirilmiştir.

Aydınlatma aygıtları, Şekil 8.2’de görüldüğü gibi, tavanda yer alan kirişlerin aralarına, pencere düzlemine dik olarak yerleştirilmiştir.

- **Aygıt tipi:** Yansıtıcısız
- **Lamba tipi:** TL-D 54, 40W
- **Lambanın renk sıcaklığı:** 6200K
- **Lambanın renksel geriverim indeksi:** 72
- **Lambanın renksel geriverim sınıfı:** 2A
- **Lambanın ışık akısı:** 2500 lümen
- **Lambanın ömrü:** 13000 saat



Şekil 8.2 İncelenen derslik hacminin planı ve mevcut aydınlatma düzeni



Şekil 8.3 İncelenen derslik hacminin mevcut durumunu gösteren fotoğraf

Söz konusu derslik hacminde, mevcut yapma aydınlatmayı belirlemek amacıyla, gece koşullarında ve hacimde günışığı kullanımı açısından örnekler oluşturmak amacıyla da, 07.04.2004 tarihinde, 9.00, 12.00 ve 16.00 saatlerinde, aydınlık düzeyi ve ışıklılık ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler, yatayda, döşemeden 0.80 m. yüksekliğindeki çalışma düzlemi üzerindeki 16 noktada; düşeyde de, duvar yüzeyleri üzerinde, toplam 36 noktada yapılmıştır. Duvar yüzeylerinde yapılan ölçümler, görüş alanı içine giren yüzeylerin ışıklılığının uygun olup, olmadığını ve duvarların sergi amaçlı kullanımına olanak tanıyıp, tanımadığını saptamak için yapılmıştır. Çalışmada, LMT B360 (Aydınlık ölçer) ve Minolta LS110 (Işıklılık ölçer) marka ölçme aletleri kullanılmıştır. Ölçme aletlerinin teknik özellikleri:

- LMT B360 (Aydınlık ölçer):

Algılayıcı çapı: 15 mm.

Duyarlılık sınırı: 0.001 lm/m²-200 000 lm/m²

Doğruluk sınırı: %0.6

- Minolta LS110 (Işıklılık ölçer):

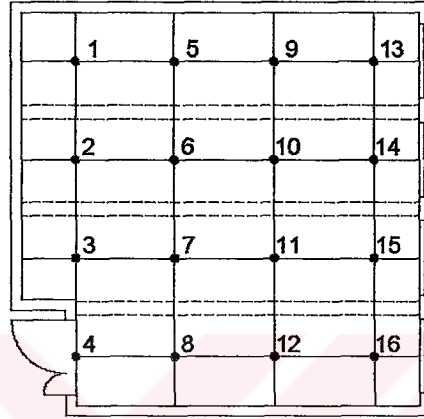
Ölçüm açısı: 9°

Duyarlılık sınırı: $0.01 \text{ cd/m}^2 - 999\,900 \text{ cd/m}^2$ (Hızlı)

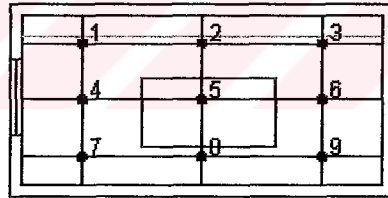
$0.01 \text{ cd/m}^2 - 499\,900 \text{ cd/m}^2$ (Yavaş)

Doğruluk sınırı: %2

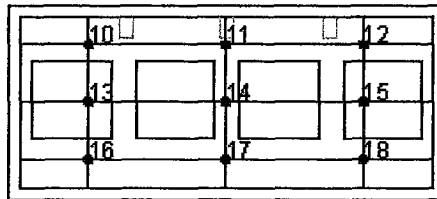
olarak verilmiştir. Ölçüm noktalarının konumları Şekil 8.4, 8.5, 8.6, 8.7 ve 8.8’de belirtilmiştir.



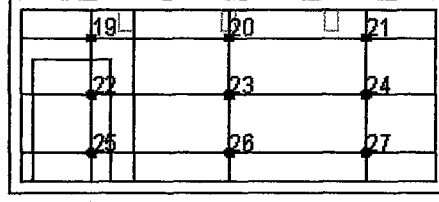
Şekil 8.4 Çalışma düzlemi üzerindeki ölçüm noktalarının konumları



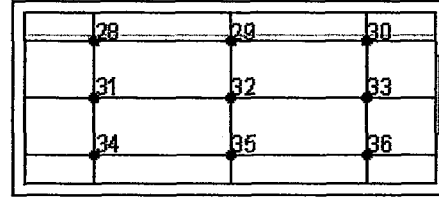
Şekil 8.5 Ön duvar üzerindeki ölçüm noktalarının konumları



Şekil 8.6 Sağ yan duvar üzerindeki ölçüm noktalarının konumları



Şekil 8.7 Sol yan duvar üzerindeki ölçüm noktalarının konumları



Şekil 8.8 Arka duvar üzerindeki ölçüm noktalarının konumları

8.1.1 Aydınlık Düzeyi Ölçümleri

Yalnızca lamba ışığı ile çalışma düzlemi üzerinde sağlanan aydınlık düzeyi değerleri Çizelge 8.1'de, duvar yüzeyleri üzerinde elde edilen aydınlık düzeyi değerleri ise, Çizelge 8.2'de verilmiştir.

Çizelge 8.1 Çalışma düzleminde lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri

Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	230	5	300	9	250	13	280
2	300	6	360	10	380	14	300
3	390	7	420	11	375	15	325
4	320	8	350	12	300	16	275

Çizelge 8.2 Duvar yüzeylerinde lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri

Ön duvar	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Sağ yan duvar	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Sol yan duvar	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Arka duvar	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	220	10	230	19	250	28	220
2	200	11	250	20	280	29	250
3	170	12	230	21	220	30	250
4	200	13	210	22	220	31	150
5	180	14	240	23	250	32	180
6	160	15	200	24	200	33	150
7	150	16	180	25	150	34	120
8	140	17	160	26	180	35	150
9	140	18	180	27	130	36	130

Saat 9.00'da yalnızca günışığı ile çalışma düzlemi üzerinde sağlanan aydınlık düzeyi değerleri Çizelge 8.3'de, duvar yüzeyleri üzerinde elde edilen aydınlık düzeyi değerleri ise, Çizelge 8.4'de verilmiştir. Bu saatte, dışarıda, pencere önündeki aydınlık düzeyi, 2000 lm/m²dir.

Çizelge 8.3 Saat 9.00'da çalışma düzlemi üzerinde günışığı aydınlık düzeyi değerleri

Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	70	5	85	9	120	13	230
2	70	6	100	10	160	14	260
3	65	7	100	11	170	15	300
4	50	8	75	12	125	16	270

Çizelge 8.4 Saat 9.00'da duvar yüzeylerinde günışığı aydınlık düzeyi değerleri

Ön duvar	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Sağ yan duvar	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Sol yan duvar	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Arka duvar	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	240	10	50	19	230	28	80
2	120	11	60	20	190	29	130
3	100	12	60	21	230	30	250
4	250	13	90	22	270	31	110
5	120	14	100	23	200	32	160
6	100	15	90	24	250	33	270
7	200	16	60	25	200	34	90
8	90	17	70	26	180	35	120
9	70	18	60	27	190	36	240

Saat 12.00'de yalnızca günışığı ile çalışma düzlemi üzerinde sağlanan aydınlık düzeyi değerleri Çizelge 8.5'de, duvar yüzeyleri üzerinde elde edilen aydınlık düzeyi değerleri ise, Çizelge 8.6'da verilmiştir. Bu saatte, dışarıda, pencere önündeki aydınlık düzeyi, 21000 lm/m²dir.

Çizelge 8.5 Saat 12.00'de çalışma düzlemi üzerinde günışığı aydınlık düzeyi değerleri

Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	200	5	300	9	520	13	2200
2	250	6	360	10	500	14	2000
3	200	7	320	11	600	15	2300
4	150	8	240	12	400	16	1800

Çizelge 8.6 Saat 12.00'de duvar yüzeylerinde günışığı aydınlık düzeyi değerleri

Ön duvar	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Sağ yan duvar	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Sol yan duvar	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Arka duvar	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	700	10	300	19	320	28	210
2	200	11	280	20	300	29	250
3	100	12	300	21	310	30	1000
4	850	13	350	22	320	31	200
5	240	14	300	23	300	32	270
6	150	15	350	24	300	33	1100
7	750	16	250	25	290	34	200
8	210	17	260	26	280	35	250
9	120	18	240	27	280	36	950

Saat 16.00'da yalnızca günışığı ile çalışma düzlemi üzerinde sağlanan aydınlık düzeyi değerleri Çizelge 8.7'de, duvar yüzeyleri üzerinde elde edilen aydınlık düzeyi değerleri ise, Çizelge 8.8'de verilmiştir. Bu saatte, dışarıda, pencere önündeki aydınlık düzeyi, 60000 lm/m²dir.

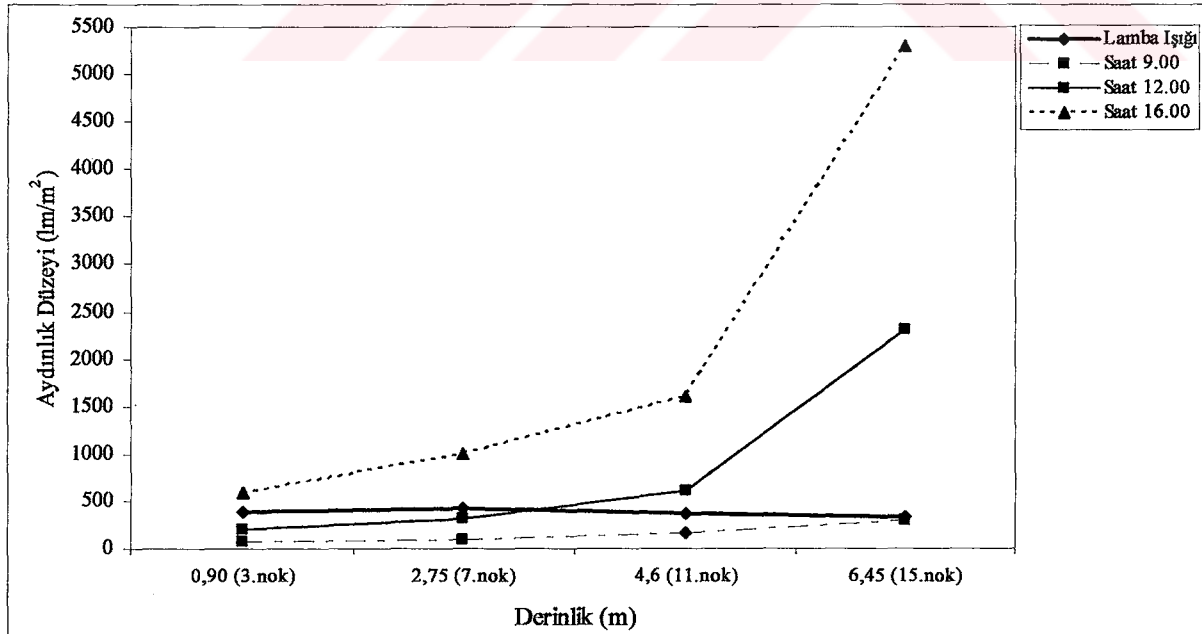
Çizelge 8.7 Saat 16.00'da çalışma düzlemi üzerinde günışığı aydınlık düzeyi değerleri

Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	580	5	900	9	1550	13	35000
2	600	6	950	10	1500	14	35000
3	590	7	1000	11	1600	15	5300
4	500	8	800	12	1200	16	3400

Çizelge 8.8 Saat 16.00'da duvar yüzeylerinde günışığı aydınlık düzeyi değerleri

Ön duvar	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Sağ yan duvar	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Sol yan duvar	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Arka duvar	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	2800	10	1800	19	800	28	400
2	900	11	1000	20	800	29	850
3	500	12	1900	21	750	30	2700
4	3000	13	1900	22	800	31	500
5	1000	14	1100	23	850	32	900
6	600	15	2000	24	750	33	2600
7	2900	16	1600	25	700	34	400
8	1000	17	1000	26	750	35	800
9	510	18	1800	27	700	36	2500

Mevcut aydınlatma düzeninde, lamba ışığı ile ve saat 9.00, 12.00, 16.00'da yalnızca günışığı ile hacim içinde sağlanan aydınlık dağılımı, kesit grafikte, Şekil 8.9'da verilmiştir.



Şekil 8.9 Mevcut aydınlatma düzeninde ölçülen aydınlık dağılımları

8.1.2 Işıklılık Ölçümleri

Yalnızca lamba ışığı kullanımı durumunda, çalışma düzlemi üzerinde ölçülen ışıklılık değerleri Çizelge 8.9'da, duvar yüzeyleri üzerinde ölçülen ışıklılık değerleri ise, Çizelge 8.10'da verilmiştir.

Çizelge 8.9 Çalışma düzleminde yalnızca lamba ışığı durumunda ölçülen ışıklılık değerleri

Ölçüm noktası	Işıklılık (cd/m ²)	Ölçüm noktası	Işıklılık (cd/m ²)	Ölçüm noktası	Işıklılık (cd/m ²)	Ölçüm noktası	Işıklılık (cd/m ²)
1	81	5	92	9	70	13	80
2	90	6	110	10	100	14	90
3	105	7	120	11	103	15	100
4	100	8	102	12	92	16	85

Çizelge 8.10 Duvar yüzeylerinde yalnızca lamba ışığı durumunda ölçülen ışıklılık değerleri

Ön duvar	Işıklılık (cd/m ²)	Sağ yan duvar	Işıklılık (cd/m ²)	Sol yan duvar	Işıklılık (cd/m ²)	Arka duvar	Işıklılık (cd/m ²)
1	65	10	82	19	60	28	75
2	55	11	85	20	70	29	60
3	60	12	80	21	50	30	65
4	62	13	34	22	40	31	70
5	14	14	80	23	75	32	40
6	45	15	38	24	70	33	85
7	50	16	25	25	30	34	35
8	28	17	27	26	35	35	30
9	30	18	25	27	30	36	28

Mevcut yapma aydınlatma düzeninde, tavan yüzeyi üzerinde ölçülen ışıklılık değerleri de, 42-53 cd/m² arasında değişmektedir.

Saat 9.00'da yalnızca günışığı aydınlığında, çalışma düzlemi üzerinde ölçülen ışıklılık değerleri Çizelge 8.11'de, duvar yüzeyleri üzerinde ölçülen ışıklılık değerleri ise, Çizelge 8.12'de verilmiştir.

Çizelge 8.11 Çalışma düzleminde, saat 9.00'da yalnızca günışığı aydınlığında ölçülen ışıklılık değerleri

Ölçüm noktası	Işıklılık (cd/m ²)	Ölçüm noktası	Işıklılık (cd/m ²)	Ölçüm noktası	Işıklılık (cd/m ²)	Ölçüm noktası	Işıklılık (cd/m ²)
1	15	5	20	9	25	13	95
2	16	6	22	10	28	14	77
3	19	7	25	11	35	15	62
4	10	8	17	12	30	16	50

Çizelge 8.12 Duvar yüzeylerinde, saat 9.00'da yalnızca günışığı aydınlığında ölçülen ışıklılık değerleri

Ön duvar	Işıklılık (cd/m ²)	Sağ yan duvar	Işıklılık (cd/m ²)	Sol yan duvar	Işıklılık (cd/m ²)	Arka duvar	Işıklılık (cd/m ²)
1	72	10	28	19	65	28	35
2	48	11	26	20	72	29	44
3	30	12	28	21	75	30	75
4	64	13	2100	22	45	31	32
5	5	14	30	23	65	32	12
6	32	15	2000	24	70	33	65
7	50	16	20	25	40	34	30
8	42	17	22	26	50	35	40
9	28	18	19	27	52	36	48

Saat 9.00'da tavan yüzeyi üzerinde ölçülen ışıklılık değerleri ise, 25-35 cd/m² arasında değişmektedir.

