KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İÇ MİMARLIK ANABİLİM DALI

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA EĞİTİM YAPILARI DERSLİKLERİNDE ENERJİ ETKİN AYDINLATMA YAKLAŞIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatma Zişan YOLCU

EKİM 2024
TRABZON

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İÇ MİMARLIK ANABİLİM DALI

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA EĞİTİM YAPILARI DERSLİKLERİNDE ENERJİ ETKİN AYDINLATMA YAKLAŞIMI

Fatma Zişan YOLCU

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
"YÜKSEK İÇ MİMAR"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 / 09 / 2024
Tezin Savunma Tarihi : 30 / 10 / 2024

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Tülay ZORLU

Trabzon 2024

ÖNSÖZ

“Sürdürülebilirlik Bağlamında Eğitim Yapıları Dersliklerinde Enerji Etkin Aydınlatma Yaklaşımı” isimli bu tez Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İç Mimarlık Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Programı’nda hazırlanmıştır.

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje numarası: FYL-2023-10831

Tez konusunun belirlenmesinden tezin hazırlanmasını kapsayan uzun ve yoğun süreçte tüm içtenliğiyle yanımda olan, bilgi ve tecrübesiyle sürecin her zorlu aşamasında göstermiş olduğu sabırla daha iyisini yapabilmek adına disipline eden ve yönlendiren, akademik altlıkta öğrenci danışman ilişkisi sınırlarını sonsuz sevgi ve özverisiyle bambaşka boyutlara dönüştüren çok değerli hocam Prof. Dr. Tülay ZORLU’ya tez danışmanlığımı üstlendiği için tüm kalbimle teşekkür ederim.

Akademik hedeflerime ulaşma yolunda yanımda olan, bana her daim ilham veren annem Nuray YOLCU’ya, attığım her adımda en büyük dayanağım babam İsa Kemal YOLCU’ya ve canım kardeşim Erdem Mert YOLCU’ya teşekkür ederim. Sizlerin desteği ve sevgisi olmasaydı bu başarı mümkün olmazdı. İyi ki varsınız.

Her aşamasında büyük keyif aldığım ve heyecan duyduğum bu tez çalışmasının bundan sonraki çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Fatma Zişan YOLCU

Trabzon 2024

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum "Sürdürülebilirlik Bağlamında Eğitim Yapıları Dersliklerinde Enerji Etkin Aydınlatma Yaklaşımı" başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Tülay ZORLU'nun sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 30/10/2024

Fatma Zişan YOLCU

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ IV
İÇİNDEKİLER V
ÖZET VII
SUMMARY VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ IX
TABLOLAR DİZİNİ XII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ XVI
1. GENEL BİLGİLER 1
1.1. Giriş 1
1.2. Problemin Belirlenmesi 3
1.3. Çalışmanın Amacı ve Varsayımları 7
1.4. Çalışmanın Özgün Yönü ve Alana Katkısı 8
1.5. Aydınlatma 8
1.5.1. Aydınlatmanın Tanımı 8
1.5.2. Aydınlatmanın Önemi ve Etkileri 9
1.5.3. Aydınlatmanın Çalışma Performansı ve Öğrenme Üzerindeki Etkileri 13
1.5.4. İç Mekânda Aydınlatma Türleri 14
1.5.5. Aydınlatma ve Görsel Konfor Bileşenleri 26
1.5.6. Aydınlatmayı Etkileyen Mimari Özellikler 30
1.5.7. Aydınlatma ve Sürdürülebilirlik İlişkisi 38
1.6. Sürdürülebilirlik Bağlamında Eğitim Yapılarında Aydınlatma Tasarımı 40
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR 44
2.1. Çalışmanın Yöntemi 45
3. BULGULAR VE İRDELEMELER 65
3.1. Dersliklerin Fiziksel Özelliklerine Yönelik Bulgular 65
3.2. Ekim Ayı Mevcut Aydınlık Düzeyi Ölçümlerine Yönelik Bulgular 74
3.2.1. Zemin Kat Derslikler 74
3.2.2. Birinci Kat Derslikler 76
3.2.3. İkinci Kat Derslikler 80

3.2.4. Üçüncü Kat Derslikler 86
3.3. Ocak Ayı Mevcut Aydınlık Düzeyi Ölçümlerine Yönelik Bulgular 91
3.3.1. Zemin Kat Derslikler 91
3.3.2. Birinci Kat Derslikler 93
3.3.3. İkinci Kat Derslikler 97
3.3.4. Üçüncü Kat Derslikler 103
3.4. Nisan Ayı Mevcut Aydınlık Düzeyi Ölçümlerine Yönelik Bulgular 108
3.4.1. Zemin Kat Derslikler 108
3.4.2. Birinci Kat Derslikler 110
3.4.3. İkinci Kat Derslikler 114
3.4.4. Üçüncü Kat Derslikler 120
3.5. Dersliklerin Bulunduğu Kat Bağlamında Aydınlık Düzeyi İrdelemeleri 125
3.5.1. Güney/Ön Cephedeki Dersliklerin Aydınlık Düzeylerinin İrdelenmesi 125
3.5.2. Kuzey/Arka Cephedeki Dersliklerin Aydınlık Düzeylerinin İrdelenmesi 135
3.6. Dersliklerin Cephe Yönlenmesi Bağlamında Aydınlık Düzeyi İrdelemeleri 141
3.7. Dersliklerdeki Renk ve Malzeme Kombinasyonlarına İlişkin Simülasyon Bulguları 150
3.7.1. Zemin Kat Derslikler 153
3.7.2. Birinci Kat Derslikler 156
3.7.3. İkinci Kat Derslikler 161
3.7.4. Üçüncü Kat Derslikler 169
3.8. Dersliklerdeki Renk ve Malzeme Kombinasyonlarının Çalışma Düzlemi ve Odak Yüzeydeki Aydınlık Düzeyine Etkileri 176
3.8.1. Duvar Yüzey Renginin Etkisine İlişkin İrdelemeler 176
3.8.2. Duvar Yüzey Rengi ile Sıra Malzemesinin Etkisine İlişkin İrdelemeler 184
3.9. Enerji Verimliliği Hesaplamaları/Potansiyel Tasarruf Miktarının Belirlenmesi 192
4. SONUÇLAR 195
5. ÖNERİLER 205
6. KAYNAKLAR 207
7. EKLER 218
ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA EĞİTİM YAPILARI DERSLİKLERİNDE ENERJİ ETKİN AYDINLATMA YAKLAŞIMI

Fatma Zişan YOLCU

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İç Mimarlık Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Tülay ZORLU
2024, 217 Sayfa, 2 Sayfa Ek

Eğitim yapılarında aydınlatma sistemlerinin bilinçli bir şekilde tasarlanması, hem görsel konfor koşullarının sağlanarak eğitimin verimli bir şekilde sürdürülmesine hem de önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanmasına katkı sunmaktadır. Doğru aydınlatma tasarımının yanı sıra dersliklerin renk ve doku gibi özellikleri de aydınlık düzeyi üzerinde etkilidir. Bu çalışmanın amacı; sürdürülebilirlik kavramı çerçevesinde eğitim yapıları dersliklerindeki aydınlatma tasarımında dersliklerde kullanılan malzemelerin renk ve doku özelliklerinin aydınlık düzeyi üzerindeki etkilerinin ortaya koyularak enerji tasarrufu ve görsel konfora olumlu katkı sağlayacak önerilerin sunulmasıdır. Çalışmanın ilk bölümünde; aydınlatma ve sürdürülebilirlik bağlamında eğitim yapıları aydınlatma tasarımına ilişkin kuramsal bilgiler verilmektedir. İkinci bölümde; çalışmada gerçekleştirilen yerinde tespit, aydınlık düzeyi ölçümleri ve Dialux.evo yazımıyla simülasyonlarına ilişkin bilgiler sunulmuştur. Üçüncü bölümde; yerinde tespit çalışmalarının bulguları ve dersliklerde yapılan aydınlık düzeyi ölçümlerinin TS-EN 12464-1 standardına uygunluğuna ilişkin değerlendirmeleri yapılmıştır. Ardından, farklı duvar yüzey rengi ve sıra malzemelerinin aydınlık düzeyine etkileri irdelenmiş ve potansiyel elektrik enerjisi tasarruf miktarı hesaplanmıştır. Günışığını az alan cephelerde duvar yüzey renklerinin sıcak-soğuk renk kullanımı ve sıra malzemelerinin açık renkli olması dersliklerde aydınlık düzeyini olumlu etkilemiştir. Dördüncü bölümde; çalışmanın sonuçları ortaya koyularak dersliklerde kullanılacak renk ve malzemelere ilişkin önerilere yer verilmiştir. Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje numarası: FYL-2023-10831

Anahtar Kelimeler: Enerji tasarrufu, Aydınlatma sistemleri, Görsel konfor, Dersliklerde renk ve malzeme

Master Thesis

SUMMARY

ENERGY EFFICIENT LIGHTING APPROACH IN CLASSROOM OF EDUCATIONAL BUILDINGS IN THE CONTEXT OF SUSTAINABILITY

Fatma Zişan YOLCU

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Interior Architecture Graduate Program
Supervisor: Prof. Tülay ZORLU
2024, 217 Pages, 2 Pages Appendix

The conscious design of lighting systems in educational buildings contributes to both ensuring visual comfort conditions for effective learning and achieving significant energy savings. In addition to proper lighting design, the characteristics of classrooms, such as color and texture, also influence the illumination levels. This study aims to investigate the effects of material color and texture properties used in classrooms on illumination levels within the framework of sustainability and to propose recommendations that enhance energy savings and visual comfort. The first section of the study provides theoretical information on lighting design in educational buildings in the context of lighting and sustainability. The second section presents details of on-site assessments, illumination level measurements, and simulations conducted using Dialux.evo software. In the third section, the findings of the on-site assessments and the compliance of classroom illumination level measurements with the TS-EN 12464-1 standard are evaluated. Furthermore, the effects of different wall surface colors and desk materials on illumination levels are examined, and the potential amount of electrical energy savings is calculated. The findings indicate that, in classrooms with limited daylight, the use of warm or cool wall colors and light-colored desk materials positively impacts illumination levels. The fourth section outlines the results of the study, providing recommendations regarding the selection of colors and materials for use in classrooms. This study was supported by the Scientific Research Projects Unit of Karadeniz Technical University. Project number: FYL-2023-10831

Key Words: Energy conservation, Lighting systems, Visual comfort, Color and material in classrooms

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Türkiye'de yapılan enerji verimliliği çalışmaları 3
Şekil 2. Türkiye'de genel aydınlatma ihtiyacına yönelik tüketilen elektrik enerjisi miktarının yıllara göre değişimi 5
Şekil 3. Direkt (solda) ve endirekt (sağda) aydınlatma biçimi 23
Şekil 4. Örnek bir ızgara ve hesaplama formülü 27
Şekil 5. Işığın renk sıcaklığı değeri 28
Şekil 6. Renksel geri verim (Ra) özelliklerine göre nesnelerin görünürlüğü 30
Şekil 7. Çalışmanın araştırma deseni 46
Şekil 8. Ahmet Saka İlkokulu 48
Şekil 9. Ahmet Saka İlkokulu kat planları 49
Şekil 10. Dersliklerin fiziksel özelliklerine ilişkin tespit formu 50
Şekil 11. Aydınlık düzeyi ölçüm prosedürü 51
Şekil 12. Ölçüm yapılan derslikler 52
Şekil 13. Türkiye'nin ve Trabzon'un güneş enerjisi potansiyel haritası 53
Şekil 14. Aydınlık düzeyi ölçüm tarihleri 53
Şekil 15. Işık ölçer cihaz ile referans noktaları ve referans ölçüm rotası 55
Şekil 16. Ölçüm yapılan dersliklerin aydınlık düzeyleri bilgi kartı formatı 56
Şekil 17. Dialux.evo 12.1 yazılımında hazırlanan model -1 57
Şekil 18. Dialux.evo 12.1 yazılımında hazırlanan model – 2 58
Şekil 19. Kombinasyon önerileri için Munsell Renk Atlası'ndan seçilen duvar yüzey renkleri 61
Şekil 20. Dialux.evo 12.1 yazılımında enerji verimliliği hesaplama arayüzü – 1 63
Şekil 21. Dialux.evo 12.1 yazılımında enerji verimliliği hesaplama arayüzü – 2 64
Şekil 22. Güney/ön cephede ölçüm yapılan derslikler 125
Şekil 23. Derslik 1, Derslik 5 ve Derslik 12'nin aydınlık düzeyi değerleri 127
Şekil 24. Derslik 3, Derslik 7, Derslik 14 ve Derslik 23'ün aydınlık düzeyi değerleri 130
Şekil 25. Derslik 9, Derslik 16 ve Derslik 24'ün aydınlık düzeyi değerleri 132
Şekil 26. Derslik 9, Derslik 16 ve Derslik 24'ün aydınlık düzeyi değerleri 135
Şekil 27. Kuzey/arka cephede ölçüm yapılan derslikler 135
Şekil 28. Derslik 10, Derslik 17 ve Derslik 25'in ortalama aydınlık düzeyleri 138
Şekil 29. Derslik 20 ve Derslik 28'in ortalama aydınlık düzeyleri 140

Şekil 30. Birinci kattaki Derslik 5 ve Derslik 10'un doğal ve bütünleşik aydınlatma verileri 142
Şekil 31. İkinci kattaki Derslik 12 ve Derslik 17'nin doğal ve bütünleşik aydınlatma verileri 145
Şekil 32. İkinci kattaki Derslik 16 ve Derslik 20'nin doğal ve bütünleşik aydınlatma verileri 147
Şekil 33. Üçüncü kattaki Derslik 24 ve Derslik 28'in doğal ve bütünleşik aydınlatma verileri 149
Şekil 34. Simülasyonlara yönelik hazırlanan kombinasyonlar 150
Şekil 35. Gri renk duvar yüzeyleri ve ahşap sıra kombinasyonu (K-1) 151
Şekil 36. Sıcak renk duvar yüzeyleri ve ahşap sıra kombinasyonu (K-2) 151
Şekil 37. Soğuk renk duvar yüzeyleri ve ahşap sıra kombinasyonu (K-3) 152
Şekil 38. Sıcak renk duvar yüzeyleri ve PPC sıra kombinasyonu (K-4) 152
Şekil 39. Soğuk renk duvar yüzeyleri ve PPC sıra kombinasyonu (K-5) 153
Şekil 40. Derslik 1'in kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri 154
Şekil 41. Derslik 3'ün kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri 155
Şekil 42. Derslik 5'in kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri 157
Şekil 43. Derslik 7'nin kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri 158
Şekil 44. Derslik 7'nin kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri 160
Şekil 45. Derslik 10'un kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri 161
Şekil 46. Derslik 12'nin kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri 162
Şekil 47. Derslik 14'ün kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri 163
Şekil 48. Derslik 16'nın kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri 165
Şekil 49. Derslik 17'nin kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri 166
Şekil 50. Derslik 20'nin kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri 167
Şekil 51. Derslik 21'in kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri 169
Şekil 52. Derslik 23'ün kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri 170

Şekil 54. Derslik 25'in kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri 173
Şekil 55. Derslik 28'in kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri 174
Şekil 56. Derslik 29'un kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri 175
Şekil 57. K-2 ve K-3'te günışığına bağlı çalışma düzleminde aydınlık düzeyinin değişim oranı (%) 177
Şekil 58. K-2 ve K-3'te günışığına bağlı odak yüzeyinde aydınlık düzeyinin değişim oranı (%) 179
Şekil 59. K-2 ve K-3'te bütünleşik aydınlatmaya bağlı çalışma düzleminde aydınlık düzeyinin değişim oranı (%) 181
Şekil 60. K-2 ve K-3'te bütünleşik aydınlatma durumunda odak yüzeyinde aydınlık düzeyinin değişim oranı (%) 183
Şekil 61. K-4 ve K-5'te günışığına bağlı çalışma düzleminde aydınlık düzeyinin değişim oranı (%) 186
Şekil 62. K-4 ve K-5'te günışığına bağlı odak yüzeyinde aydınlık düzeyinin değişim oranı (%) 187
Şekil 63. K-4 ve K-5'te bütünleşik aydınlatma durumunda çalışma düzleminin aydınlık düzeyinin değişim oranı (%) 189
Şekil 64. K-4 ve K-5'te bütünleşik aydınlatma durumunda odak yüzeyinin aydınlık düzeyinin değişim oranı (%) 190