Saat 12.00'de yalnızca günışığı aydınlığında, çalışma düzlemi üzerinde ölçülen ışıklılık değerleri Çizelge 8.13'de, duvar yüzeyleri üzerinde ölçülen ışıklılık değerleri ise, Çizelge 8.14'de verilmiştir.

Çizelge 8.13 Çalışma düzleminde, saat 12.00'de yalnızca günışığı aydınlığında ölçülen ışıklılık değerleri

Ölçüm noktası	İşıklılık (cd/m ²)	Ölçüm noktası	İşıklılık (cd/m ²)	Ölçüm noktası	İşıklılık (cd/m ²)	Ölçüm noktası	İşıklılık (cd/m ²)
1	76	5	100	9	138	13	355
2	109	6	138	10	200	14	300
3	115	7	136	11	173	15	465
4	110	8	115	12	125	16	155

Çizelge 8.14 Duvar yüzeylerinde, saat 12.00'de yalnızca günışığı aydınlığında ölçülen ışıklılık değerleri

Ön duvar	İşıklılık (cd/m ²)	Sağ yan duvar	İşıklılık (cd/m ²)	Sol yan duvar	İşıklılık (cd/m ²)	Arka duvar	İşıklılık (cd/m ²)
1	190	10	85	19	145	28	100
2	75	11	90	20	142	29	150
3	60	12	87	21	130	30	360
4	194	13	7000	22	127	31	90
5	15	14	100	23	135	32	50
6	53	15	6800	24	120	33	310
7	210	16	70	25	125	34	40
8	50	17	75	26	130	35	66
9	43	18	70	27	122	36	250

Saat 12.00'de tavan yüzeyi üzerinde ölçülen ışıklılık değerleri ise, 68-180 cd/m² arasında değişmektedir.

Saat 16.00'da yalnızca günışığı aydınlığında, çalışma düzlemi üzerinde ölçülen ışıklılık değerleri Çizelge 8.15'de, duvar yüzeyleri üzerinde ölçülen ışıklılık değerleri ise, Çizelge 8.16'da verilmiştir.

Çizelge 8.15 Çalışma düzleminde, saat 16.00'da yalnızca günışığı aydınlığında ölçülen ışıklılık değerleri

Ölçüm noktası	Işıklılık (cd/m ²)	Ölçüm noktası	Işıklılık (cd/m ²)	Ölçüm noktası	Işıklılık (cd/m ²)	Ölçüm noktası	Işıklılık (cd/m ²)
1	125	5	190	9	320	13	8300
2	142	6	250	10	465	14	8200
3	119	7	210	11	400	15	7300
4	128	8	147	12	187	16	554

Çizelge 8.16 Duvar yüzeylerinde, saat 16.00'da yalnızca günışığı aydınlığında ölçülen ışıklılık değerleri

Ön duvar	Işıklılık (cd/m ²)	Sağ yan duvar	Işıklılık (cd/m ²)	Sol yan duvar	Işıklılık (cd/m ²)	Arka duvar	Işıklılık (cd/m ²)
1	190	10	400	19	310	28	150
2	150	11	430	20	300	29	170
3	65	12	420	21	280	30	650
4	165	13	1225	22	210	31	130
5	93	14	425	23	270	32	35
6	53	15	1500	24	250	33	570
7	150	16	320	25	188	34	100
8	75	17	380	26	200	35	145
9	40	18	300	27	190	36	450

Saat 16.00'da tavan yüzeyi üzerinde ölçülen ışıklılık değerleri ise, 100-770 cd/m² arasında değişmektedir.

8.1.3 Mevcut Aydınlatma Düzeninin Değerlendirilmesi

Bu bölümde, mevcut aydınlatma düzeni, yapılan ölçümler doğrultusunda, aydınlığın niceliği, niteliği ve sistemde harcanan enerji yönlerinden değerlendirilmiştir.

- **Aydınlığın niceliği:**

Mevcut yapma aydınlatma düzeninde, çalışma düzleminin üzerinde ölçüm yapılan noktalardaki aydınlık düzeyleri, sağlanması gereken minimum aydınlık düzeyi olan 500 lm/m^2 değerinin altındadır (Bkz. Çizelge 8.1). Aydınlatma aygıtlarının hacmin her yerine eşit sayıda ve aralıkta yerleştirilmemiş olması nedeniyle, bu aydınlık dağılımı, düzgün yayılmış bir özellik göstermemektedir. Çizelge 8.2'de görüldüğü gibi, duvar yüzeylerinde ölçme yapılan noktalardaki aydınlık düzeyleri, 150 - 250 lm/m^2 arasında değişmektedir. Bu değerler, düşey yüzeyler için kabul edilebilir olmakla beraber, düzgün bir dağılım oluşturmamaktadır. Yazı tahtası üzerinde ise, yaklaşık 180 lm/m^2 olarak ölçülen aydınlık düzeyi, bölge aydınlatma için yeterli olmamaktadır.

Hacimde günışığı kullanımı açısından örnekleme oluşturmak amacıyla, 07.04.2004 tarihinde ölçülen günışığı aydınlık düzeyi değerleri incelendiğinde, sabah saatlerinde, çalışma düzlemi üzerinde ölçüm yapılan hiç bir noktada, gerekli aydınlık düzeyinin sağlanamadığı görülmektedir. Pencereye en yakın ölçüm noktalarında, saat 12.00'den sonra ve saat 16.00'da hacmin tüm noktalarında, değerler, gerekli aydınlık düzeyini sağlamaktadır. Bu durumda, sabah saatlerinde, yapma aydınlatma sisteminin tümüyle kullanılması, saat 12.00'de de pencereden yaklaşık olarak 3.00 m. uzaklıktan itibaren günışığı aydınlığının yapma aydınlatma sistemi ile desteklenmesi gerekmektedir. Yazı tahtası üzerinde, günışığı ile elde edilen düşey aydınlık düzeyi, yalnızca, saat 16.00'da standartlarca önerilen değeri sağlamaktadır (Bkz. Çizelge 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8).

- **Aydınlığın niteliği:**

Işığın rengi: Aydınlatma aygıtlarının içinde bulunan TL-D 54 tipi çizgisel flüoresan lambanın renksel geriverimi 72 ve renksel geriverim sınıfı 2A'dır. Bu değer, standartlarda renksel geriverimin 80 ve renksel geriverim sınıfının 1B olması gerektiği belirtilen derslik hacimleri için uygun değildir. Lambanın renk sıcaklığının ise, standartlarda, 2900K - 4300K arasında olması gerektiği belirtilirken, bu hacimde kullanılan lambanın renk sıcaklığı 6200K'dir.

Işığın doğrultusal yapısı ve gölge niteliği: Mevcut aydınlatma düzeninde, belli oranda yayınlık bir ışık alanı söz konusudur. Aydınlatma aygıtları, bakış doğrultusuna dik olarak yerleştirildiğinden, lambaların ışık dağılım özelliklerine ters düşmektedir. Ayrıca, günışığı aydınlığı söz konusu olduğunda da, batı yönüne bakan bu derslikte, öğleden sonra, dolaysız olarak gelmeye başlayan güneş ışığı nedeniyle, özellikle masa düzlemi üzerinde sert gölgeler

oluşabilmektedir. Bu durum, dolaysız güneş ışığının, çalışma düzlemi, yazı tahtası ve iç yüzeyler üzerinde oluşturabileceği yüksek ışıklılık karşıtları açısından da olumsuzdur. İncelenen derslikte, bunu önlemek amacıyla, koyu renkli perdeler kullanılmaktadır. Perde kullanılmasıyla, hacim içinde, çeşitli yüzeylerde olabilen ışıklılık karşıtlıklarının önlenmesine karşın, hacme giren günışığı aydınlığının niceliği azalmaktadır. Bu nedenle, özellikle, batı, güney ve doğu gibi dolaysız güneş ışığı alan hacimlerde, yöne göre, yatay ya da düşey elemanlardan oluşan ve aydınlığın niceliğini azaltmayacak biçimde tasarlanan, parçalı güneşkırınların kullanılması doğru olur.

Aydınlık düzeyi dağılımları: Mevcut düzende, aydınlatma aygıtları, hacim içinde düzgün bir biçimde yerleştirilmediğinden, çalışma düzlemi ve iç yüzeyler üzerindeki aydınlık düzeyi dağılımları düzgün değildir.

Çevrede yer alan yüzeylerin özellikleri: İncelenen hacmin iç yüzeylerinin yansıtma çarpanları, r_{tavan} : 0.70; r_{duvarlar} : 0.50 ve $r_{\text{döşeme}}$: 0.40 olarak belirlenmiş olup, olması gereken sınırlar içindedir. Ancak yazı tahtası, üzerinde bulunduğu duvara göre daha koyu renkli olması nedeniyle, ışıklılığı daha düşük olduğundan, aydınlatma tekniği açısından olumsuzdur. Çünkü, yukarıda belirtildiği gibi, bakılan alan ve yakın çevresi arasındaki ışıklılık karşıtlığının, 3/1-1 oranları arasında olması gerekmektedir. Parlak malzeme ile kaplı masa yüzeylerinin, yansıma ile kamaşmaya neden olduğu gözlenmiştir.

İşıklılık ve kamaşma: Yapma aydınlatma düzeninde, çalışma düzlemi ve iç yüzeylerde ölçülen ışıklılık değerleri incelendiğinde (Bkz. Çizelge 8.9, 8.10), bakılan alan ve yakın çevresi arasındaki ışıklılık karşıtlığının, 3/1-1 oranları arasında olduğu görülmektedir. Mevcut düzendeki lambalar, önünde palet vb. nesnelerle maskelenmeyip, çıplak olarak kullanıldığından, tavanda yer alan kirişler belli ölçüde engellese bile, görme alanı içine girmekte ve dolaysız kamaşmaya neden olmaktadır. En arka sıradan, yazı tahtasına doğru bakıldığında, görme alanı içine giren lambaların ışıklılığı, 8000 cd/m^2 olarak ölçülmüştür.

- **Enerji harcaması:**

Mevcut aydınlatma düzeninde, aygıtların, yansıtıcısız olarak kullanılması nedeniyle, aydınlık, çalışma düzlemi yerine, tavan ve duvar yüzeylerine yönlenerak, boşa harcanıp, enerji kullanımı açısından olumsuz bir durum oluşturmaktadır.

Söz konusu düzende, içinde birer adet 40W gücünde flüoresan lamba bulunan 12 adet aydınlatma aygıtı bulunmaktadır. Bu hacimde, çalışma düzlemi üzerinde ölçülen ortalama aydınlık düzeyi yaklaşık 300 lm/m^2 'dir. Sistemde harcanan güç, balast kayıpları ile birlikte,

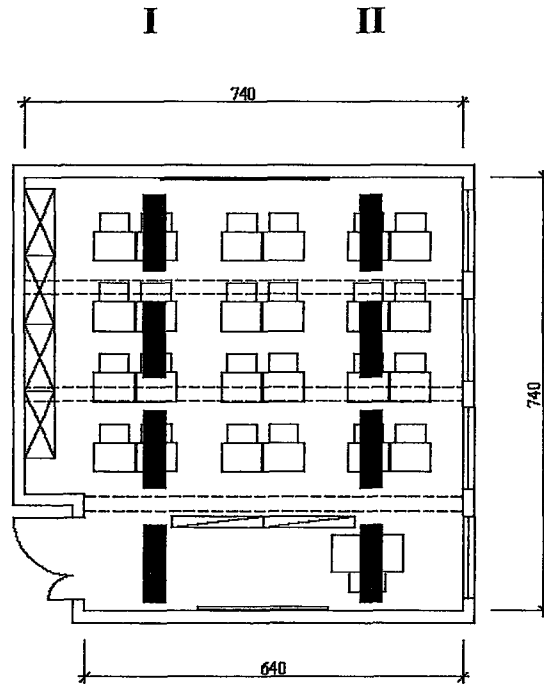
588 W'dır. Buna göre, 1 lm/m² yi elde etmek için harcanan güç, 1.96 W olarak hesaplanmaktadır.

Ayrıca, söz konusu derslik hacminde, mevcut aydınlatma düzeni, günışığı ile lamba ışığının birlikte ele alındığı bütünleşik aydınlatma kullanımına uygun olarak kurulmamıştır. Aygıtlar, pencere düzlemine ve bakış doğrultusuna paralel ışık bantları oluşturacak biçimde düzenlenmediğinden, hacimdeki günışığı aydınlık düzeyine bağlı olarak sıra ile yakılık söndürülmeye uygun bir düzen oluşturmamaktadır. Mevcut aydınlatma düzeninin gün boyunca kullanımında, enerjinin korunumu açısından, günışığından gerekli ve yeterli ölçüde yararlanılamamaktadır.

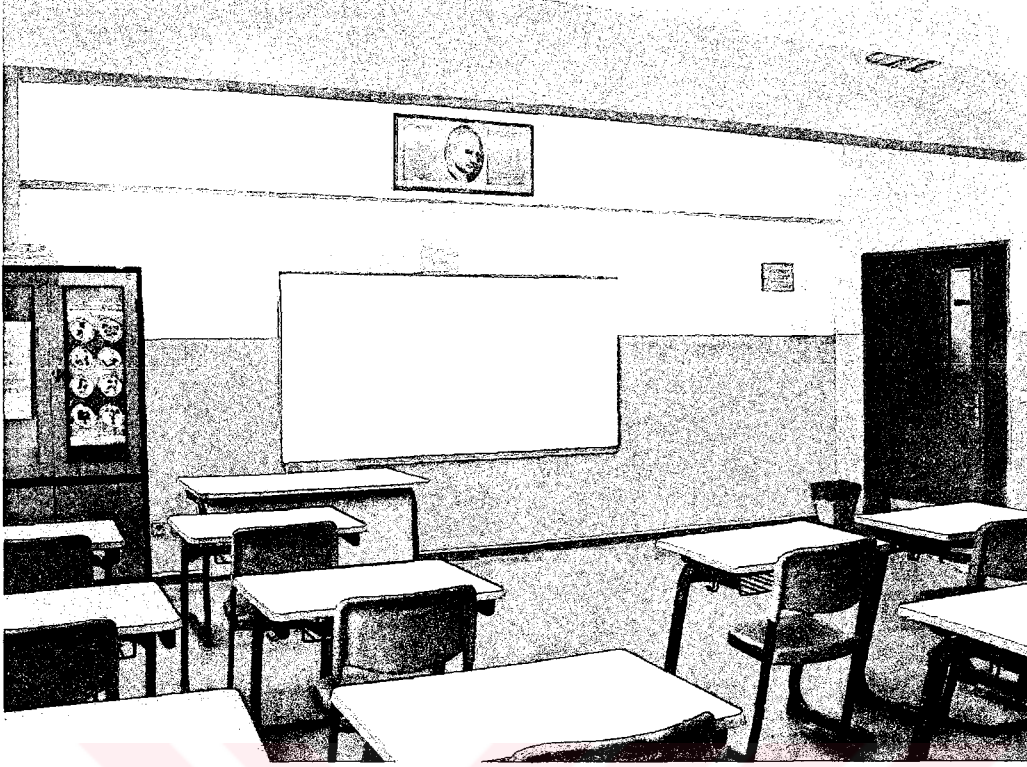
Derslik hacmindeki mevcut aydınlatma düzeni ile ilgili olarak, öğrencilerin görüşlerini almak amacıyla gerçekleştirilen anket çalışması, Bölüm 8.3.1'de verilmiştir.

8.2 Önerilen Aydınlatma Düzeni

Söz konusu derslik hacminde, mevcut aydınlatmayı, yapılan değerlendirme doğrultusunda, nicelik ve nitelik yönünden iyileştirmek ve optimum enerji kullanımı sağlamak amacıyla, yeni bir yapma aydınlatma düzeni önerilmiş ve uygulanmıştır. Bu düzen, 7. Bölüm'de açıklanan on düzen arasında en uygun nitelik ve optimum enerji kullanımı sağlayan, D1 tipi aygıtlarla kurulan aydınlatma düzenidir (Bkz. Bölüm 7.2.3.1). Önerilen yeni düzende, genel ve bölgesel aydınlatma için seçilen aygıtların hacim içindeki yerleşimi Şekil 8.10'da gösterilmiştir.