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. TS EN 17037+A1:2021- Günışığından yararlanmanın ölçütleri 15
Tablo 2. Eğitim yapıları dersliklerinde aydınlık gereksinmeleri 19
Tablo 3. Yapay aydınlatma kaynakları ve performans özellikleri 21
Tablo 4. İç mekânda yüzeylerin yansıtıcılık oranları 34
Tablo 5. Dialux.evo 12.1 yazılımında hazırlanan modelde kullanılan nesne özellikleri 59
Tablo 6. Aydınlatma türleri ve çalışmadaki temsili renk lejantı 60
Tablo 7. Enerji verimliliğine yönelik hazırlanan kombinasyonlar 62
Tablo 8. Tip 1 derslik kimlik kartı 67
Tablo 9. Tip 2 derslik kimlik kartı 68
Tablo 10. Tip 3 derslik kimlik kartı 69
Tablo 11. Tip 4 derslik kimlik kartı 70
Tablo 12. Tip 5 derslik kimlik kartı 71
Tablo 13. Tip 6 derslik kimlik kartı 72
Tablo 14. Tip 7 derslik kimlik kartı 73
Tablo 15. Zemin kat Derslik 1'in ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 74
Tablo 16. Zemin kat Derslik 3'ün ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 75
Tablo 17. Birinci kat Derslik 5'in ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 76
Tablo 18. Birinci kat Derslik 7'nin ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 77
Tablo 19. Birinci kat Derslik 9'un ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 78
Tablo 20. Birinci kat Derslik 10'un ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 79
Tablo 21. İkinci kat Derslik 12'nin ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 80
Tablo 22. İkinci kat Derslik 14'ün ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 81
Tablo 23. İkinci kat Derslik 16'nın ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 82
Tablo 24. İkinci kat Derslik 17'nin ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 83
Tablo 25. İkinci kat Derslik 20'nin ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 84
Tablo 26. İkinci kat Derslik 21'in ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 85
Tablo 27. Üçüncü kat Derslik 23'nin ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 86
Tablo 28. Üçüncü kat Derslik 24'ün ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 87
Tablo 29. Üçüncü kat Derslik 25'in ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 88
Tablo 30. Üçüncü kat Derslik 28'in ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 89

Tablo 31. Üçüncü kat Derslik 29'un Ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 90
Tablo 32. Zemin kat Derslik 1'in ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 91
Tablo 33. Zemin kat Derslik 3'ün ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 92
Tablo 34. Birinci kat Derslik 5'in ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 93
Tablo 35. Birinci kat Derslik 7'nin ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 94
Tablo 36. Birinci kat Derslik 9'un ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 95
Tablo 37. Birinci kat Derslik 10'un ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 96
Tablo 38. İkinci kat Derslik 12'nin ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 97
Tablo 39. İkinci kat Derslik 14'ün ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 98
Tablo 40. İkinci kat Derslik 16'nın ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 99
Tablo 41. İkinci kat Derslik 17'nin ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 100
Tablo 42. İkinci kat Derslik 20'nin ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 101
Tablo 43. İkinci kat Derslik 21'in ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 102
Tablo 44. Üçüncü kat Derslik 23'ün ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 103
Tablo 45. Üçüncü kat Derslik 24'ün ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 104
Tablo 46. Üçüncü kat Derslik 25'in ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 105
Tablo 47. Üçüncü kat Derslik 28'in ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 106
Tablo 48. Üçüncü kat Derslik 29'un ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 107
Tablo 49. Zemin kat Derslik 1'in nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 108
Tablo 50. Zemin kat Derslik 3'in nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 109
Tablo 51. Birinci kat Derslik 5'in nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 110
Tablo 52. Birinci kat Derslik 7'nin nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 111
Tablo 53. Birinci kat Derslik 9'un nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 112
Tablo 54. Birinci kat Derslik 10'un nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 113
Tablo 55. İkinci kat Derslik 12'un nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 114
Tablo 56. İkinci kat Derslik 14'un nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 115
Tablo 57. İkinci kat Derslik 16'nın nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 116
Tablo 58. İkinci kat Derslik 17'nin nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 117
Tablo 59. İkinci kat Derslik 20'nin nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 118
Tablo 60. İkinci kat Derslik 21'in nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 119
Tablo 61. Üçüncü kat Derslik 23'ün nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 120
Tablo 62. Üçüncü kat Derslik 16'nın nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 121
Tablo 63. Üçüncü kat Derslik 25'in nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 122
Tablo 64. Üçüncü kat Derslik 28'in nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 123

Tablo 65. Üçüncü kat Derslik 29'un nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri 124
Tablo 66. Derslik 1, Derslik 5 ve Derslik 12'nin günışığına bağlı ortalama aydınlık düzeyi (lx) değeri 126
Tablo 67. Derslik 1, Derslik 5 ve Derslik 12'nin bütünleşik aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi (lx) değeri 127
Tablo 68. Derslik 3, Derslik 7, Derslik 14 ve Derslik 23'ün günışığına bağlı ortalama aydınlık düzeyi (lx) değeri 128
Tablo 69. Derslik 3, Derslik 7, Derslik 14 ve Derslik 23'ün bütünleşik aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi (lx) değeri 129
Tablo 70. Derslik 9, Derslik 16 ve Derslik 24'ün günışığına bağlı ortalama aydınlık düzeyi değeri 131
Tablo 71. Derslik 9, Derslik 16 ve Derslik 24'ün bütünleşik aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi değeri 132
Tablo 72. Derslik 21 ve Derslik 29'un günışığına bağlı ortalama aydınlık düzeyi değeri 133
Tablo 73. Derslik 21 ve Derslik 29'un bütünleşik aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi değeri 134
Tablo 74. Derslik 10, Derslik 17 ve Derslik 25'in günışığına bağlı aydınlık düzeyi değeri 136
Tablo 75. Derslik 10, Derslik 17 ve Derslik 25'in bütünleşik aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi değeri 137
Tablo 76. Derslik 20 ve Derslik 28'in günışığına ortalama aydınlık düzeyi (lx) değeri 139
Tablo 77. Derslik 20 ve Derslik 28'in bütünleşik aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi değeri 140
Tablo 78. Birinci kat dersliklerin bulundukları cephe bağlamında doğal aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi değerleri 141
Tablo 79. Birinci kat dersliklerin bulundukları cephe bağlamında bütünleşik aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi değerleri 142
Tablo 80. İkinci kat dersliklerin bulundukları cephe bağlamında doğal aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi değerleri 143
Tablo 81. İkinci kat dersliklerin bulundukları cephe bağlamında bütünleşik aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi değerleri 144
Tablo 82. İkinci kat dersliklerin bulundukları cephe bağlamında doğal aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi değerleri 146
Tablo 83. İkinci kat dersliklerin bulundukları cephe bağlamında doğal aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi değerleri 146
Tablo 84. İkinci kat dersliklerin bulundukları cephe bağlamında doğal aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi değerleri 148
Tablo 85. İkinci kat dersliklerin bulundukları cephe bağlamında bütünleşik aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi değerleri 149

Tablo 86. Günışığı durumunda duvar yüzey renklerinin değiştirilmesiyle çalışma düzlemi ve odak yüzeyinin aydınlık düzeyindeki değişim oranları (%) 180
Tablo 87. Bütünleşik aydınlatma durumunda duvar yüzey renklerinin değiştirilmesiyle çalışma düzlemi ve odak yüzeyinin aydınlık düzeyindeki değişim oranları (%)..... 184
Tablo 88. Doğal aydınlatma durumunda duvar yüzey renkleri ve sıra malzemelerinin değiştirilmesiyle çalışma düzlemi ve odak yüzeyinin aydınlık düzeyindeki değişim oranları (%)..... 188
Tablo 89. Bütünleşik aydınlatma durumunda duvar yüzey renkleri ve sıra malzemelerinin değiştirilmesiyle çalışma düzlemi ve odak yüzeyinin aydınlık düzeyindeki değişim oranları (%)..... 191
Tablo 90. Güney cephesi derslikleri için enerji verimliliği hesap sonuçları..... 193
Tablo 91. Kuzey cephesi derslikleri için enerji verimliliği hesap sonuçları..... 194

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

lx	: lüks
CCT	: Yapay Işık Renk Sıcaklığı
CFL	: Kompakt Floresan Lamba
CIBSE	: The Chartered Institution of Building Services Engineers
CIE	: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
CRI	: Renksel Geriverim İndeksi
DGP	: Günışığı Kamaşma Olasılığı
E	: Aydınlık Düzeyi
IAE	: Ekosistemlerin Entegre Değerlendirmesi
IES	: Illuminating Engineering Society
LED	: Işık Yayan Diyotlar
MEB	: Milli Eğitim Bakanlığı
TMMMOB	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Küreselleşen dünyada artan nüfusla birlikle tüketilen enerji ve çevresel sorunlar, enerjinin etkin kullanımının önemini her geçen gün daha da arttırmaktadır. Elektrik enerjisinin tüketimi, dünyadaki toplam nihai enerji tüketiminin yaklaşık %20'sini oluştur-maktadır. 2022 yılında yayımlanan IAE (Ekosistemlerin Entegre Değerlendirmesi) raporunda, teknolojik gelişmelerin etkisiyle elektrikli cihaz kullanımının yaygınlaşması ile ilişkili olarak 2030 yılında büyük miktarda artacağı öngörülmektedir (IEA, 2022).

Dünya genelinde elektrik enerjisinin %20 ila %50si aydınlatma amaçlı kullanılmaktadır (Muhommed vd., 2010). Türkiye'de de aydınlatma amaçlı elektrik enerjisinin kullanımının 2014-2024 yılları arasında son 10 yılda %52 oranında arttığı görülmektedir (TEDAŞ, 2024). Bu bağlamda yalnızca binaların aydınlatmaya yönelik harcadığı elektrik enerji miktarı ise tüketilen toplam elektrik enerjisinin %56sını oluşturmaktadır (Sümenger ve Yener, 2015). Bu nedenle kullanılacak aydınlatma sistemlerinin bilinçli seçimi, binaların tasarım, yapım ve kullanım süreçlerinde enerji kullanımının azaltılmasına yönelik önemli tedbirlerden biri olarak görülmektedir (Onak ve Yıldıran, 2020).

Türkiye'de güncel verilere göre, kamu binaları arasında toplam 70 bin 383 adet eğitim yapısı ve 749 bin 454 adet derslik bulunmakta (MEB, 2022), bu sayıyla eğitim yapıları diğer yapı gruplarından oldukça fazla yer kaplamaktadır. Bina sayısının fazla olmasının yanında, eğitim yapılarının kullanım yoğunluğu, sağladığı hizmetler ve görsel konfor koşullarının sağlanmasının gerekliliği göz önüne alındığında, sağlanabilecek enerji tasarrufu bu yönüyle büyük önem taşımaktadır (Çelik ve Ünver, 2019). Dersliklerde görsel konfor koşullarının sağlanmasına yönelik, yapının kullanıldığı aktif zaman aralığı günışığından yararlanmaya elverişli olmasına rağmen, uluslararası standartlarda yer alan aydınlık düzeyi değerlerinin (Zehra vd., 2018) ve homojen bir aydınlığın sağlanabilmesi amacıyla yapay aydınlatma sistemlerinden de sıklıkla yararlanılmaktadır.

Eğitim yapılarında aydınlatma sistemlerinin bilinçli tasarlanması hem görsel konfor koşullarının sağlanmasıyla eğitimin verimli biçimde sürdürülmesine hem de önemli ölçüde enerji tasarrufu elde edilebilmesine katkı sağlamaktadır. Eğitim yapılarında derslik,

kütüphane, laboratuvar, kantin, koridor, ıslak hacimler gibi birçok farklı işlevde mekân bulunmaktadır. Bu nedenle aydınlatma sistemlerinin doğru kurgulanması, öğrencilerin fiziksel veya ruhsal rahatsızlık hissetmeden her mekânı doğru algılamalarına ve eylemlerini etkin şekilde gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır (Anon, 2000; Capeluto, 2003). Eğitim yapılarında dersliklerde doğru aydınlatma tasarımı, görsel performansın arttırılmasıyla eğitimde verimliliğin sağlanmasına (Grangaard, 1995; Başkan ve Sözen, 2006; Yener vd., 2009), göz sağlığının korunmasına (Cheatum ve Hammond, 2000) katkı sağlamasının yanında, öğrencileri aydınlatmanın görme olgusu ile ilişkisi olmayan birçok açıdan da etkileyen (Wurtman, 1975; Cajochen, 2007; Mott vd., 2012; Memiş ve Ekren, 2019) önemli tasarım unsurlarındandır.

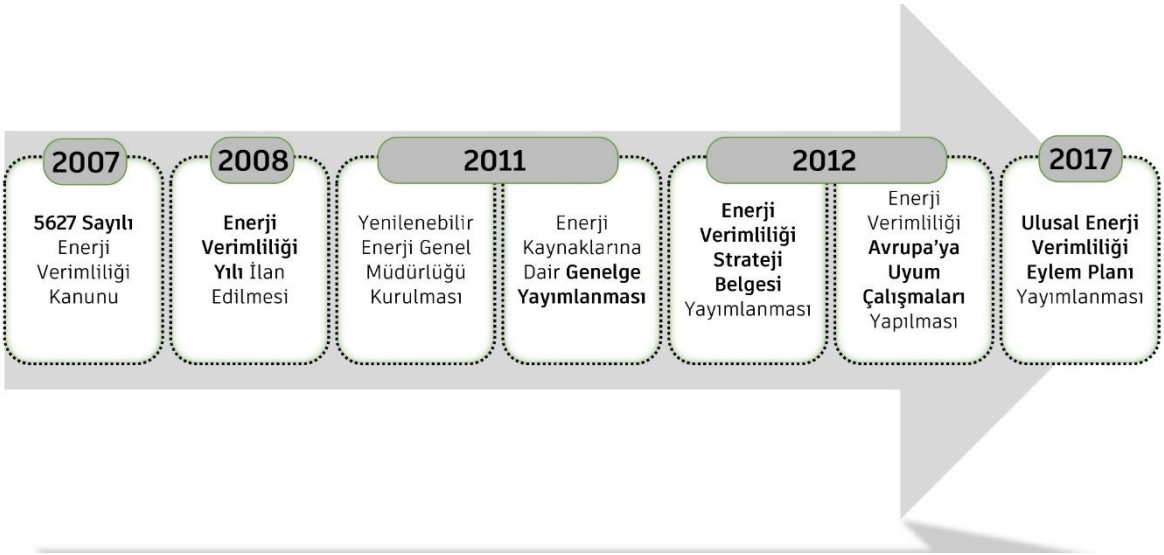
Eğitim yapılarında aydınlatma tasarımının bilinçli yapılması gerekliliklerinden biri de enerjinin etkin kullanılmasına katkı sağlayabilecek önemli bir faktör olmasıdır. Eğitim yapılarında öncelikli olarak doğal aydınlatmadan yararlanılmakta ancak Dünya'nın günlük hareketleri nedeniyle dersliklerde sabit aydınlık düzeyi belirlenebilmesi için sıklıkla yapay aydınlatma elemanlarından yararlanılmaktadır. Bu bağlamda eğitim yapılarında yapay aydınlatma armatürlerinin doğru seçimi ve bu armatürlerin yerleşim düzeniyle sağlanacak enerjiyle hem elektrik tüketim miktarının hem de yapım maliyetlerinin azaltılması mümkündür (Yılmaz ve Sungur, 2020). Enerji verimliliğinin sağlanmasında, yapay aydınlatma elemanlarının nitel ve nicel özelliklerinin doğru seçimi kadar mekânın çalışma düzlemi, tavan, döşeme ve duvar yüzeylerinin renk ve malzeme özellikleri de etkilidir. Bu sebeple enerji etkin aydınlatma tasarımlarında standartlarla belirlenen aydınlatma koşullarının sağlanmasında mekândaki yüzey ve mobilyaların renk/malzeme özellikleri de dikkate alınmalıdır (Kutlu Güvenkaya, 2008; Şahin vd., 2013; Nugroho, 2022).

Eğitim yapılarında enerji etkin aydınlatma yaklaşımlarının bütünleşik aydınlatma sistemleriyle optimum koşulları sağlayan çözüm olduğu, aydınlatma elemanlarının cinsi, konumu ve gücü üzerinden değerlendirmeler yapıldığı (Onak ve Yıldıran, 2008; Zehra vd., 2018; Çelik ve Ünver, 2019) ve genellikle aydınlatma tasarımının mekândaki renk, malzeme vb. diğer fiziksel parametrelerden bağımsız olarak ele alındığı belirlenmiştir. Bu çalışmada mekândaki renk, malzeme/doku gibi fiziksel değişkenlerin o mekânda homojen bir aydınlık düzeyi ve enerji tasarrufu elde edilebilmesindeki etkileri tartışılmaktadır. Tez çalışması kapsamında yapılan analiz sonuçları doğrultusunda, derslik tasarımında elektrik enerjisi tasarrufu sağlamaya yönelik etkili renk ve malzeme/doku seçimlerine ilişkin bilgiler sunulmaktadır.