Şekil 8.10 Önerilen aydınlatma düzeni



Şekil 8.11 İncelenen derslik hacminde önerilen aydınlatma düzenini gösteren fotoğraf

Söz konusu derslik hacminde, mevcut aydınlatma düzeni gibi, önerilen düzeni de değerlendirebilmek amacıyla, aydınlık düzeyi ve ışıklılık ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler, yapma aydınlatmayı belirlemek amacıyla, gece koşullarında ve günışığı ve lamba ışığının birlikte kullanımı (bütünleşik aydınlatma) ile ilgili örnekleme oluşturmak amacıyla da, 24.05.2004 tarihinde, saat 9.00'da gerçekleştirilmiştir. Aydınlık düzeyi ve ışıklılık ölçümleri, yatayda, döşemeden 0.80 m. yüksekliğindeki çalışma düzlemi üzerindeki 16 noktada; düşeyde de, duvar yüzeyleri üzerinde, toplam 36 noktada yapılmıştır.

8.2.1 Aydınlık Düzeyi Ölçümleri

Çalışma düzlemi üzerinde, yalnızca lamba ışığı ile sağlanan aydınlık düzeyi değerleri Çizelge 8.17'de, duvar yüzeyleri üzerinde elde edilen aydınlık düzeyi değerleri ise, Çizelge 8.18'de verilmiştir.

Çizelge 8.17 Önerilen düzende, çalışma düzleminde lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri

Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	590	5	620	9	620	13	600
2	700	6	740	10	740	14	720
3	710	7	755	11	750	15	700
4	640	8	800	12	760	16	650

Çizelge 8.18 Önerilen düzende, duvar yüzeylerinde lamba ışığı aydınlık düzeyi değerleri

Ön duvar	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Sağ yan duvar	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Sol yan duvar	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Arka duvar	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	600	10	375	19	360	28	350
2	620	11	340	20	320	29	290
3	580	12	375	21	255	30	350
4	560	13	370	22	350	31	330
5	510	14	320	23	300	32	240
6	550	15	380	24	240	33	330
7	450	16	250	25	325	34	300
8	420	17	280	26	280	35	220
9	450	18	270	27	220	36	310

Saat 9.00'da yalnızca günışığı ile çalışma düzlemi üzerinde sağlanan aydınlık düzeyi değerleri Çizelge 8.19'da, duvar yüzeyleri üzerinde elde edilen aydınlık düzeyi değerleri ise, Çizelge 8.20'de verilmiştir. Bu saatte, dışarıda, pencere önündeki aydınlık düzeyi, 6000 lm/m²dir.

Çizelge 8.19 Saat 9.00'da çalışma düzlemi üzerinde günışığı aydınlık düzeyi değerleri

Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	100	5	200	9	280	13	640
2	125	6	235	10	350	14	670
3	130	7	250	11	370	15	700
4	135	8	240	12	320	16	710

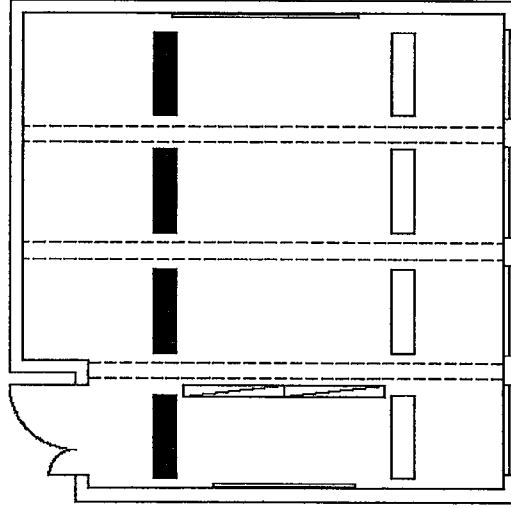
Çizelge 8.20 Saat 9.00'da duvar yüzeylerinde günışığı aydınlık düzeyi değerleri

Ön duvar	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Sağ yan duvar	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Sol yan duvar	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Arka duvar	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	310	10	180	19	410	28	175
2	300	11	170	20	430	29	250
3	280	12	180	21	400	30	490
4	300	13	180	22	400	31	180
5	300	14	165	23	440	32	250
6	260	15	175	24	380	33	450
7	290	16	170	25	400	34	165
8	290	17	160	26	410	35	240
9	240	18	165	27	380	36	430

Aynı gün ve saatte, çalışma düzlemi üzerindeki günışığı aydınlığını desteklemek amacıyla, I numaralı aygıt sırası yakılmıştır. Bu durumda, yanması gereken aygıt sırasını gösteren plan Şekil 8.12'de, çalışma düzlemi üzerinde bütünleşik aydınlatma düzeni ile oluşan aydınlık düzeyi değerleri, Çizelge 8.21'de; hacimdeki aydınlık dağılımı ise, kesit grafikte, Şekil 8.13'de verilmiştir.

I

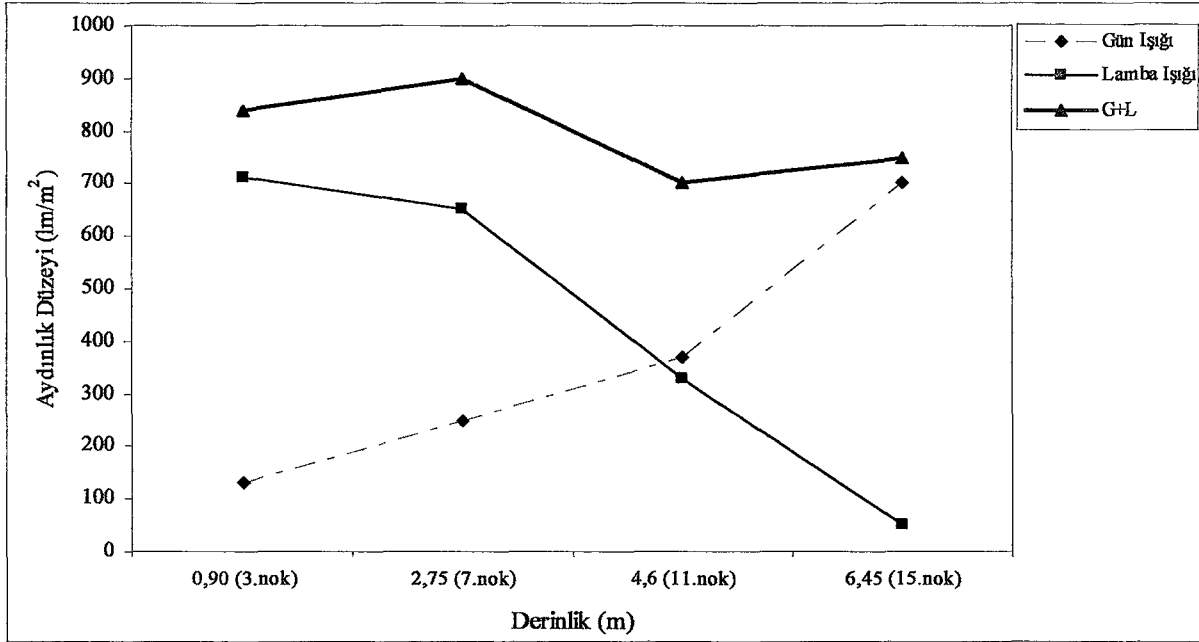
II



Şekil 8.12 Önerilen düzende, 24.05.2004 saat 9.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeni

Çizelge 8.21 Saat 9.00'da çalışma düzlemi üzerinde lamba ışığı desteği (bütünleşik aydınlatma) ile oluşan aydınlık düzeyi değerleri

Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Ölçüm noktası	Aydınlık düzeyi (lm/m ²)
1	690	5	750	9	510	13	650
2	825	6	865	10	610	14	770
3	840	7	900	11	700	15	750
4	775	8	970	12	950	16	785



Şekil 8.13 Önerilen düzende, 24.05.2004 saat 9.00 için kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde aydınlık dağılımları

8.2.2 Işıklılık Ölçümleri

Yalnızca lamba ışığı kullanımı durumunda, çalışma düzlemi üzerinde ölçülen ışıklılık değerleri Çizelge 8.22’de, duvar yüzeyleri üzerinde ölçülen ışıklılık değerleri ise, Çizelge 8.23’de verilmiştir.

Çizelge 8.22 Çalışma düzleminde yalnızca lamba ışığı durumunda ölçülen ışıklılık değerleri

Ölçüm noktası	Işıklılık (cd/m ²)	Ölçüm noktası	Işıklılık (cd/m ²)	Ölçüm noktası	Işıklılık (cd/m ²)	Ölçüm noktası	Işıklılık (cd/m ²)
1	90	5	115	9	100	13	105
2	110	6	136	10	120	14	190
3	115	7	150	11	145	15	170
4	122	8	190	12	195	16	130

Çizelge 8.23 Duvar yüzeylerinde yalnızca lamba ışığı durumunda ölçülen ışıklılık değerleri

Ön duvar	İşıklılık (cd/m ²)	Sağ yan duvar	İşıklılık (cd/m ²)	Sol yan duvar	İşıklılık (cd/m ²)	Arka duvar	İşıklılık (cd/m ²)
1	220	10	76	19	48	28	160
2	230	11	78	20	45	29	110
3	220	12	78	21	32	30	165
4	190	13	60	22	28	31	145
5	200	14	60	23	40	32	50
6	170	15	75	24	30	33	150
7	160	16	55	25	23	34	110
8	170	17	55	26	32	35	75
9	165	18	60	27	28	36	115

Önerilen yapma aydınlatma düzeninde, tavan yüzeyi üzerinde ölçülen ışıklılık değerleri de, 41-55 cd/m² arasında değişmektedir.

Önerilen düzenleme için, 24.05.2004 tarihinde, saat 9.00'da yalnızca günışığı aydınlığında, çalışma düzlemi üzerinde ölçülen ışıklılık değerleri Çizelge 8.24'de, duvar yüzeyleri üzerinde ölçülen ışıklılık değerleri ise, Çizelge 8.25'de verilmiştir.

Çizelge 8.24 Çalışma düzleminde, saat 9.00'da yalnızca günışığı aydınlığında ölçülen ışıklılık değerleri

Ölçüm noktası	İşıklılık (cd/m ²)	Ölçüm noktası	İşıklılık (cd/m ²)	Ölçüm noktası	İşıklılık (cd/m ²)	Ölçüm noktası	İşıklılık (cd/m ²)
1	30	5	38	9	58	13	160
2	35	6	45	10	67	14	135
3	45	7	50	11	70	15	140
4	42	8	50	12	63	16	110

Çizelge 8.25 Duvar yüzeylerinde, saat 9.00'da yalnızca günışığı aydınlığında ölçülen ışıklılık değerleri

Ön duvar	İşıklılık (cd/m ²)	Sağ yan duvar	İşıklılık (cd/m ²)	Sol yan duvar	İşıklılık (cd/m ²)	Arka duvar	İşıklılık (cd/m ²)
1	85	10	63	19	130	28	50
2	78	11	58	20	125	29	65
3	75	12	62	21	110	30	130
4	85	13	2800	22	50	31	55
5	80	14	65	23	120	32	40
6	75	15	3000	24	100	33	120
7	80	16	55	25	48	34	45
8	70	17	50	26	100	35	60
9	65	18	55	27	85	36	110

Saat 9.00'da tavan yüzeyi üzerinde ölçülen ışıklılık değerleri ise, 50-60 cd/m² arasında değişmektedir.

Aynı gün ve saatte, çalışma düzlemi üzerindeki günışığı aydınlığını desteklemek amacıyla, uygulanan bütünleşik aydınlatma düzeninde oluşan ışıklılık değerleri, Çizelge 8.26'da verilmiştir.

Çizelge 8.26 Saat 9.00'da çalışma düzlemi üzerinde lamba ışığı desteği (bütünleşik aydınlatma) ile oluşan ışıklılık değerleri

Ölçüm noktası	İşıklılık (cd/m ²)	Ölçüm noktası	İşıklılık (cd/m ²)	Ölçüm noktası	İşıklılık (cd/m ²)	Ölçüm noktası	İşıklılık (cd/m ²)
1	110	5	140	9	80	13	170
2	125	6	155	10	90	14	175
3	140	7	180	11	110	15	250
4	135	8	230	12	200	16	255

8.2.3 Önerilen Aydınlatma Düzeninin Değerlendirilmesi

Bu bölümde, önerilen aydınlatma düzeni, yapılan ölçümler doğrultusunda, aydınlığın niceliği, niteliği ve sistemde harcanan enerji yönlerinden değerlendirilmiştir.

- **Aydınlığın niceliği:**

Önerilen aydınlatma düzeninde, çalışma düzleminin üzerinde ölçüm yapılan noktalardaki aydınlık düzeyi değerleri, 500 lm/m^2 'nin üzerindedir (Bkz. Çizelge 8.17). D1 tipi aygıtla kurulan bu düzende oluşan aydınlık dağılımı düzgün yayılmıştır. Çizelge 8.18'de görüldüğü gibi, duvar yüzeylerinde ölçme yapılan noktalardaki aydınlık düzeyleri, ön duvarda, 510 - 560 lm/m^2 arasında, öteki duvar yüzeylerinde, 240 - 380 lm/m^2 arasında değişmektedir. Bu değerler, düzgün bir dağılım göstermektedir. Yazı tahtası üzerinde ise, yaklaşık 510 lm/m^2 olarak ölçülen aydınlık düzeyi, bölgesel aydınlatma için kabul edilebilir bir düzeydir.

Günlüğü ve lamba ışığının birlikte kullanımına (bütünleşik aydınlatma) ilişkin bir örnek oluşturmak amacıyla, 24.05.2004 tarihinde, saat 9.00'da ölçülen günlük aydınlık düzeyi değerleri incelendiğinde, çalışma düzlemi üzerinde pencereye en yakın noktalar dışında, gerekli aydınlık düzeyinin sağlanamadığı görülmektedir (Bkz. Çizelge 8.19). Bu aydınlığı lamba ışığı ile desteklemek amacıyla, yapma aydınlatma düzenindeki I numaralı aygıt sırası yakılmıştır. Bu durumda kurulan bütünleşik aydınlatma düzeninde, günlük aydınlık düzeyi lamba ışığı aydınlığı ile belli bir yaklaşıklıkla dengelenmiş ve ölçüm yapılan her noktada min. 500 lm/m^2 değeri sağlanmıştır.

- **Aydınlığın niteliği:**

Işığın rengi: Seçilen aydınlatma aygıtlarının içinde bulunan TL-5 tipi çizgisel flüoresan lambanın renksel geriverimi $R_a > 85$ ve renksel geriverim sınıfı 1B'dir. Bu değerler, standartlara göre, derslik hacimleri için uygundur. Lambanın renk sıcaklığı ise, standartlarda, 4000K olarak, belirtilen sınırlar içindedir (Bkz. Bölüm 4.3.1).

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

Aydınlık düzeyi dağılımları: Önerilen aydınlatma düzeninde, yatay çalışma düzlemi ve düşey yazı tahtası üzerinde, en az aydınlık düzeyinin, ortalama aydınlık düzeyine oranı ile tanımlanan düzgünlük değeri $E_{\min}/E_{\text{ort}} > 0.70$ olarak hesaplanmıştır. Böylece, hacimde, kabul edilebilir düzgün yayılmış bir aydınlık sağlanmıştır. Aynı zamanda, arka duvar üzerindeki aydınlık düzeyi dağılımı, pano, tablo vb. sergi alanına olanak vermesi açısından olumludur.