1.2. Problemin Belirlenmesi

Küreselleşen dünyada, en büyük sorunlardan biri şüphesiz enerji tüketimidir. Dünya genelinde enerji talebinin 1990-2008 yılları arasında %39, 2007-2030 yılları arasında ise %40 oranında arttığı belirlenmiştir (Salleh vd., 2016). Dünyadaki toplam nihai enerji tüketiminin yaklaşık %20'sini elektrik enerjisinin tüketimi oluşturmaktadır. 2022 yılında yayımlanan IAE raporunda, teknolojik gelişmelerin etkisiyle elektrikli cihaz kullanımının yaygınlaşması ile ilişkili olarak 2030'a kadar küresel elektrik enerjisi ihtiyacının %30 oranında, benzer şekilde 2050 yılı elektrik enerjisi talebinin Belirtilmiş Politikalar Senaryosuna göre %80, Açıklanmış Taahhütler Senaryosuna göre %120, Net Sıfır Emisyon Senaryosuna göre %150 oranında artacağı öngörülmektedir (IEA, 2022).

Günümüzde toplumların tüketim odaklı yaşam şeklini benimsemesi enerjiye duyulan ihtiyacın her geçen gün artması sebebiyle enerji tüketiminin yönetim ve denetiminin yapılması zorunluluğu gündeme gelmiştir. Bu süreçte gelişmiş ülkelerde ulusal ve uluslararası kapsamda hazırlanan enerji politikalarında da enerji verimliliğinin arttırılması ve enerji tasarrufunun önemi vurgulanmıştır (Pamir, 2003). Ülkemizde enerji verimliliği çalışmaları 80'li yıllardan itibaren gündeme alınmış, 2007 yılında yürürlüğe giren Enerji Verimliliği Kanunu ile enerjinin etkin kullanımının gelişmesine yönelik iyileştirmeler yapılmıştır (TMMMOB, 2012; Keskin ve Güven, 2012). 2017 yılında, bakanlık tarafından hazırlanan 'Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı' yayımlanmış, bakanlık tarafından her yıl düzenlenen faaliyet raporları ile de desteklenmeye devam edilmektedir (Şekil 1).



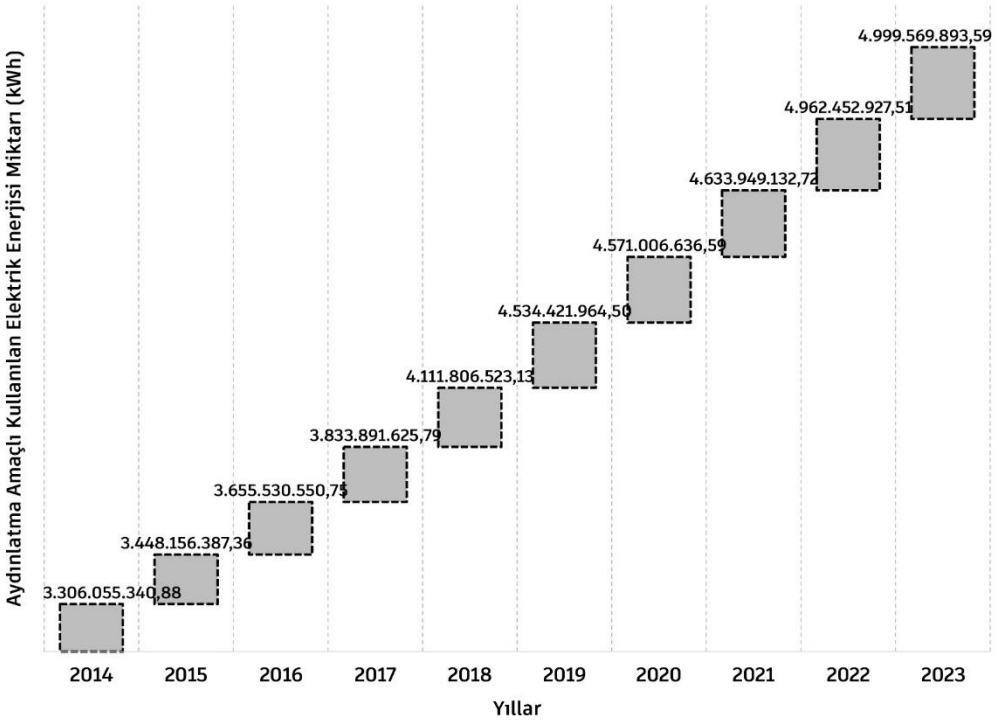
Şekil 1. Türkiye'de yapılan enerji verimliliği çalışmaları

Binalardaki toplam enerji tüketiminin de %20'si ile %50sini aydınlatma amaçlı tüketimi kapsamaktadır (Mohammed, 2010; Sümenger ve Yener, 2015; Weisbuch, 2018). Ülkemizde de benzer biçimde toplam enerji tüketiminin %25'i aydınlatma ihtiyacına harcanmaktadır (Uygun, 2017). T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 2019 yılında yayımladığı 'Kamu Binalarında Tasarruf Hedefi ve Uygulama Rehberi' ile 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu'na göre kamu binaları için 2023 yılı sonuna kadar en az %15 enerji tasarrufu sağlanabilmesi amacıyla yürütülecek çalışmalarda tasarruf önerileri sunulmaktadır. Tasarruf sağlanmasına yönelik oluşturulan öneriler; ısıtma ve soğutma, havalandırma, aydınlatma için kullanılan enerji kaynaklarını ve verimli ekipman kullanımını kapsamaktadır. 30860 sayılı Kamu Binalarında Enerji Tasarrufunun Sağlanmasına Yönelik Genelgede yer alan tasarruf önlemleri;

- İç mekân aydınlatmasında kullanılan floresan armatürlerdeki manyetik balastların elektronik balastlar ile değişimi sağlanacaktır.
- Ekonomik kullanım zamanı bitmiş armatürler yerine floresan lamba veya LED armatür kullanılacaktır.
- Dış aydınlatmada kullanılan metal halinde ve cıva buharlı armatürlerin LED armatürler ile dönüşümü sağlanacaktır, şeklinde belirtilmektedir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın yayınladığı son faaliyet raporuna göre (2024) bakanlığa verilen toplam ödeneğin %98'inin kullanıldığı raporlanmıştır. Ödenek içinde yer alan Mal ve Hizmet Alım Giderlerinde yer alan toplam harcamanın %99,7'sini oluşturan genel aydınlatma giderleri, 2022 yılına göre %125 arttığından 2023 yılındaki bütçede de ciddi artışa neden olmuştur. Bunun yanında bakanlık tarafından desteklenen proje tipleri sınıflandırmasında 27 proje ile basınçlı hava sistemleri konusu yer alırken, ikinci sırada 16 proje ile aydınlatma konulu projeler yer almaktadır.

Türkiye'de elektrik enerjisi sağlayıcı kurum olan TEDAŞ'ın resmi internet sitesinde yer alan raporlara göre ise Türkiye'de 2014 yılında genel aydınlatma tüketimi 3.306.055.340,88 kWh iken, her geçen yıl düzenli bir artış gösteren tüketimin 2023 yılında 4.999.569.893,59 kWh seviyesine ulaştığı tespit edilmiştir (Şekil 2). Bu verilere göre Türkiye'de aydınlatma amaçlı kullanılan elektrik enerjisi tüketim miktarının 2014-2024 yıllarını kapsayan 10 yıllık periyotta %52 oranında arttığı görülmektedir (TEDAŞ, 2024).



Şekil 2. Türkiye'de genel aydınlatma ihtiyacına yönelik tüketilen elektrik enerjisi miktarının yıllara göre değişimi

Tüm bu bilgiler ışığında, devlet politikalarında elektrik enerjisi tasarrufu sağlamaya yönelik yapılacak iyileştirmelerde aydınlatma elemanlarına ilişkin detayların yer alması, aydınlatma tasarımının bilinçli yapılmasının önemini vurgulamaktadır. Aydınlatma sistemlerinin bilinçli seçimi, enerji kullanımının azaltılmasına yönelik önemli tedbirlerden biri olarak görülmektedir (Onak ve Yıldıran, 2020). Aydınlatma tasarımının doğru planlanması binaların tasarım, yapım ve kullanım süreçlerinde enerji verimliliğinde önemli bir parametre olarak kabul edilmektedir. Son yıllarda aydınlatma tüketiminin hızla artması, mevcut tasarruf politikalarına rağmen, bu alanda daha fazla bilimsel çalışmanın gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Kamu hizmetleri ve aydınlatma için harcanan elektrik tüketim miktarları göz önünde bulundurulduğunda, ülkemizde toplam nüfusun yaklaşık %20'si tarafından yıl boyunca etkin şekilde kullanılan yapı gruplarından biri de eğitim yapılarıdır. Örgün eğitimde 2021-2022 eğitim öğretim yılında 70 bin 383 okul hizmet vermiştir. Hizmet veren eğitim kurumlarının 24 bin 519'u ilkokul, 18 bin 936'sı ortaokul ve 12 bin 804'ü de ortaöğretim kademesinde yer almaktadır.

Kamu binaları arasında sayıca fazla olan eğitim yapısı ilkokul yapılarıdır. Bina sayısının yanında en fazla dersliğe sahip olan düzey de 269.059 derslikle ilkokul yapılarıdır (MEB, 2022). Eğitim yapıları, ısıtma-soğutma, havalandırma, aydınlatma, elektrikli cihazların kullanımı gibi birçok hizmette için elektrik enerjisini kullanmaktadır Eğitim yapılarında derslikler, diğer mekânlara göre hem sayıca fazla hem de en yoğun kullanılan mekân olduğundan dersliklerde doğru ve bilinçli aydınlatma tasarımıyla önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanabilir. Her ne kadar enerji tasarrufunun sağlanması için doğal ışık kaynaklarının varlığından söz edilse de, yılın her döneminde, dersliklerin her noktasında eşit ve etkili aydınlık düzeyi sağlayamadığından, eğitim yapılarında sıklıkla yapay aydınlatma elemanları kullanılmaktadır. Bu sebeple, eğitim yapılarının planlama aşamasında aydınlatma tasarımında, elektrik enerjinin etkin kullanımıyla tasarruf sağlamaya yönelik önlemlerin alınmasına özen gösterilmelidir.

Eğitim yapılarındaki dersliklerde doğru ve etkin aydınlatma tasarımıyla, öğrencilerin hem bilişsel, fiziksel ve ruhsal sağlıkları korunarak hem de görsel konfor koşulları sağlanarak eğitim verimliliğinin artırılmasına da önemli katkı sağlamaktadır. (Başkan vd., 2006; Yener vd., 2009; Grangaard, 1995; Cheatum ve Hammond, 2000; Wurtman, 1975; Cajochen, 2007; Moyano vd., 2020). Bu bağlamda, eğitim yapılarında aydınlatma tasarımının hem görsel konfor koşullarına uygun hem de enerji etkin biçimde kurgulanmasının önemi büyüktür.

Enerji etkin aydınlatma tasarımı, hem aydınlatma armatürlerinin nicel ve nitel özelliklerinin (armatürlerin watt ve lümen değerleri, armatür sayısı ve çeşidi, ışığın rengi) doğru seçilmesiyle hem de mekânın fiziksel bileşenlerinin (mekân boyutu, pencereler, tavan, duvar ve döşemeler, malzeme renk doku özellikleri) doğru kurgulanmasıyla mümkün olmaktadır. (Nas, 2021; Nugroho, 2022; Olijiga, 2024).

Yapılan bilimsel çalışmalar incelendiğinde, eğitim yapılarında da enerji etkin aydınlatma yaklaşımlarının mekândaki renk, doku vb. diğer fiziksel parametrelerden bağımsız sadece aydınlatma elemanlarının cinsi, konumu ve gücü üzerinden değerlendirmeler belirlenmiştir.

Yukarıda sıralanan kabuller temelinde, “Sürdürülebilirlik Bağlamında Eğitim Yapıları Dersliklerinde Enerji Etkin Aydınlatma Yaklaşımı” başlıklı bu çalışmada, ilk kademe eğitim yapıları dersliklerinde enerji etkin aydınlatma tasarımında mekânın ve mobilyaların renk ve dokusal özelliklerinin etkileri ortaya konmaktadır.

1.3. Çalışmanın Amacı ve Varsayımları

Eğitim yapıları dersliklerinde enerji etkin aydınlatma tasarımı yapılmış olması, hem öğrenci ve öğretmenler üzerindeki fiziksel, bilişsel ve ruhsal olumlu etkileri hem de sağlanacak enerji tasarruf potansiyelinin fazla olması nedeniyle önemlidir.

Bu çalışma, eğitim yapıları dersliklerinde kullanılacak duvar yüzey renkleri ve öğrenci sıralarının malzeme/doku özelliklerinin doğru seçilmesinin görsel konfora ve elektrik enerjisi tasarrufuna olumlu katkı sağlayacağı varsayımı üzerine temellenmiştir.

Bu tez çalışmasının temel amacı; sürdürülebilirlik kavramı çerçevesinde eğitim yapıları dersliklerindeki aydınlatma sistemlerinin tasarımında dersliklerde kullanılan malzemelerin renk ve doku özelliklerinin aydınlık düzeyi üzerindeki etkilerini ortaya koyarak enerji tasarrufu ve görsel konfora olumlu katkı sağlayacak önerilerin sunulmasıdır.

Bu bağlamda tez çalışması kapsamında ortaya konulan enerji etkin aydınlatma yaklaşımıyla;

- Çalışma alanı olarak seçilen ilkokul yapısı dersliklerinin aydınlık düzeylerinin TS-EN:12464-1 standardına uygunluğunun tespit edilmesi,
- Aydınlatma elemanlarının gücü, çeşidi ve konumu ile ilişkili olarak, enerji etkin aydınlatma tasarımına yönelik (TS-EN:12464-1 Standardı ve görsel konfor koşulları) alternatiflerin DiaLux.evo 12.1 yazılımıyla belirlenmesi,
- Dersliklerde duvar yüzey renklerinin ve öğrenci sıralarının renk ve malzeme özelliklerinin aydınlatma/enerji verimliliğine etkilerini ortaya koyulması,
- DiaLux.evo 12.1 yazılımı kullanarak, dersliklerde hem homojen aydınlık düzeyinin hem de enerji tasarrufunun sağlanmasına yönelik kullanılabilecek renk ve malzeme özelliklerine ilişkin kombinasyon önerilerinin oluşturulması hedeflenmektedir.

Bu bağlamda mevcut eğitim yapıları dersliklerinde yapılacak duvar rengi değişimi ve/veya sıra yüzey kaplamasının değişimi gibi düşük maliyetli iyileştirmelerle, standarda uygun aydınlık düzeyi sağlanarak yapay aydınlatma amaçlı kullanılan elektrik enerjisinden tasarruf elde edilebileceği varsayımı sınanmaktadır.

1.4. Çalışmanın Özgün Yönü ve Alana Katkısı

Eğitim yapılarında doğru aydınlatma tasarımı, görsel performansın arttırılması, eğitimde verimliliğin sağlanması ve göz sağlığının korunmasına katkı sağlayan en önemli etkenlerden biridir. Eğitim yapılarında toplam elektrik tüketiminin önemli bir kısmı aydınlatma için ayrılmaktadır. Bu çerçevede, eğitim yapılarında aydınlatma tasarımının bilinçli yapılması elektrik enerjisi tasarrufuna önemli katkı sağlayacaktır. Tez çalışması kapsamında, dersliklerde kullanılan renk, doku ve malzemenin doğru seçilmesinin aydınlık düzeyine/elektrik enerjisi tüketimine etkisi irdelenmektedir.

İlgili literatür incelendiğinde, eğitim yapılarının irdelendiği enerji etkin aydınlatma yaklaşımlarında, mekânın fiziksel özellikleri ile ilgili renk ve doku özelliklerinin çalışmalara dahil edilmediği belirlenmiştir. Bununla birlikte, yapılan bilimsel çalışmalarda aydınlık düzeyi ölçümlerinde ve dijital ortamda hazırlanan 3D modellerde dersliklerin duvar rengi, sıra malzemeleri, pano malzeme ve renkler gibi materyal özelliklerinin etkisinin göz ardı edilerek hazırlandığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın özgün yönü, eğitim yapılarındaki dersliklerde enerji etkin aydınlatma tasarımında aydınlatma elemanlarının cinsi, konumu ve gücünün yanı sıra, mekândaki renk ve dokuların etkilerinin de belirlenerek, enerji etkin aydınlatma tasarımında malzemenin renk ve doku özelliklerinin de dahil edildiği öneriler sunulacak olmasıdır.