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

Işıklılık ve kamaşma: Önerilen yapma aydınlatma düzeninde, çalışma düzlemi ve iç yüzeylerde ölçülen ışıklılık değerleri incelendiğinde (Bkz. Çizelge 8.22, 8.23), bakılan alan ve yakın çevresi arasındaki ışıklılık karşıtlığının, 3/1-1 oranları arasında olduğu görülmektedir. Işıklılık dağılımı ise, çalışma düzlemi ve iç yüzeylerde düzgün yayılmış bir özellik göstermektedir. Önerilen düzendeki aydınlatma aygıtları, paletli olarak kullanıldığından, görme alanı içinde dolaysız kamaşma oluşturmamaktadır. En arka sıradan, yazı tahtasına doğru bakıldığında, görme alanı içine giren aygıtların ışıklılığı, 200 cd/m^2 olarak ölçülmüştür. Seçilen bu aygıt, bakış doğrultusundaki ışıklılığının düşük olması nedeniyle, yani, kamaşma kontrolü olduğundan, bilgisayar kullanılan derslikler için de uygundur. Böylece, monitör (VDU) ekranı üzerinde aygıt görüntüsünün oluşarak maskeleye yansımaya neden olma durumu denetlenmiştir.

- **Enerji harcaması:**

Önerilen aydınlatma düzeninde, aygıtlar, yansıtıcı ve paletli olarak kullanıldığından, aydınlık, daha çok çalışma düzlemine yönelmiştir. Bu nedenle, hacmin iç yüzeylerinden yansıyarak, boşa harcanan aydınlık, dolayısıyla enerji, azalarak, enerji kullanımı açısından olumlu bir durum oluşmuştur.

Önerilen düzende, kullanılan aygıt adedi, genel aydınlatma için, 8, bölgesel aydınlatma için 2 olmak üzere, toplam 10; lamba adedi ise 16 adet 28W, 2 adet 58W olmak üzere, toplam 18'dir. Bu hacimde, çalışma düzlemi üzerinde ölçülen ortalama aydınlık düzeyi yaklaşık 700 lm/m^2 (ilk yapım sırasında ölçülen aydınlık düzeyi) olup, sistemde harcanan güç, balast kayıpları ile birlikte, 654W'dır. Buna göre, 1 lm/m^2 yi elde etmek için harcanan güç, 0.93 W olarak hesaplanmaktadır. İlk yapım sırasında ölçülen bu aydınlık düzeyi, belli bir kullanım süresi sonunda, önerilen düzeye doğru azalma gösterecektir.

Mevcut ve önerilen aydınlatma düzenlerinin, ortalama aydınlık düzeyi, sistem gücü ve 1 lm/m^2 için harcanan güç açısından karşılaştırması Çizelge 8.27'de verilmiştir.

Çizelge 8.27 Mevcut ve önerilen aydınlatma düzenlerinin enerji harcaması yönünden karşılaştırması

Aydınlatma düzeni	Ortalama aydınlık düzeyi (lm/m ²)	Sistem gücü (W)	1lm/m ² için harcanan güç (W/lm/m ²)
Mevcut	300	588	1.96
Önerilen	700	654	0.93

Yeni düzende harcanan güç (654W), mevcut düzende harcanan güce (588W) göre, %11 oranında artmasına karşın, hacimde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi, % 133 oranında artarak, standartlarca belirlenen düzeye çıkarılmıştır. Bu durumda, derslikte, 1 lm/m² yi sağlamak için harcanan güç, önerilen aydınlatma düzeni ile, % 52 oranında azaltılarak, 1.96W'tan, 0.93W'a düşürülmüştür. Önerilen düzende, kullanılan lamba tipinin elektronik balastlı ve uzun ömürlü (20000 saat) olması nedeniyle de, sistemin bakım kolaylığı sağlanmış ve bakım maliyeti en aza indirilmiştir.

Görsel konfor ve enerji harcaması yönünden uygun olarak kurulan bu aydınlatma düzeninin gün boyunca kullanımında, enerjinin korunumu açısından, günışığı ile lamba ışığının birlikte ele alındığı bütünleşik aydınlatma düzeni de önerilmiştir. Aygıtlar, pencere düzlemine ve bakış doğrultusuna paralel ışık bantları oluşturacak biçimde yerleştirilerek, hacimdeki günışığı aydınlık düzeyine bağlı olarak sıra ile yakılıp söndürülmeye uygun bir düzen oluşturulmuştur. Hacimdeki günışığı aydınlık düzeyine göre, önerilen aydınlatma düzeninin gün boyunca kullanımında da, enerjinin korunumu sağlanmış olacaktır. Sonuç olarak, söz konusu derslik hacminde, önerilen yeni düzen ile, hem standartlarca uygun nicelik ve nitelikte aydınlatma ile görsel konfor oluşturulmuş, hem de ilk yapım ve kullanım süresindeki enerji harcaması azaltılarak, optimum enerji kullanımı sağlanmıştır.

Derslik hacmindeki önerilen yeni aydınlatma düzeni ile ilgili olarak, öğrencilerin görüşlerini almak amacıyla gerçekleştirilen anket çalışması, Bölüm 8.3.1'de verilmiştir.

8.3 Anket Çalışması

Alan çalışmasının uygulandığı derslik hacminde, mevcut aydınlatma düzeni ve önerilen aydınlatma düzeni ile ilgili olarak, öğrencilerin görüşlerini almak amacıyla, her iki durum için, anket çalışması yapılmıştır.

Her iki anket çalışmasına da 100 öğrenci katılmıştır. Öğrencilerin 58'i erkek, 42'si kız olup, yaşları 15-17 arasında değişmektedir. Anket soruları, Ek'de verilmiştir.

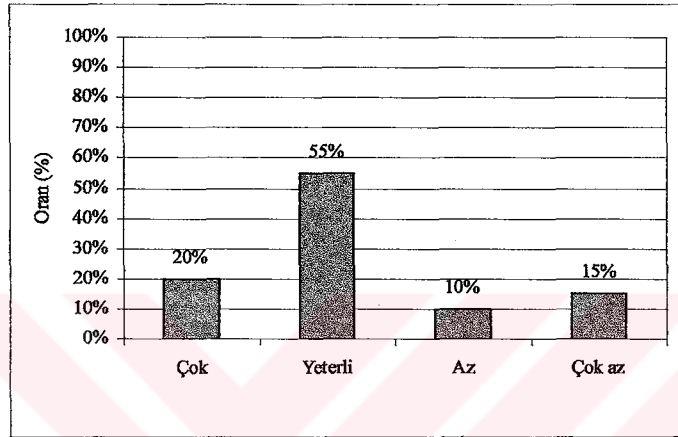
8.3.1. Anket Yanıtlarının Değerlendirilmesi

Anket yanıtlarının değerlendirmesi, mevcut durum ve öneri durum için ayrı ayrı belirtilmiştir.

- **Mevcut aydınlatma düzeni:**

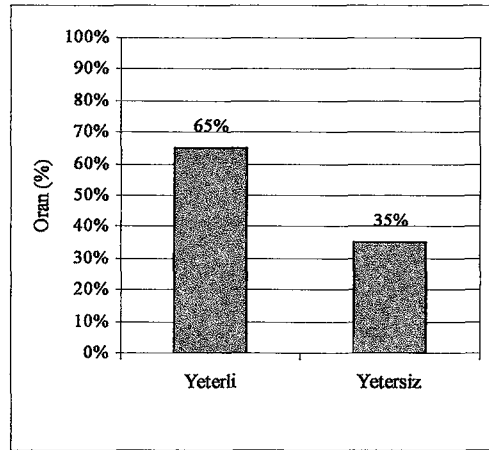
Günüşiği ile Aydınlatma:

1. Yalnızca, günüşiğinin olduğu durumda, öğrencilerin %55'i, masaların üzerindeki aydınlık düzeyini yeterli; %20'si çok; %10'u az, %15'i çok az olarak değerlendirmiştir.



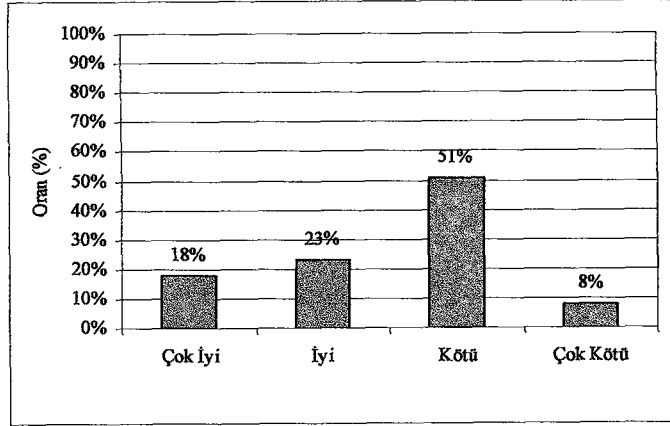
Şekil 8.14 Yalnızca günüşiği aydınlığında, masa üzerindeki aydınlık düzeyi değerlendirilmesi

2. Aynı durumda, yazı tahtasının üzerindeki aydınlık, öğrencilerin %65'i tarafından yeterli; %35'i tarafından yetersiz bulunmuştur.



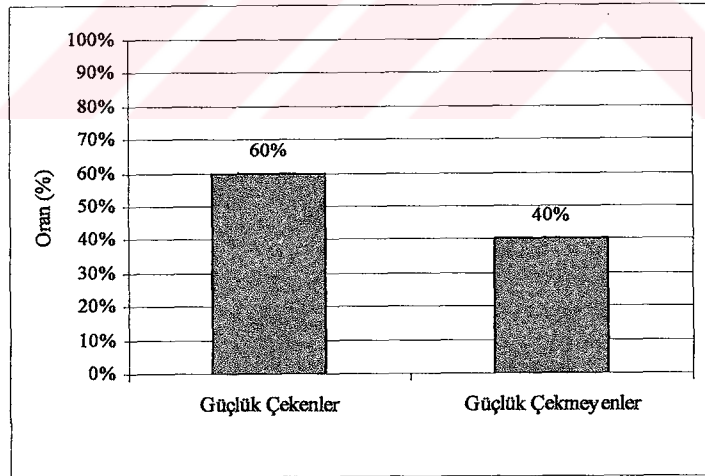
Şekil 8.15 Yalnızca günüşiği aydınlığında, yazı tahtası üzerindeki aydınlık düzeyi değerlendirilmesi

3. Öğrencilerin, %51'i, yazı tahtası üzerinde yazılanları, kötü; %23'ü iyi; %18'i çok iyi; %8'i çok kötü olarak algıladığını belirtmiştir.



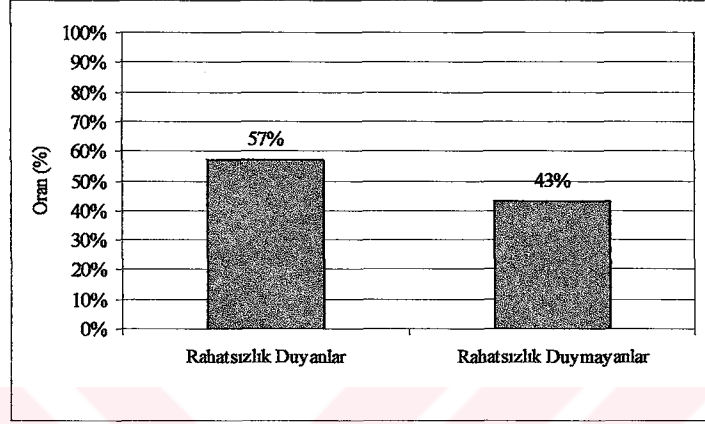
Şekil 8.16 Yalnızca günışığı aydınlığında, yazı tahtası üzerinde yazılanların algılanmasının değerlendirilmesi

4. Öğrencilerin %60'ı, yazı tahtasına ya da masanın üzerine güneş ışığı geldiğinde, yazmada ya da okumada güçlük çektiğini; %40'ı ise, güçlük çekmediğini vurgulamıştır. Güçlük çekenlerin %76'sı, önlem olarak, perdeleri kapattığını; %18'i, hiç bir önlem almadığını; %6'sı, lambaları yaktığını belirtmiştir.



Şekil 8.17 Yalnızca günışığı aydınlığında, yazı tahtasına ya da masa üzerine güneş ışığı geldiğinde, yazmada ya da okuma güçlük çekme oranı

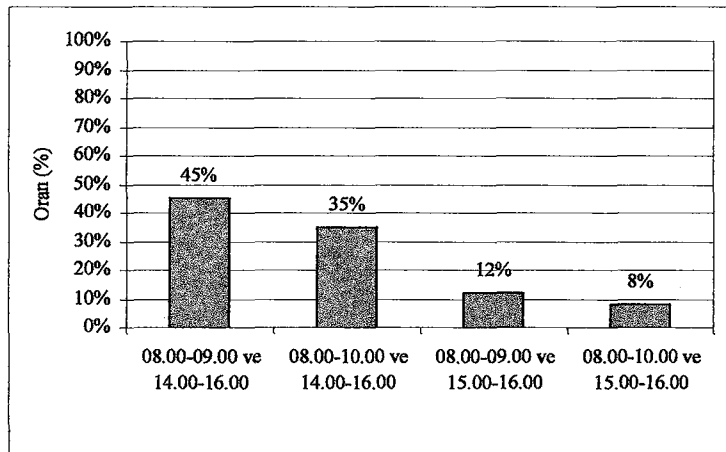
5. Aydınlatma nedeniyle, yorgunluk, baş ağrısı, göz ağrısı, dikkati toplayamama gibi rahatsızlık duyanların oranı, %57; duymayanların oranı ise, %43'dür. Rahatsızlık duyanların %55'i, rahatsızlık nedeni olarak birinci sırada, "yazı tahtası üzerinde parlamalar olduğu için" seçeneğini işaretlemiştir. %20'si, "masa üzerinde parlamalar olduğu için"; %18'i, "yazı tahtası üzerinde aydınlık az olduğu için"; %5'i, masa üzerinde aydınlık az olduğu için", %2'si de başka nedenlerden ötürü, rahatsızlık duyduğunu belirtmiştir.



Şekil 8.18 Yalnızca günışığı aydınlığında, aydınlatma nedeniyle rahatsızlık duyma durumu

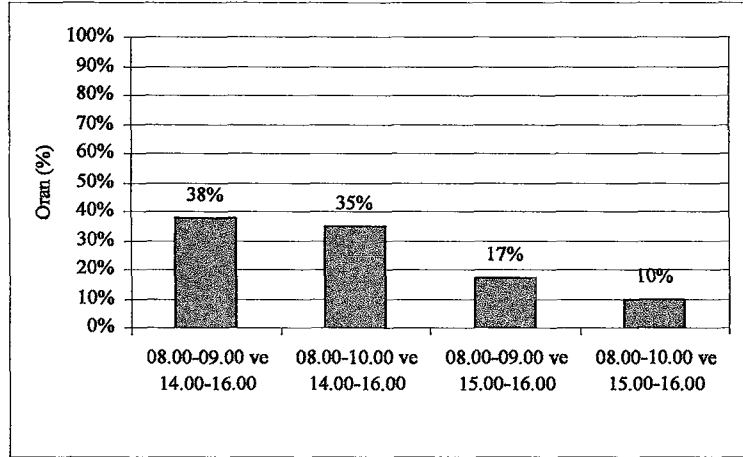
Günışığı ve Lamba Işığı ile Aydınlatma:

1. Kapalı günlerde, öğrencilerin %45'i, 08.00 - 09.00 ve 14.00 - 16.00 saatleri arasında; %35'i, 08.00 - 10.00 ve 14.00 - 16.00 saatleri arasında; %12'si, 08.00 - 09.00 ve 15.00 - 16.00 saatleri arasında; %8'i de, 08.00 - 10.00 ve 15.00 - 16.00 saatleri arasında lamba ışığına gereksinim duyduğunu belirtmiştir.