1.5. Aydınlatma

1.5.1. Aydınlatmanın Tanımı

Aydınlatma nesnelere, çevrelerine ve küçük ya da büyük bölgelere, bunların görülebilmesi için ışık uygulanan süreç olarak tanımlanmaktadır (Sirel, 2005; Sliney, 2016). Bu süreç, ışığın mekânda homojen bir şekilde dağıtılması ve belirli bir ışık yoğunluğu ile ışık kalitesinin sağlanmasını içermektedir (IES, 2022). TS EN 12464-1 standardında ise aydınlatma, bireylerin görsel konfor, görsel performans ve güvenlik gereksinimlerini karşılayacak şekilde sağlanan ışıklılık olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım, aydınlatmanın, bireylerin görsel ihtiyaçlarını etkin bir şekilde karşılamasını ve çevresel güvenliği sağlamasının önemini vurgulamaktadır (TSE, 2021).

Günümüzde aydınlatma, enerji tüketimi, kontrol sistemleri ve insanın fizyolojik, biyolojik ve ruhsal durumları üzerindeki karmaşık etkilerinin incelendiği çok disiplinli bir araştırma alanı olarak tanımlanmaktadır. Bu alan, ilgili karmaşıklıkların çözümüne yönelik mühendislik, psikolojik ve mimari yönden ele alınan bilimsel çalışmalarla farklı perspektifleri bir araya getirmektedir (Smolders, 2013; Steffen, 2023). Aydınlatmanın amacı, bireylerin görsel performansını desteklemek, renklerin doğru şekilde algılanmasını ve görsel konforu sağlamak, estetik ve psikolojik gereksinmeleri karşılamak ve tüm bu işlemlerde en üst düzeyde enerji verimliliği sağlamaktır (DiLaure, 2021).

Aydınlatma, kullanım amacı bakımından da fizyolojik, dekoratif ve dikkat çeken aydınlatma olarak sınıflandırılabilir. Fizyolojik aydınlatma, görsel konfor koşullarının sağlanarak bireylerin görme eylemini eksiksiz gerçekleşmesini amaçlamaktadır. Dekoratif aydınlatma, nesnelerin olduğu gibi algılanması yerine, yalnızca istenilen şekilde ve estetik özellikleriyle öne çıkararak veya istenen davranışları teşvik etme amacına yönelik etkiyle bireylere sunulması amaçlamaktadır (Veitch ve McColl, 1994; Altuncu, 2008). Ayrıca, bir mekânın estetik algısını da etkileyerek, sosyal ve kültürel değerlerin yansıtılmasında da rol oynamaktadır. Dikkat çeken aydınlatmada ise ışık kaynağı özelliklerine bağlı olarak bireyler üzerinde farklı duygular tetiklenerek ve etki yaratılarak istenilen noktaya odaklanılması amaçlanmaktadır (Veitch ve McColl, 1994).

Sonuç olarak aydınlatma, sadece fiziksel gereksinmelere cevap veren teknik bir gereklilik değil, aynı zamanda kullanıcıların yaşam kalitesini etkileyen/kullanıcı deneyimini zenginleştiren önemli bir tasarım unsuru olarak kabul edilmektedir. Aydınlatmada asıl hedef, kaynağı ne olursa olsun, kullanıcı gereksinmelerini karşılayacak şekilde ışık sağlamaktır (Veitch ve McColl, 1994). Aydınlatmanın doğru kurgulanmasıyla, mekânda hem estetik hem de işlevsel açıdan olumlu sonuçlar elde edilmektedir.

1.5.2. Aydınlatmanın Önemi ve Etkileri

Aydınlatma, iç mekân tasarımından enerji yönetimine, sağlık ve güvenlikten kültürel etkilere kadar disiplinler arası önem taşımaktadır. Bu çok yönlülük, aydınlatmanın çeşitli alanlardaki etkilerini ve önemini ortaya koymaktadır Aydınlatma, görsel konfor ve performansta, güvenlik gereksinmelerinde, iç mekân atmosferinde/temasında, enerji tasarrufu sağlaması yönüyle ve bireylerin fiziksel ve psikolojik sağlığı üzerinde oldukça

etkili bir parametre olarak görülmektedir. Doğru aydınlatma tasarımlarıyla, hem bireylerin günlük yaşam kalitesi arttırılabilir hem de çevresel ve ekonomik yararlar sağlanabilmektedir.

Aydınlatma bireylerin görsel konforunu doğrudan etkiler, yeterli aydınlatmayla, göz yorgunluğunu azaltılarak görme yetisi de arttırılabilir ve bu da görsel performansı iyileştirmektedir. Özellikle eğitim yapılarında yeterli aydınlatma, dikkat dağılmasını en aza indirgeyerek, okuma, yazma ve çalışma gibi faaliyetlerde bireyin performansını arttırmaktadır (Boyce, 2014). Bununla birlikte aydınlatma hem iç hem de dış mekânda bireylerin güvenlik gereksinmelerinin karşılamana katkı sağlayan önemli bir unsurdur. Purpura ve ark. (2003) özellikle kamu alanlarında doğru aydınlatma tasarımıyla bireylerin güvenliğinin ihlal edilme riskini azalttığı ve kendilerini daha güvende hissetmelerine katkı sağlandığı görüşündedir. Doğru aydınlatma tasarımı aynı zamanda, iç mekânda mekânın estetik değerine katkı sağlaması ve farklı mekân atmosferi yaratabilmesi yönüyle de önemlidir (Cuttle, 2016). Günümüzde aydınlatma amaçlı kullanılan enerji miktarı göz önünde bulundurulduğunda, doğru aydınlatmanın enerji verimliliğine etkisi tartışılmaz bir gerçektir. Enerji verimli aydınlatma teknolojileri, enerji tüketimini azaltarak çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir. LED ve CFL gibi enerji verimli aydınlatma tasarımları, daha az ısı üretmesi ve uzun süreli kullanım imkanıyla bakım maliyetlerini ve dolaylı olarak karbon ayak izini azaltmaya yardımcı olmaktadır (Oligaja, 2024).

Işık, insanın biyolojik saatini dünyanın ışık-karanlık döngüsüyle senkronize eden temel bir uyarıcıdır ve görüş sağlamanın ötesinde insan sağlığı üzerinde görsel ve görsel olmayan etkileriyle önemli bir rol oynamaktadır. (Smolders, 2013; Memiş ve Ekren, 2019; Steffen, 2023). Işığın etkilerini konu alan bilimsel araştırmalar özellikle son yıllarda sayıca fazlalaşmıştır. Yapılan araştırmalar, ışığın sadece görme işlevi ile sınırlı olmayıp, aynı zamanda insan fizyolojisi ve davranışları üzerinde derin etkiler yarattığını ortaya koymuştur. Özellikle, ışığın uyku düzeni, sirkadiyen ritimler, uyanıklık, yorgunluk, vücut sıcaklığı, nöroendokrin işlevler, nörobilişsel tepkiler ve ruh hali üzerindeki düzenleyici etkileri üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır (Vetter vd., 2022).

- Aydınlatmanın Fizyolojik Etkileri

Aydınlatma, insan üzerinde ışığın nicel ve nitel özelliklerine bağlı olarak değişkenlik gösteren bir takım fizyolojik etkiler yaratmaktadır. Bu etkiler, sirkadiyen uyum ve sirkadiyen sistemin faz kayması, nöroendokrin düzenleme, uyku, uyanıklık, öğrenme ve hafıza, ruh hali ve göz bebeği tepkileri olarak sıralanabilir. Aydınlatmanın etkili bir şekilde yönetilmesi, bireylerin sağlık ve refahını optimize etmek için kritik bir faktördür. Bu nedenle,

aydınlatmanın görsel olmayan fizyolojik etkileri üzerine yapılan bilimsel çalışmaların sayısı son yıllarda ciddi oranda artmakta ve her geçen gün farklı perspektiflerden bilimsel araştırmalar yapılmaya devam edilmektedir (Vetter vd., 2022).