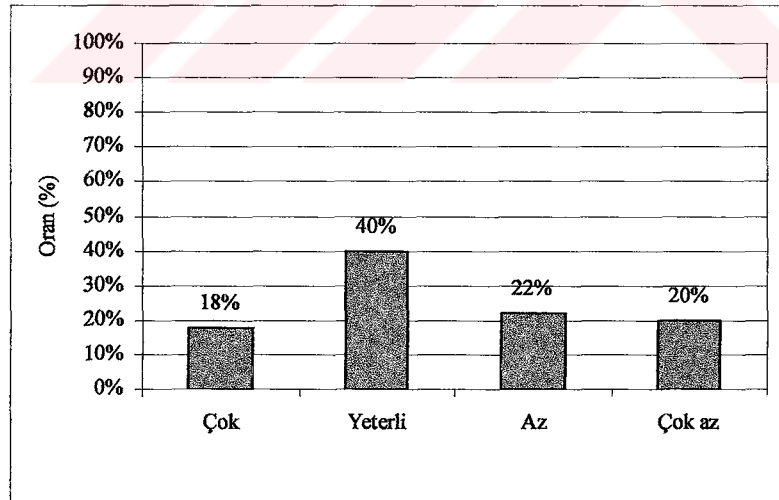
Şekil 8.19 Kapalı günlerde lamba ışığına gereksinim duyulan saatler

Açık günlerde, öğrencilerin %38'i, 08.00 - 09.00 ve 14.00 - 16.00 saatleri arasında; %35'i, 08.00 - 10.00 ve 14.00 - 16.00 saatleri arasında; %17'si, 08.00 - 09.00 ve 15.00 - 16.00 saatleri arasında; %10'u ise, 08.00 - 10.00 ve 15.00 - 16.00 saatleri arasında lamba ışığına gereksinim duyduğunu belirtmiştir.



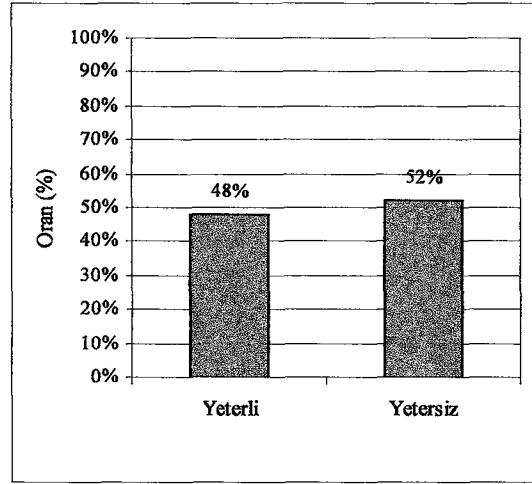
Şekil 8.20 Açık günlerde lamba ışığına gereksinim duyulan saatler

2. Günışığı ve lamba ışığının birlikte kullanıldığı durumda, öğrencilerin %40'ı, masa üzerindeki aydınlık düzeyini yeterli; %18'si, çok; %22'si, az; %20'si, çok az olarak değerlendirmiştir.



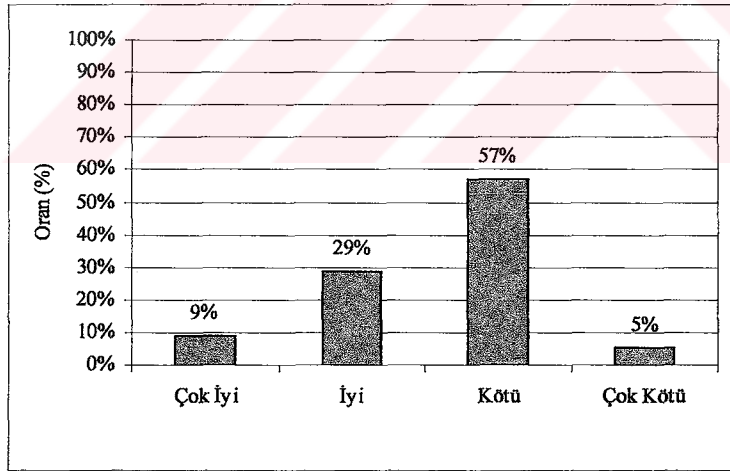
Şekil 8.21 Günışığı ve lamba ışığı aydınlığında, masa üzerindeki aydınlık düzeyi değerlendirilmesi

3. Aynı durumda, yazı tahtasının üzerindeki aydınlık, öğrencilerin %48'i tarafından yeterli; %52'si tarafından yetersiz bulunmuştur.



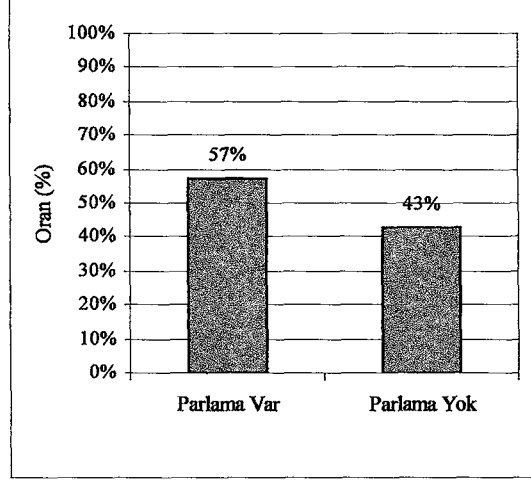
Şekil 8.22 Güneş ışığı ve lamba ışığı aydınlığında, yazı tahtası üzerindeki aydınlık düzeyi değerlendirilmesi

4. Öğrencilerin, %57'si, yazı tahtası üzerinde yazılanları, kötü; %29'u iyi; %9'u çok iyi; %5'i çok kötü olarak algıladığını belirtmiştir.



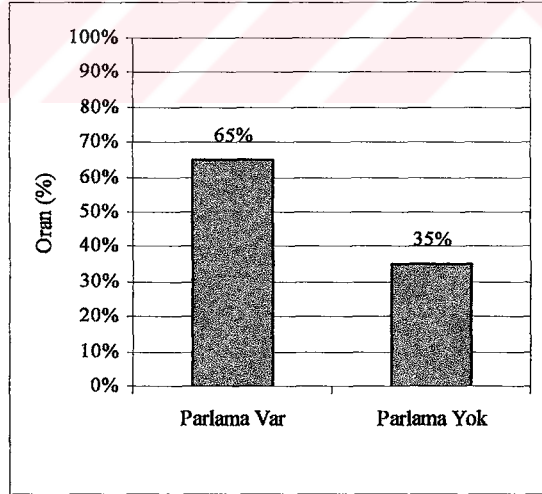
Şekil 8.23 Güneş ışığı ve lamba ışığı aydınlığında, yazı tahtası üzerinde yazılanların algılanmasının değerlendirilmesi

5. Öğrencilerin %57'si, yazı tahtası üzerinde lamba ışığından kaynaklanan parlamalar olduğunu; %43'ü ise, olmadığını belirtmiştir. Parlamalar olduğunu belirtenlerin, %70'i, yazılanları algılamakta güçlük çektiğini, %30'u güçlük çekmediğini ifade etmiştir.



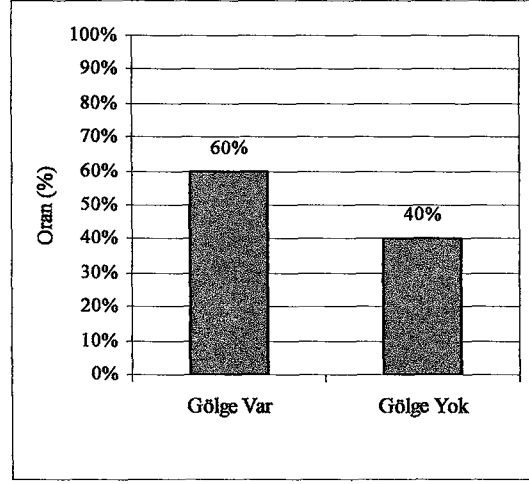
Şekil 8.24 Günüşiği ve lamba ışığı aydınlığında, lamba ışığından kaynaklanan parlama durumu değerlendirmesi

6. Ankete katılanların %65'i, masalarının üzerinde gözü rahatsız edici parlamalar olduğunu, %35'i ise, olmadığını söylemiştir.



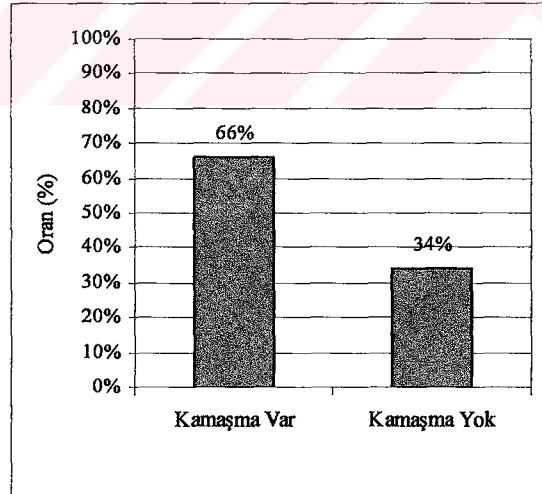
Şekil 8.25 Günüşiği ve lamba ışığı aydınlığında, masa üzerinde parlama durumu değerlendirmesi

7. Öğrencilerin %60'ı, masalarının üzerine kendi gölgeleri ya da başka nesnelerin gölgesinin düştüğünü; %40'ı gölge olmadığını vurgulamıştır. Gölge düştüğünü söyleyenlerin %50'si, eylemini güçleştirdiği, %50'si ise güçleştirmediğini belirtmiştir.



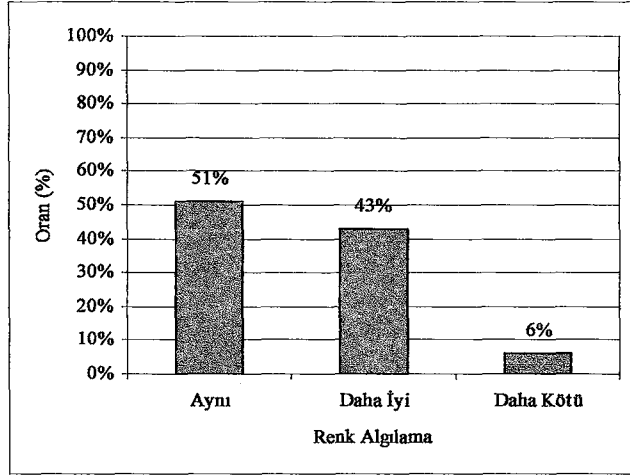
Şekil 8.26 Güneş ışığı ve lamba ışığı aydınlığında, masa üzerinde gölge durumu değerlendirilmesi

8. Yazı tahtasına ya da öğretmene bakıldığında, tavandaki lambaların parlaklığının gözünü kamaştırdığını belirten öğrencilerin oranı, %66; bundan rahatsızlık duymayanların oranı ise, %34'dür.



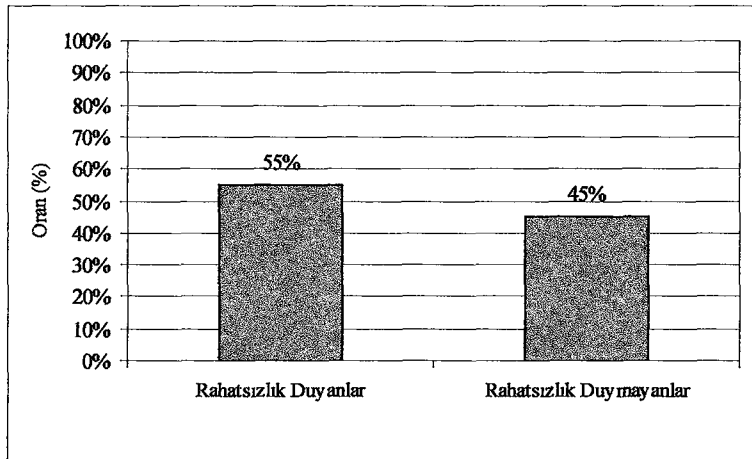
Şekil 8.27 Güneş ışığı ve lamba ışığı aydınlığında, lambaların parlaklığından kaynaklanan kamaşma durumu değerlendirilmesi

9. Yalnızca günışığı aydınlığının olduğu durumla karşılaştırıldığında, renkleri, öğrencilerin %51'i aynı; %43'ü, daha iyi, %6'sı daha kötü olarak algıladığını belirtmiştir.



Şekil 8.28 Günışığı ve lamba ışığı aydınlığında, yalnızca günışığı aydınlığı durumu ile karşılaştırıldığında, renk algılama durumu değerlendirmesi

10. Aydınlatma nedeniyle, yorgunluk, baş ağrısı, göz ağrısı, dikkati toplayamama gibi rahatsızlık duyanların oranı, %55; duymayanların oranı ise, %45'dir. Rahatsızlık duyanların %45'i, rahatsızlık nedeni olarak birinci sırada, "tavandaki lambalar gözünü kamaştırdığı için" seçeneğini işaretlemiştir. %25'i, "masa üzerinde parlamalar olduğu için"; %12'si, "yazı tahtası üzerinde aydınlık az olduğu için"; %7'si, "yazı tahtası üzerinde parlamalar olduğu için"; %6'sı, masa üzerinde aydınlık az olduğu için", %3'ü, "masa üzerine kendi gölgesi ya da başka nesnelerin gölgesi düştüğü için", %2'si de başka nedenlerden ötürü, rahatsızlık duyduğunu belirtmiştir.

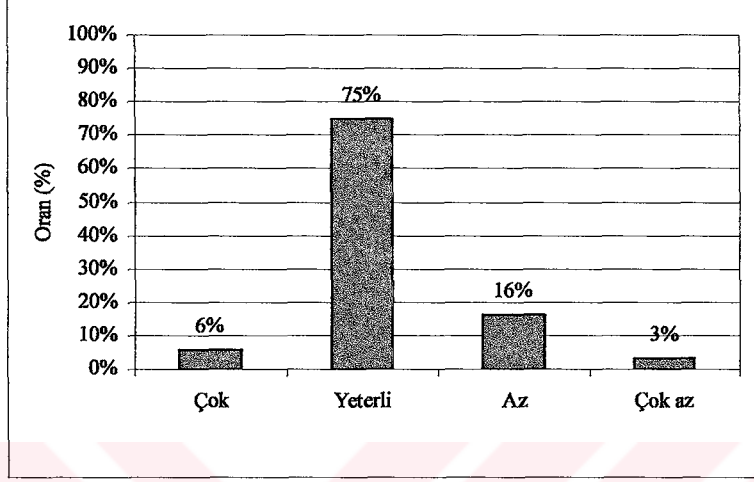


Şekil 8.29 Günışığı ve lamba ışığı aydınlığında, aydınlatma nedeniyle rahatsızlık duyma durumu değerlendirmesi

- **Öneri aydınlatma düzeni:**

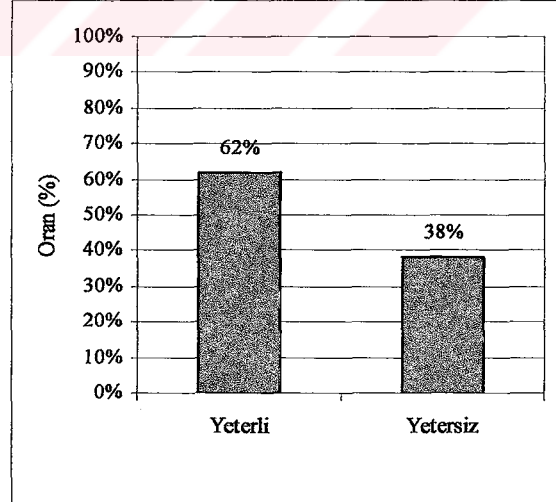
Günüşiği ile Aydınlatma:

1. Yalnızca, günüşiğinin olduğu durumda, öğrencilerin %75'i, masaların üzerindeki aydınlık düzeyini yeterli; %16'sı az; %6'sı çok, %3'ü çok az olarak değerlendirmiştir.



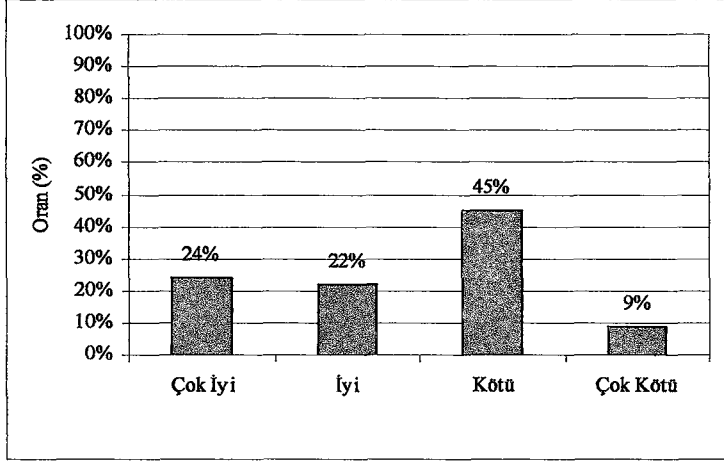
Şekil 8.30 Yalnızca günüşiği aydınlığında, masa üzerindeki aydınlık düzeyi değerlendirmesi

2. Aynı durumda, yazı tahtasının üzerindeki aydınlık, öğrencilerin %62'si tarafından yeterli; %38'i tarafından yetersiz bulunmuştur.



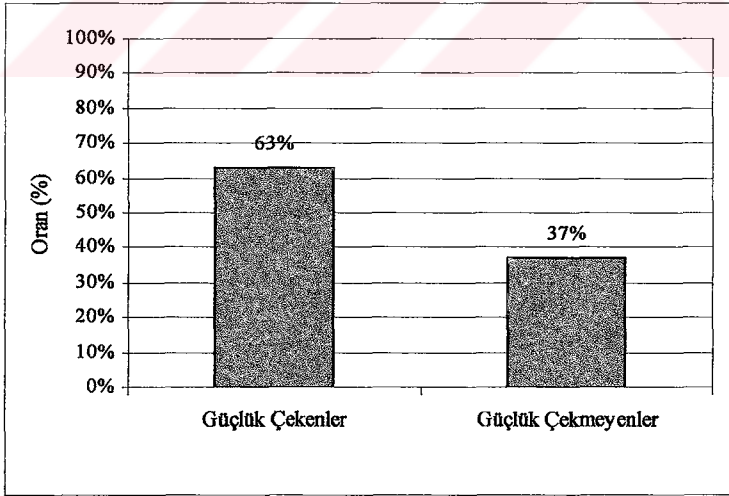
Şekil 8.31 Yalnızca günüşiği aydınlığında, yazı tahtası üzerindeki aydınlık düzeyi değerlendirmesi

3. Öğrencilerin, %45'i, yazı tahtası üzerinde yazılanları, kötü; %22'si iyi; %24'ü çok iyi; %9'u çok kötü olarak algıladığını belirtmiştir.



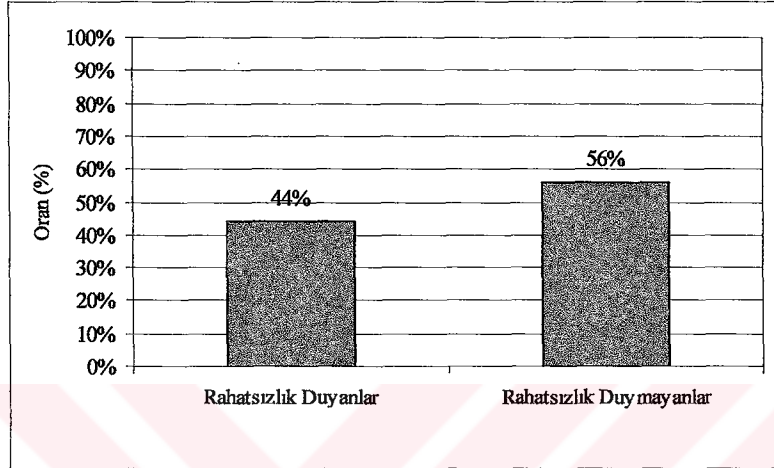
Şekil 8.32 Yalnızca günışığı aydınlığında, yazı tahtası üzerinde yazılanların algılanmasının değerlendirilmesi

4. Öğrencilerin %63'ü, yazı tahtasına ya da masanın üzerine güneş ışığı geldiğinde, yazmada ya da okumada güçlük çektiğini; %37'si ise, güçlük çekmediğini vurgulamıştır. Güçlük çekenlerin %70'i, önlem olarak, perdeleri kapattığını; %20'si, hiç bir önlem almadığını; %10'u, lambaları yaktığını belirtmiştir.



Şekil 8.33 Yalnızca günışığı aydınlığında, yazı tahtasına ya da masa üzerine güneş ışığı geldiğinde, yazmada ya da okuma güçlük çekme oranı

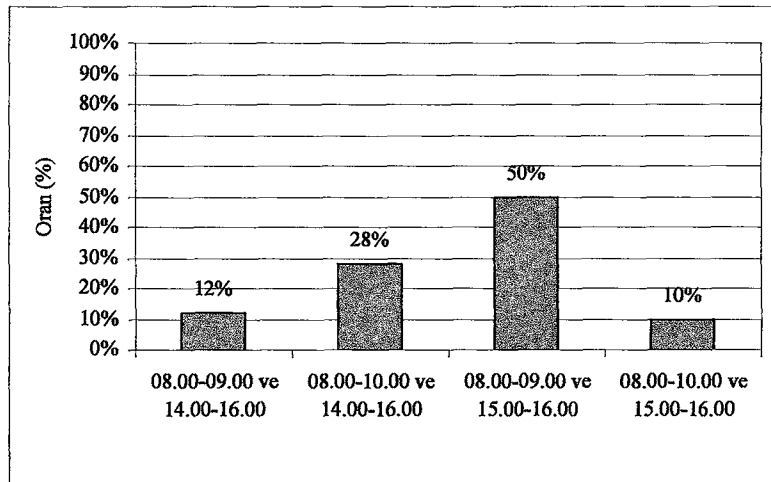
5. Aydınlatma nedeniyle, yorgunluk, baş ağrısı, göz ağrısı, dikkati toplayamama gibi rahatsızlık duyanların oranı, %44; duymayanların oranı ise, %56'dır. Rahatsızlık duyanların %65'i, rahatsızlık nedeni olarak birinci sırada, "masa üzerinde aydınlık az olduğu için" seçeneğini işaretlemiştir. %20'si, "yazı tahtası üzerinde aydınlık az olduğu için"; %10'u, "başka nedenlerden ötürü"; %5'i, "yazı tahtası üzerinde parlamalar olduğu için" rahatsızlık duyduğunu belirtmiştir.



Şekil 8.34 Yalnızca günışığı aydınlığında, aydınlatma nedeniyle rahatsızlık duyma durumu

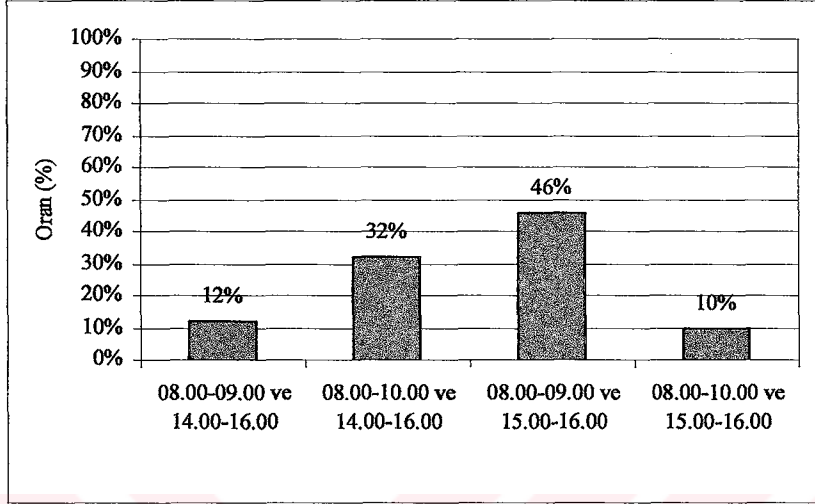
Günışığı ve Lamba Işığı ile Aydınlatma:

1. Kapalı günlerde, öğrencilerin %50'si, 08.00 - 09.00 ve 15.00 - 16.00 saatleri arasında; %28'i, 08.00 - 10.00 ve 14.00 - 16.00 saatleri arasında; %12'si, 08.00 - 09.00 ve 14.00 - 16.00 saatleri arasında; %10'u da, 08.00 - 10.00 ve 15.00 - 16.00 saatleri arasında lamba ışığına gereksinim duyduğunu belirtmiştir.



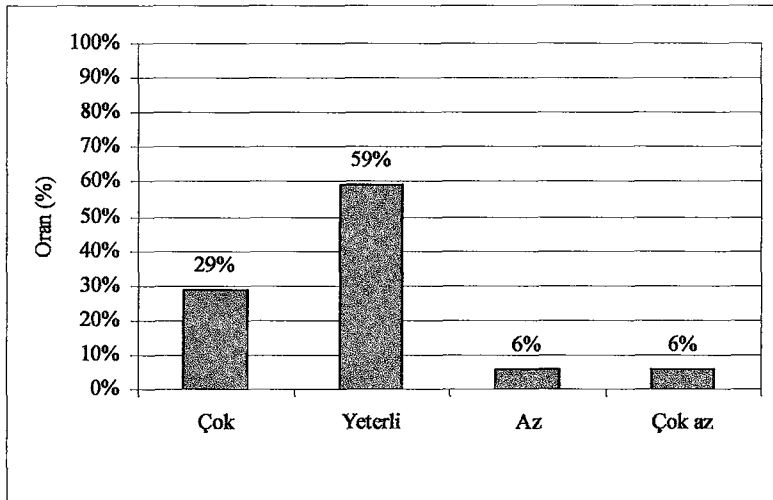
Şekil 8.35 Kapalı günlerde lamba ışığına gereksinim duyulan saatler

Açık günlerde, öğrencilerin %46'sı, 08.00 - 09.00 ve 15.00 - 16.00 saatleri arasında; %32'si, 08.00 - 10.00 ve 14.00 - 16.00 saatleri arasında; %10'u, 08.00 - 10.00 ve 15.00 - 16.00 saatleri arasında; %12'si ise, 08.00 - 09.00 ve 14.00 - 16.00 saatleri arasında lamba ışığına gereksinim duyduğunu belirtmiştir.



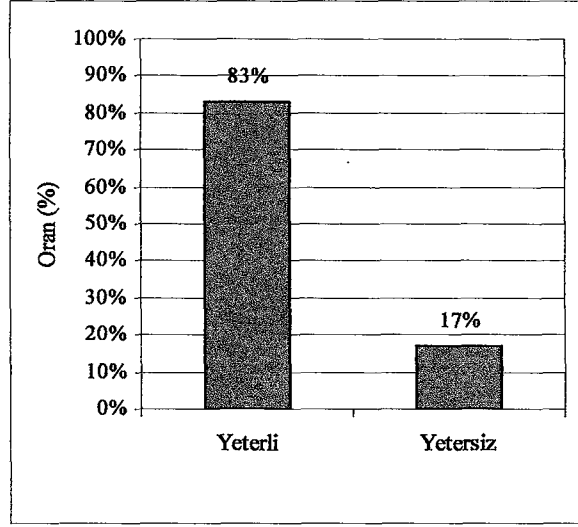
Şekil 8.36 Açık günlerde lamba ışığına gereksinim duyulan saatler

2. Güneş ışığı ve lamba ışığının birlikte kullanıldığı durumda, öğrencilerin %59'u, masa üzerindeki aydınlık düzeyini yeterli; %29'u, çok; %6'sı, az; %6'sı, çok az olarak değerlendirmiştir.



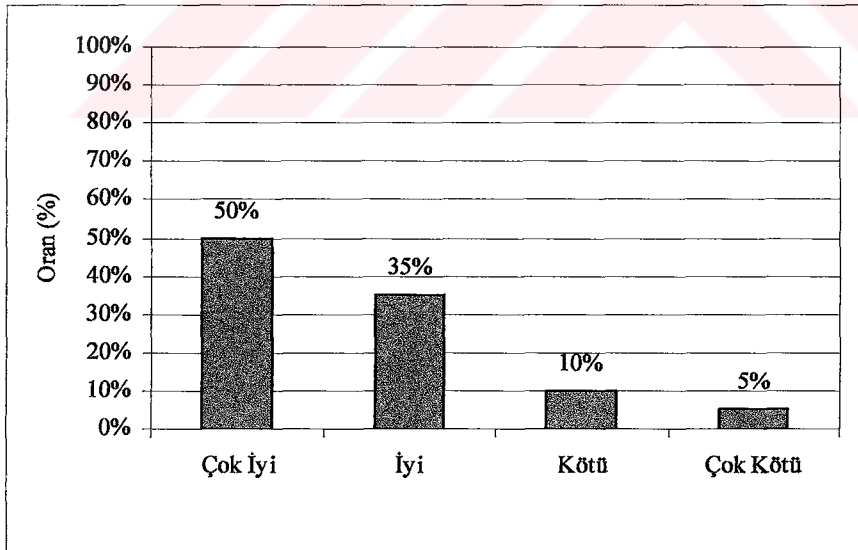
Şekil 8.37 Güneş ışığı ve lamba ışığı aydınlığında, masa üzerindeki aydınlık düzeyi değerlendirilmesi

3. Aynı durumda, yazı tahtasının üzerindeki aydınlık, öğrencilerin %83'ü tarafından yeterli; %17'si tarafından yetersiz bulunmuştur.



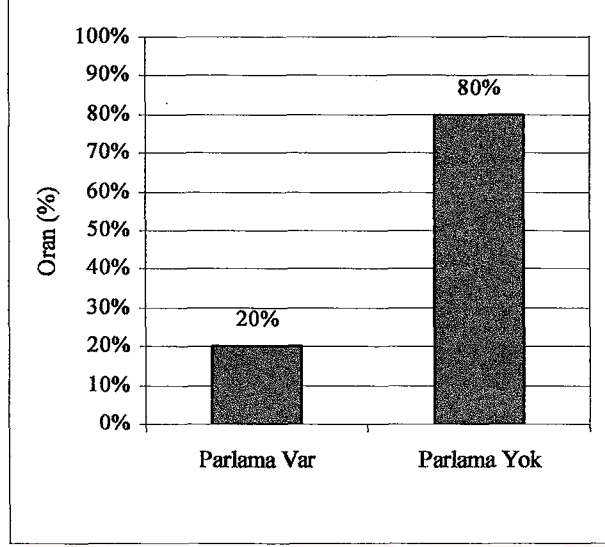
Şekil 8.38 Güneş ışığı ve lamba ışığı aydınlığında, yazı tahtası üzerindeki aydınlık düzeyi değerlendirilmesi

4. Öğrencilerin, %50'si, yazı tahtası üzerinde yazılanları, çok iyi; %35'i iyi; %10'u kötü; %5'i çok kötü olarak algıladığını belirtmiştir.



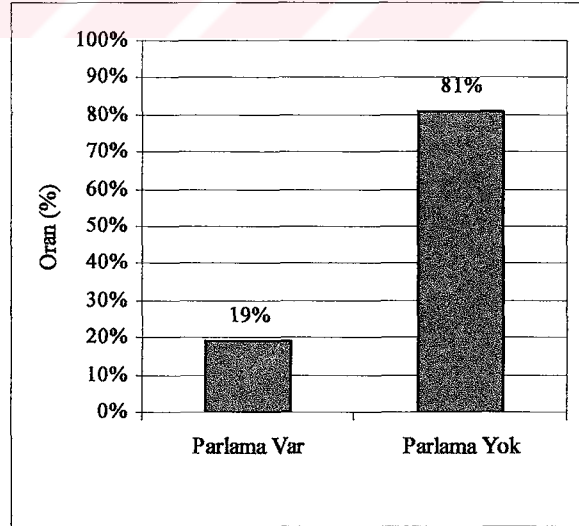
Şekil 8.39 Güneş ışığı ve lamba ışığı aydınlığında, yazı tahtası üzerinde yazılanların algılanmasının değerlendirilmesi

5. Öğrencilerin %20'si, yazı tahtası üzerinde lamba ışığından kaynaklanan parlamalar olduğunu; %80'i ise, olmadığını belirtmiştir. Parlamalar olduğunu belirtenlerin, %35'i, yazılanları algılamakta güçlük çektiğini, %65'i güçlük çekmediğini ifade etmiştir.



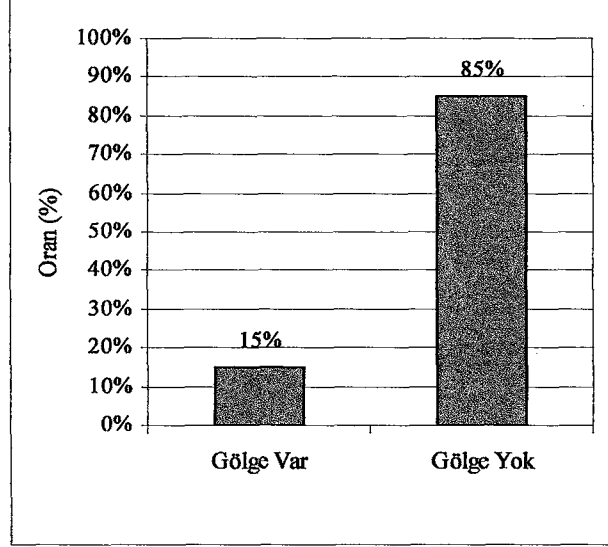
Şekil 8.40 Günışığı ve lamba ışığı aydınlığında, lamba ışığından kaynaklanan parlama durumu değerlendirmesi

6. Ankete katılanların %19'u, masalarının üzerinde gözü rahatsız edici parlamalar olduğunu, %81'i ise, olmadığını söylemiştir.



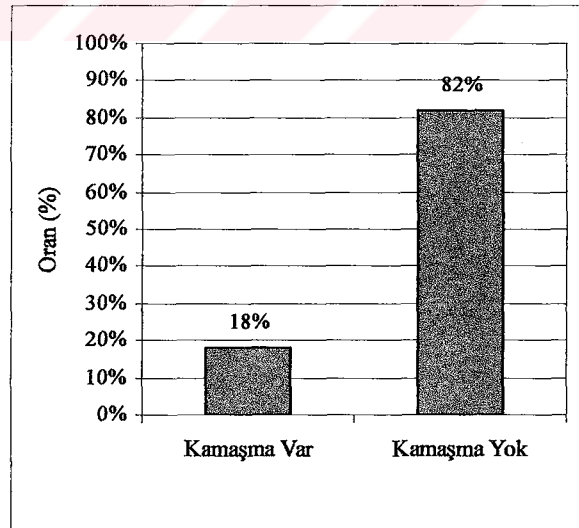
Şekil 8.41 Günışığı ve lamba ışığı aydınlığında, masa üzerinde parlama durumu değerlendirmesi

7. Öğrencilerin %15'i, masalarının üzerine kendi gölgeleri ya da başka nesnelerin gölgesinin düştüğünü; %85'i gölge olmadığını vurgulamıştır. Gölge düştüğünü söyleyenlerin %28'i, eylemini güçleştirdiği, %72'si ise güçleştirmediğini belirtmiştir.



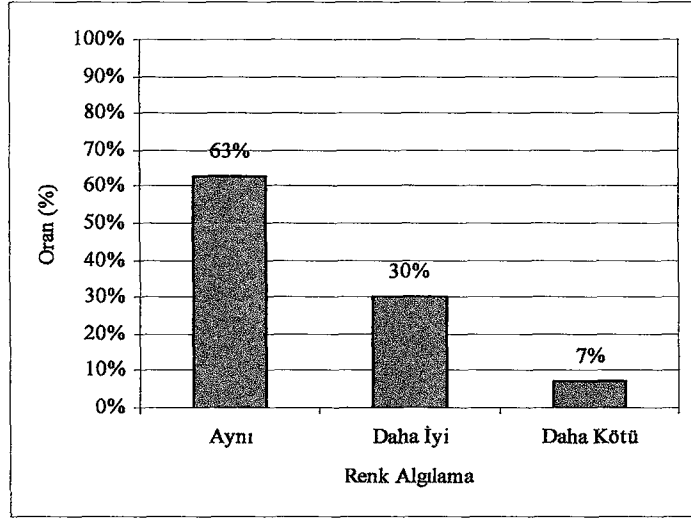
Şekil 8.42 Güneş ışığı ve lamba ışığı aydınlığında, masa üzerinde gölge durumu değerlendirilmesi

8. Yazı tahtasına ya da öğretmene bakıldığında, tavandaki lambaların parlaklığının gözünü kamaştırdığını belirten öğrencilerin oranı, %18; bundan rahatsızlık duymayanların oranı ise, %82'dir.



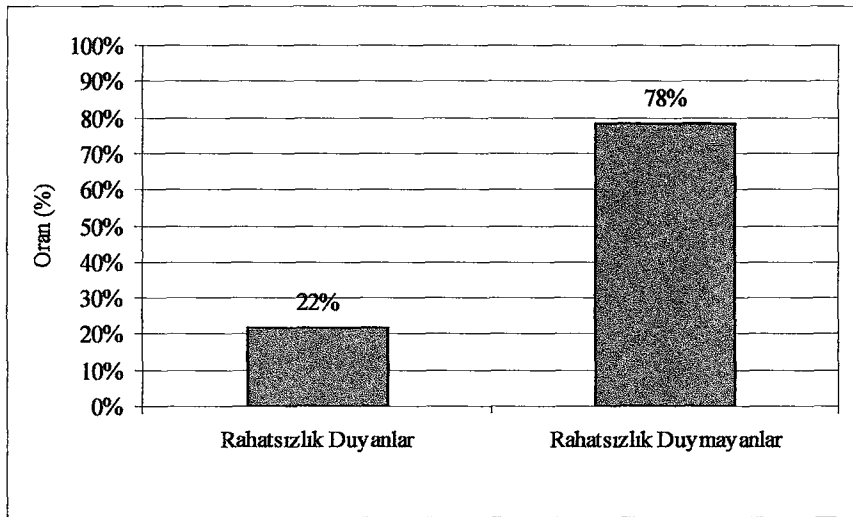
Şekil 8.43 Güneş ışığı ve lamba ışığı aydınlığında, lambaların parlaklığından kaynaklanan kamaşma durumu değerlendirilmesi

9. Yalnızca günışığı aydınlığının olduğu durumla karşılaştırıldığında, renkleri, öğrencilerin %63'ü aynı; %30'u, daha iyi, %7'si daha kötü olarak algıladığını belirtmiştir.



Şekil 8.44 Günışığı ve lamba ışığı aydınlığında, yalnızca günışığı aydınlığı durumu ile karşılaştırıldığında, renk algılama durumu değerlendirmesi

10. Aydınlatma nedeniyle, yorgunluk, baş ağrısı, göz ağrısı, dikkati toplayamama gibi rahatsızlık duyanların oranı, %22; duymayanların oranı ise, %78'dir. Rahatsızlık duyanların %50'si, "başka nedenlerden dolayı"; %50'si, "masa üzerine kendi gölgesi ya da başka nesnelerin gölgesi düştüğü için" rahatsızlık duyduğunu belirtmiştir.



Şekil 8.45 Günışığı ve lamba ışığı aydınlığında, aydınlatma nedeniyle rahatsızlık duyma durumu değerlendirmesi

• Anketlerin Genel Değerlendirmesi

Mevcut ve öneri durumlar için ankete verilen yanıtlar, günışığı ile aydınlatma açısından incelendiğinde, öğrencilerin çoğunluğunun (%55-%75), anket yapılan gün ve saatte, masaların ve yazı tahtasının üzerindeki aydınlık düzeyini yeterli buldukları belirlenmektedir. Ancak, öğrencilerin, ilk anketin yapıldığı gün, %51'i; ikinci anketin yapıldığı gün, %45'i, yazı tahtası üzerinde yazılanları, kötü olarak algıladıklarını belirtmiştir. Ayrıca, yazı tahtasına ya da masa üzerine güneş ışığı geldiğinde, yazmada ya da okumada güçlük çektiklerini belirtenlerin oranı, ilk anket gününde, %60, ikinci anket gününde, %63'tür. Aydınlatma nedeniyle, yorgunluk, baş ağrısı vb. çeşitli rahatsızlıklar duyanların oranı, ilk anket gününde, %57, ikinci anketin yapıldığı gün ise, %44 olarak saptanmıştır.

Yanıtlar, günışığı ve lamba ışığı ile aydınlatma durumu için incelendiğinde, mevcut durumda, öğrencilerin %58'i, masa üzerindeki aydınlık düzeyini çok ve yeterli bulurken, %42'si az ve çok az olarak değerlendirmiştir. Öneri durumda ise, masa üzerindeki aydınlık düzeyi, %88 oranındaki öğrenci tarafından yeterli ve çok, %12 oranındaki öğrenci tarafından ise, az ve çok az olarak değerlendirilmiştir. Mevcut durumda, yazı tahtası üzerindeki aydınlık düzeyi, %48 oranında, yeterli bulunurken, öneri durumda, %83 oranında yeterli bulunmuştur. Bu değerlendirmelere göre, öğrencilerin büyük bir çoğunluğu, aydınlığı nicelik yönünden, mevcut durumda, yetersiz; önerilen aydınlatma düzeninde ise, yeterli bulmaktadır.

Nitelik ile ilgili konular, her iki duruma göre değerlendirildiğinde ise, mevcut durumda, öğrencilerin %57'si, yazı tahtası üzerinde, lamba ışığından kaynaklanan parlamalar olduğunu; öneri durumda ise, yalnızca, %20'si bu durumdan rahatsız olduklarını belirtmişlerdir. Mevcut durumda, öğrencilerin %65'i, masaların üzerindeki parlamalardan rahatsız olduklarını bildirirken; öneri durumda ise, bu oran %19'a inmiştir. Masaların üzerinde gölgeden şikayetçi olan öğrencilerin oranı, mevcut durumda, %60 iken, öneri aydınlatma düzeninde, %15 olarak belirlenmiştir. Yazı tahtasına ya da öğretmene bakıldığında, tavandaki lambaların parlaklığının kamaşma yarattığını belirten öğrencilerin oranı, mevcut düzende, %66 iken; öneri düzende seçilen aygıt tipi ile, bu oran %18'e inmiştir. Günışığı + lamba ışığı altındaki renk algılaması, yalnızca günışığı durumuna göre, mevcut düzende, %51 oranında aynı; öneri düzende ise, %63 oranında aynı olarak belirtilmiştir. Mevcut düzende, aydınlatma nedeniyle, rahatsızlık duyanların oranı, % 55 iken, öneri düzende bu oran, %22 olarak belirlenmiştir. Nitelik ile ilgili değerlendirmelere göre, mevcut aydınlatma düzeninde, rahatsızlık duyulan pek çok konu, öneri aydınlatma düzeni ile iyileştirilmiş ve rahatsızlık duyanların oranı, azalmıştır.

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Öğrenmenin, bilgilenmenin temeli olan eğitim ve onun temel aracı olan okullar, tüm dünyada olduğu gibi, özellikle gelişmekte olan ülkeler için vazgeçilmez öğelerdir. Okullarda yer alan derslikler ise, öğrenme sürecinde temel birimleri oluşturmakta, öğrencilerin günlerinin büyük bir bölümü bu hacimlerde geçmektedir.

Öğrenmede çok önemli yer tutan duyuşsal algılamalar içinde, görme olayının rolü büyüktür. Görme olayı ise, doğrudan doğruya aydınlatma ile ilişkilidir. Görmenin doğru, yanlışsız yani tam olması, öğrenmenin verimli, bir başka deyişle, öğrencinin başarılı olması, öğrenme sırasında sıkıntı, başağrısı vb. olumsuzlukların olmaması, dolayısıyla, öğrencilerin ve öğretmenin bulunduğu mekandan hoşnut olması, ancak, iyi bir aydınlatma düzeninin kurulmasıyla olanaklıdır.

Ülkemiz, gelişmekte ve genç nüfusu çok olan bir ülke olarak, eğitime ve dolayısıyla okula olan gereksinimi çok fazladır. Bu nedenle, gelişmiş öteki ülkelerle arasındaki mesafeyi kapatması için bir yandan okullaşma kapasitesinin artması, öte yandan da niteliklerinin iyileştirilmesi önem taşımaktadır. Ayrıca, ülkemizin Avrupa Birliği'ne giriş süreci içinde olması nedeniyle, uluslararası standartlara uygunluğunun sağlanması da söz konusudur.

Bu bağlamda konuya yaklaşılarak, okullarda aydınlatma konusu ele alınmış ve konu dersliklerle sınırlandırılmıştır.

Çalışmada, dersliklerde, yeterli nicelik ve uygun nitelikte aydınlatma ile görsel konforu sağlayan, aynı zamanda da enerjinin optimum kullanımını olanaklı kılan yapma aydınlatma düzenleri oluşturulmasında temel etmenler belirlenerek, bunların, mimari tasarım aşamasında bir tasarım ölçütü olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, okul yapıları ve derslik tasarımında mimari açıdan temel ilkelere yer verilmiş; okul yapılarında sıklıkla uygulanan derslik biçim ve boyutları belirlenmiştir. Dersliklerde iyi görme koşullarının sağlanması için gerekli etkenler ortaya konulmuştur. Değişik nitelikte lamba ve aydınlatma aygıtları belirlenerek, bunların sağladığı koşullar, aydınlığın niceliği ve niteliği yönünden değerlendirilmiştir. Dünyada ve ülkemizde, enerjinin durumu göz önünde tutularak, aydınlatmada harcanan enerjinin önemi ve bunun ülke çapındaki büyüklüğü nedeniyle, ışığın, aydınlığın ve enerjinin boşa gitmemesi için getirilen düzenlerde, optimum enerji kullanımına da özellikle yer verilmiştir.

Bu bakış doğrultusundan konuya yaklaşılarak, tasarım sürecinde ele alınması gereken etkenler,

- hacmin işlevine uygun gerekli aydınlık düzeyinin doğru belirlenmesi,
- görsel konfor koşullarının gereksinimi olan aydınlığın niteliği ile ilgili konuların (lambaların renksel özellikleri, ışık alanının doğrultusal yapısı ve gölge niteliği, aydınlık düzeyi değişimleri, iç yüzey özellikleri, ışıklılık, kamaşma) eksiksiz saptanması,
- nicelik ve nitelik ile ilgili koşullar oluşturulurken, enerji kullanımına ilişkin olarak, ilk yapım sırasında,
 - lamba seçimi (ışık verimi),
 - aygıt seçimi (aygıt geriverimi),
 - ışık akısının doğrultusal özelliklerinin (aydınlatma biçimi, aygıt konumu, hacmin boyutları) belirlenmesi,
 - iç yüzeylerin yansıtma çarpanlarının belirlenmesi,
 - aydınlık düzeyi değişimlerinin (genel aydınlatma, bölgesel aydınlatma) belirlenmesi,
 - aydınlatma kontrol sistemleri kullanımının (lamba yakıp - söndürme) belirlenmesi,
- kullanım sırasında ise,
 - kullanım (yanma) süresi ve
 - günışığı kullanımının belirlenmesi

biçiminde sıralanabilir.

Çalışmada, derslik aydınlatması için uygun, değişik yansıtıcı ve yayıcı özelliklerine sahip, aydınlatma aygıtları seçilerek, belirlenen bir tip derslik hacmi için inceleme ve hesaplamalar yapılmıştır. On ayrı yapma aydınlatma düzeni, görsel konfor etkenleri olan aydınlığın niceliği, aydınlığın niteliği ve enerji harcaması yönlerinden sistematik bir biçimde değerlendirilmiştir. Yeterli nicelik ve uygun nitelikte aydınlatmanın sağlandığı düzenler için, 1 lm/m^2 aydınlık düzeyini elde etmek için harcanan güç (W) değerleri de hesaplanmıştır. Kurulan yapma aydınlatma düzenleri arasında, hem görsel konfor koşullarını sağlayan, hem de en az enerji harcayan aydınlatma düzeni belirlenmiştir. Çalışmada, ayrıca, hem kullanım sırasında enerji tasarrufu sağlamak, hem de hacimde görsel açıdan dengenin sağlanması için, günışığı ile lamba ışığının birbirini desteklemesi (bütünleşik aydınlatma) konusuna da yer verilmiştir.

Bilimsel verilere dayalı olarak kurulan, görsel konfor ve optimum enerji kullanımı yönlerinden en iyi sonucu veren aydınlatma düzeninin uygulamadaki durumunu incelemek amacıyla, bir alan çalışması gerçekleştirilmiştir. Seçilen derslikte, önerilen düzen uygulanmadan önce, mevcut aydınlatma düzeni incelenmiş, aydınlık düzeyi ve ışıklılık ölçmeleri yapılmış, öğrencilerin görüşleri anket yapılarak değerlendirilmiştir. Bu ölçme ve değerlendirmeler doğrultusunda, mevcut aydınlatmayı nicelik ve nitelik olarak iyileştirmek ve

optimum enerji kullanımı sağlamak amacıyla, bir yapma aydınlatma düzeni önerilmiş ve uygulanmıştır. Yeni aydınlatma düzeni de, aydınlık düzeyi, ışıklılık ölçmeleri ve anketlerle değerlendirilmiştir. Bu ölçme ve anketlerle elde edilen sonuçların, önerilen aydınlatma düzeni için yapılan hesaplamaların sonuçlarıyla uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Tüm bu değerlendirmeler sonucunda elde edilen veriler, dersliklerde görsel konfor ve optimum enerji kullanımına ilişkin bir yaklaşım oluşturmakta olup, gerek, mimari tasarım aşamasında bir tasarım ölçütü olarak, gerekse, mevcut bir aydınlatma düzeninin iyileştirilmesinde kullanılabilecektir.

Bu tez çalışması, temelde, yapma aydınlatmaya dayalı bir çalışma olup, günışığı kullanımına, özellikle, kullanımda enerjinin korunumu yönünden önemli olması nedeniyle, örnekleme yapmak amacıyla değinilmiştir. Bu çalışmada örnek verilen günışığı kullanımı, bu çalışmanın devamı niteliğinde ya da başka bir çalışma kapsamında, ders yılı boyunca izlenerek, yapma aydınlatma kullanımı, buna göre belirlenebilir. Ayrıca, böyle bir çalışma, tüm Türkiye kapsamında, başka bölge ve/ya da illerde tekrarlanarak geliştirilebilir. Bunun sonucunda elde edilen veriler, ilgili kurumlarca değerlendirilerek, mevcut okulların aydınlatmalarının iyileştirilmesinde ya da yeni yapılacak okulların daha iyi nitelikli aydınlatmalarının sağlanmasında kullanılabilir. Böylece, aydınlatmada kullanılan elektrik enerjisinden sağlanan tasarrufla elde edilen gelir, eğitimde başka konularda kullanılarak değerlendirilebilecektir.

KAYNAKLAR

- Anon., (1967), "Lighting in Schools", Department of Education and Science, Building Bulletin 33, London.
- Anon., (1982), "Office Lighting", ANSI/IES RP-1, New York.
- Anon., (1983), "Lighting Control and Daylight Use", Building Research Establishment Digest, April.
- Anon., (1986), "CIE Guide For Interior Lighting", Second Edition, Austria.
- Anon., (1987), "IES Lighting Handbook, Application Volume".
- Anon., (1989), "Areas For Visual Display Terminals", Lighting Guide, The Chartered Institution of Building Service Engineering, London.
- Anon., (1993), IES Lighting Handbook, 8th Edition, Illuminating Engineering Society, New York.
- Anon., (1994), "CIBSE Code For Interior Lighting", London.
- Anon., (1995), "Spatial Distribution of Daylight - Luminance Distributions of Various Reference Skies", CIE Publication No. 110-1, Austria.
- Anon., (1995), "IESNA Lighting Handbook, Reference and Applications 8th Edition", USA.
- Anon., (1998), "Proceedings of the First CIE Symposium on Lighting Quality", Canada.
- Anon., (1993), "Philips Lighting Manual", 5th Edition, Netherlands.
- Anon., (2000), "19. Enerji Tasarrufu Haftası-Enerji 2000 Ulusal Enerji Verimliliği Kongresi", (26-28 Ocak 2000), Ankara.
- Anon., (2000), "EİEİ, Elektrik Dağıtımı ve Kullanımında Enerji Verimliliği Uluslararası Konferansı", 3-4 Nisan 2000, Ankara.
- Anon., (2001-2002), "Philips Luminaire Catalogue", Netherlands.
- Anon., (2002), "BS EN 12464-1:2002 Light and Lighting - Lighting of Indoor Work Places", London.
- Bak, Jerzy B., (2000), "Efficient and High Quality Lighting on The Application Examples of The Luminaires of Different Spatial Distributions", 41-44, Right Light Three-3rd European Conference on Energy-Efficient Lighting.
- Bekar Pandelara, M., (1997), Monitörle (VDU) Çalışılan Ortamlarda Görsel Konforun Sağlanmasında Çevre Etkisinin Değerlendirilmesi İçin Bir Yöntem Oluşturulması", Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bergem-Jansen, P.M., (1997), "Acceptance of an Energy-Efficient Lighting System", Lux Europa 1997, 1180-1187.
- Bostancı, M. T., (1996), "Büroların Aydınlatma Düzenleri Açısından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Boyce, P.R. ve Eklund, N.H., (2000), "Evaluating Lighting Quality", 189-198, Right Light Three-3rd European Conference on Energy-Efficient Lighting.

- Budde, F., Theil, H.W., (1969), "Schulen", München.
- California Energy Commission, (2003), Commission Report, USA.
- Çolak, N., (1999), "Ofis Aydınlatma Kontrol Sistemlerinde Kullanılacak Verilerin Yapay Sinir Ağları İle Belirlenmesi", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Demirel, Ö., (2000), "Karşılaştırmalı Eğitim", Pegem A Yayınları, Ankara.
- Dokuzer Öztürk, L., (1995), "İç Mimari Aydınlatmada, Düzgün Yansıma Geometrisi İle Aydınlığın Denetlenmesinde Kullanılabilecek Yeni Bir Yöntem Önerisi", Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dokuzer Öztürk, L., (2002), "Işıklılık Dağılımının Mekan Algılamasına Etkisi", 46-53, 4.Ulusal Aydınlatma Kongresi, 5 Ekim 2002, İstanbul.
- Einhorn, H.D., (1982), "School Lighting-A New Approach", ILR 1982/4.
- Erdoğan, İ., (2003), "Çağdaş Eğitim Sistemleri", Sistem Yayıncılık, 5. Baskı, İstanbul.
- Fidan, N., Erden, M., (2001), "Eğitime Giriş", Alkım Yayınları, İstanbul.
- Hasol, D., (1990), "Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü", YEM Yayınları, 4.Baskı, İstanbul.
- Helms, R., Belcher, M.C., (1991), "Lighting For Energy-Efficient Luminous Environments", USA.
- Karabiber, Z., (1981), "Seslendirme Döşemi Yapılmayacak Dersliklerde Yeterli Anlaşılabilirlik Sağlayacak İç Mekan Düzenleme Kriterleri ve Bunlara Bağlı Koşullar", Doktora Tezi, Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kılıç, E., Ünver, R., (2001) "Kamaşma ve CIBSE Kamaşma İndeksi (GI)", İzmir Aydınlatma Sempozyumu, 28 Kasım-1 Aralık, 2001, İzmir, 21-28.
- Köknel Yener, A., (1996), "Pencerelere Uygulanan Gölgeleme Araçlarının Tasarımında İklimsel ve Görsel Konfor Koşullarının Sağlanması Amacıyla Kullanılabilecek Bir Yaklaşım", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Köknel Yener, A., (2003), "Enerji Etkin Doğal Aydınlatma Sistemi Tasarımı", Binalarda Enerji Denetimi ve Yalıtım Semineri, 9-13 Haziran, 2003, İstanbul.
- Rea, M., Maniccia, D., (1994), "Lighting Controls: A Scoping Study, Final Report", Lighting Research Center, February, 1, New York.
- Sirel, Ş., (1974), "Yapılarda Güneş Düzenlemesi İçin Gölge Eğrileri Yöntemi", İDMMA Yayınları, İstanbul.
- Sirel, Ş., (1991), "Aydınlatmada Enerji Kaybı", YFU Yayınları, İstanbul.
- Sirel, Ş., (1992), "Aydınlığın Niteliği", YFU Yayınları, Yayın No:4, İstanbul.
- Sirel, Ş., (1997), "Aydınlatma Sözlüğü", YEM Yayınları, Birinci Baskı, İstanbul.
- Şerefhanoglu, M., (1972), "Konutlarda Aydınlatma", Karaca Ofset Basımevi, İstanbul.
- Şerefhanoglu, M., (1974), "Yapılarda Günışığı ile Lamba Işığı Bileşimi", Mimarlık, Sayı:3, Mart 1974, İstanbul.

Şerefhanoglu, M., (1974), "Türkiye'de Yapıların Düşey Yüzeylerinin Güneşlenme Durumları", İDMMA Basımevi, İstanbul.

Şerefhanoglu, M., (1982), "Yapı İçi Aydınlatmasında Enerjinin Optimum Kullanımı", YÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları-İstanbul.

Şerefhanoglu, M., (1991), "Çalıştığımız Mekanlarda Aydınlatma ve Görsel Konfor", Arredamento Dekorasyon, İstanbul.

Şerefhanoglu, M., (1992), "Yapıların Günişığı ve Lamba Işığı ile Aydınlatılmasında Değer Düşmesi ve Bakım", YTÜ Yayınları, İstanbul.

Şerefhanoglu, M., (1993), "Eğitim Yapılarında Yapı Fiziği Öğelerinin Etkinliği ve Konfor Koşulları ", 21. Yüzyıla Doğru Eğitim Yapıları Sempozyumu (İlk-Orta Öğretim) Politikalar – Planlama – Tasarım, İstanbul.

Şerefhanoglu Sözen, M., (2001), "Aydınlatma, Görsel Konfor, İç Mimarlık İlişkisi", Arredamento Dekorasyon, Mayıs-2001, 116-123.

Şerefhanoglu Sözen, M., Bostancı, T., (2001), "Aydınlatma İle Kent Güzelleştirmede Etkin Enerji Kullanımı", İzmir Aydınlatma Sempozyumu, 28 Kasım-1 Aralık, 2001, İzmir, 71-77.

Şerefhanoglu Sözen, M., (2002), "Aydınlığın Niceliği ve Niteliği Yönünden Işık Renginin Önemi", Kaynak Elektrik Dergisi, Mayıs-2002, 132-136.

T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Yapı İşleri Genel Müdürlüğü, (1984), "24 Derslikli Tip Lise Projesi", Ankara.

Ünver, R., (2002), "Yapı Dışı Engellerin Hacim İçi Günişığı Aydınlığına Etkisi: İstanbul Örneği", YTÜ.MF.YK-02.0658, İstanbul.

Ünver, R., Dokuzer Öztürk, L., (1993), "Eğitim Yapılarında Görsel Konforun Doğal ve Yapay Aydınlatma Açısından İncelenmesi", 21. Yüzyıla Doğru Eğitim Yapıları Sempozyumu (İlk-Orta Öğretim) Politikalar – Planlama – Tasarım, İstanbul.

Ünver, R., Dokuzer Öztürk, L., Kapalı Hacimlerdeki Yapay Aydınlatma Düzenlerine İlişkin Enerji Kayıpları ve Bakım, İstanbul.

Zorer, G., (1995), "Dersliklerde Edilgen Sistemle Isısal Konforun Sağlanmasında Tasar Ölçütü Olarak Bir Değerlendirme Yöntemi Oluşturulması", Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

INTERNET KAYNAKLARI

[1] www.philips.com

[2] www.lrc.rpi.edu

[3] www.meb.gov.tr

[4] www.ekutup.dpt.gov.tr

[5] www.enerji.gov.tr



EK**Anket Soruları**

Güçlük çekiyorsanız, hangi önlemi alıyorsunuz?

- a) Perdeleri kapatıyorum
- b) Lambaları yakıyorum
- c) Hiçbir önlem almıyorum

5. Aydınlatma nedeniyle, yorgunluk, baş ağrısı, göz ağrısı, dikkati toplayamama gibi rahatsızlıklar duyuyor musunuz?

a- Evet b- Hayır

Rahatsızlık duyuyorsanız, bunun nedenlerini sizi en çok rahatsız edenine “1” diyerek sıralayınız.

- () Masa üzerindeki aydınlık az olduğu için
- () Yazı tahtası üzerindeki aydınlık az olduğu için
- () Masa üzerinde parlamalar olduğu için
- () Yazı tahtası üzerinde parlamalar olduğu için
- () Başka nedenler

C. Günişığı ve Lamba Işığı ile Aydınlatma

Bu bölümdeki soruları lütfen, lambaların yandığı duruma göre yanıtlayınız.

1. Günün hangi saatlerinde lamba ışığına gereksinim duyuyorsunuz?

Kapalı Günler () 8.00-9.00 () 8.00-10.00
() 15.00-16.00 () 14.00-16.00

Açık Günler () 8.00-9.00 () 8.00-10.00
() 15.00-16.00 () 14.00-16.00

2. Masanızın üzerindeki aydınlık düzeyi aşağıdakilerden hangi sınıflamaya girer?

a- Çok b- Yeterli c- Az d- Çok az

3. Yazı tahtası üzerindeki aydınlık sizce yeterli midir?

a- Evet b- Hayır

4. Yazı tahtası üzerinde yazılanları nasıl algılıyorsunuz?

a- Çok iyi b- İyi c- Kötü d- Çok kötü

5. Yazı tahtasında lamba ışığından kaynaklanan parlamalar oluyor mu?

a- Evet b- Hayır

Parlamalar oluyorsa, yazılanları algılamakta güçlük çekiyor musunuz?

a- Evet b- Hayır

6. Masanızın üzerinde gözü rahatsız edici parlamalar oluyor mu?

a- Evet b- Hayır

7. Masanızın üzerine kendi gölgeniz ya da başka nesnelerin gölgesi düşüyor mu?

a- Evet b- Hayır

Gölge düşüyorsa, bu gölgeler, eyleminizi güçleştiriyor mu?

a- Evet b- Hayır

8. Yazı tahtasına ya da öğretmene baktığınızda, tavandaki lambaların parlaklığı gözünüzü kamaştırıyor mu?

a- Evet b- Hayır

9. Yalnızca günışığı aydınlığının olduğu durumla karşılaştığınızda, renkleri nasıl algılıyorsunuz?

a- Aynı b- Daha iyi c- Daha kötü

10. Aydınlatma nedeniyle, yorgunluk, baş ağrısı, göz ağrısı, dikkati toplayamama gibi rahatsızlıklar duyuyor musunuz?

a- Evet b- Hayır

Rahatsızlık duyuyorsanız, bunun nedenlerini sizi en çok rahatsız edenine “1” diyerek sıralayınız.

() Masa üzerindeki aydınlık az olduğu için

() Yazı tahtası üzerindeki aydınlık az olduğu için

() Masa üzerinde parlamalar olduğu için

() Yazı tahtası üzerinde parlamalar olduğu için

() Tavandaki lambalar gözümü kamaştırdığı için

() Masa üzerine kendi gölgem ya da başka nesnelerin gölgesi düştüğü için

() Başka nedenler

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	22.03.1971	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1985-1988	Mecidiyeköy Lisesi
Lisans	1988-1992	Yıldız Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü
Yüksek Lisans	1992-1996	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği Programı

Çalıştığı kurum(lar)

1995-1999	YTÜ Mimarlık Fak. Mimarlık Böl. Araştırma Gör.
1999-Devam ediyor	Türk Philips Tic. A.Ş.