Aydınlatmanın fizyolojik etkileri, genellikle ışığın sirkadiyen/biyolojik ritim (Berson vd., 2002; Kuller, 2002), uyku düzeni (Ishibashi vd., 2007) ve genel sağlığı (Mukae, 1992) üzerindeki etkileri ile ilişkilidir. Günümüzde aydınlatmanın biyolojik/sirkadiyen ritimler üzerindeki etkileri dikkate alınması gereken iç mekân tasarım parametresi haline gelmiştir. Işık, melatonin salgısını etkileyerek bireylerin uyku-uyanıklık döngülerini düzenlemeye yardımcı olmaktadır. Yapılan çalışmalar, özellikle ışık spektrumundaki mavi/soğuk renkli ışıkların, melatonin üretimini baskılayarak uyanıklık durumunu teşvik ettiğini savunmaktadır. Bu durum, gece geç saatlerde mavi ışığa maruz kalmanın uyku kalitesini olumsuz etkileyebileceğini göstermektedir (Yokoi vd., 2003). Bununla birlikte, Nagashima ve ark. (2017) de yaptıkları çalışmada gündüzleri parlak ışığa maruz kalmanın gece melatonin salgılanmasını artırdığı ve loş ışığın da melatonin başlangıç fazını ilerlettiği sonucu vurgulanmaktadır. Kobayashi (1992) yaptığı çalışmasında, farklı ışık renklerine sahip ışık kaynaklarının insanın kan basıncı üzerinde etkili olduğu ve genel sağlığını etkilediği sonucuna ulaşmıştır.

Tüm bu bilgilerin yanında aydınlatma koşulları, göz sağlığı üzerinde de önemli etkilere sahiptir. Yetersiz aydınlatma, göz yorgunluğuna ve görme sorunlarına yol açabilir. Göz kaslarının sürekli olarak gerilmesi, baş ağrılarına ve görsel konforun azalmasına neden olabilmektedir (Luckiesh ve Moss, 1939) Bu nedenle, uygun aydınlatma seviyelerinin sağlanması, göz sağlığının korunması açısından kritik öneme sahiptir. Son olarak, aydınlatmanın genel sağlık üzerindeki etkileri de göz ardı edilmemelidir.

Tüm bu bilgiler ışığında, yapılan bilimsel araştırmalar laboratuvar dışında ışığın her fizyolojik etkisinin izole bir şekilde meydana gelmediğini; aynı ışığın aynı anda bu çeşitli işlevlerin tümünü veya bazılarını etkileyebileceğini unutmamak gerekir. Bu nedenle, bütünleşik aydınlatma tasarımlarıyla, ışığın insan sağlığı ve performansı üzerindeki etkilerini çoklu sonuçlu çalışmalarla daha geniş kapsamda ele alınmaya devam edilmelidir.

- Aydınlatmanın Psikolojik Etkileri

Son yıllarda ışığın, insanın temel fizyolojik ve psikolojik mekânizmaları üzerindeki görünmeyen etkilerini ortaya koymayı amaçlayan çalışmaların sayısı artmaktadır. Ayrıca ışığın yapılı çevreye uygulanma biçiminin, yani aydınlatmanın, insanlar üzerinde biyolojik ve davranışsal etkileri olduğu görüşü ortaktır.

Tanımı gereği 'ışık', insanın görsel tepkileriyle sınırlıdır ve buna karşın 'optik radyasyon', ışığı da içeren bir dalga boyu bölgesindeki elektromanyetik radyasyon olarak tanımlanır. Houser ve ark. (2021) ışığın insanlarda yalnızca görsel tepkileri ortaya çıkarabilirken, optik radyasyonun ise insanların yanı sıra bitki örtüsünde, hayvan türlerinde veya malzemelerde görsel, biyolojik, kimyasal, termal veya başka türde tepkiler ortaya çıkarabileceğini belirtmektedir.

Işık yalnızca algısal bir bakış açısıyla değil, aynı zamanda algılayan bireyin günlük yaşamın farklı deneyimsel bağlamlarında bilişsel, duygusal ve davranışsal tepkilerinin bir itici gücü olarak da çalışmalara dahil edilmektedir. Her bireyin kendi sinirsel algı yapısına, kısmen öznel kişiliğine ve bilinçdışı dürtülerine dayanan zihinsel işleme modeline göre, ışık uyaranları belirli duyguları, davranışları ve ruh hallerini tetikleyebilmekte ve aynı zamanda algılayanın belirli bir ortama yönelik estetik beğeni düzeyini de değiştirme gücünü gösterebilmektedir (Tomassoni vd., 2015). Doğru aydınlatma tasarımıyla, bireylerin depresyon ve anksiyete gibi genel ruhsal durumu ve enerji seviyeleri olumlu yönde etkilenebilmektedir. Mevsimsel ışık değişiklikleri ve sirkadiyen ritim arasındaki ilişkiye dair gelişen anlayışa dayanarak, ışık terapisi çeşitli depresif bozuklukları tedavi etmek için kullanılmaktadır (Dalgleish vd., 1996). Knez (2001) hangi renk sıcaklığının hangi ruh halini etkilediğini irdelediği çalışmada, sıcak renkli ışık kaynaklarının soğuk renkli kaynaklara göre insanın ruhsal durumunda daha pozitif etki yarattığı sonucundan bahsetmektedir. Meng ve arkadaşlarının (2020)'de yaptıkları çalışmanın bulguları da gün ışığı ve izole bir ortamdaki ışık algısının, olumlu duyguları dengeleyici, kaygı ve depresyon riskini azaltıcı ve hormon ritimlerini düzenleyici etkileri olduğunu göstermektedir.

Aydınlatma sistemleri tasarımında, aydınlatmanın dağılımı, ışık kaynaklarının renk sıcaklığı, aydınlatmanın yoğunluğu gibi birçok özellik, insanın görsel algısı üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir ve bu da insanın görsel performansını daha da etkilemektedir. Bununla birlikte insan bir bütün sistem olarak sinir sistemi bağlantılı olarak çalıştığından duygusal, bilişsel (öğrenme) ve çalışma işlevlerini kapsayan görev performansı da aydınlatma tercihlerinden etkilenebilir (Korte vd., 2015; Sun vd., 2018). Bu bağlamda çalışma performansı/verimliliğinin önemli olduğu ofisler, fabrikalar ve öğrenme/öğretme işlevinin ön planda olduğu eğitim yapıları gibi mekânlar tasarlanırken, aydınlatma tercihlerinin farklı etkileri göz ardı edilmeden seçim/tasarım yapılmalıdır.

1.5.3. Aydınlatmanın Çalışma Performansı ve Öğrenme Üzerindeki Etkileri

İç mekân tasarımında aydınlatma, görüş sağlamak ve mekâna estetik değer kazandırmanın yanı sıra işlevsel bir rol de üstlenmektedir. Yapılan ampirik çalışmalar, aydınlatmanın bireylerin bilişsel işlevleri, dikkat düzeyleri ve genel uyanıklıkları üzerinde doğrudan etkili olduğunu göstermektedir. Doğru aydınlatma sistemlerinin kullanılmasıyla, özellikle çalışma ve öğrenme ortamlarında, bireylerin bilişsel performansına bağlı olarak öğrenme süreçleri ve çalışma verimlilikleri üzerinde olumlu yönde etkili olmaktadır (Samani ve Samani, 2012; Lekan-Kehinde ve Asojo A, 2021).

Sun (2019) yaptığı çalışmasında, katılımcıların öz değerlendirme sonuçlarına göre yüksek ışık renkli (mavi-beyaz ışık) homojen dağılan ve yüksek aydınlık düzeyinin olduğu mekânlarda çalışma performansları daha yüksek olduğu sonucuna ulaşmıştır. Benzer şekilde yapılan nörogörüntüleme çalışmaları, karmaşık bilişsel görevlerle ilgili görsel olmayan beyin aktivitelerinin, kırmızı veya yeşil ışık rengine kıyasla mavi ışık rengiyle daha belirgin olduğunu gözlemlemiştir (Vandewalle, 2007). Govén ve ark. (2010)'nın eğitim yapılarında aydınlatma tasarımının öğrenci performansına etkisine yönelik yaptıkları araştırmada, standart aydınlatmaya (300 lx) kıyasla daha parlak aydınlatmanın (500 lx) ilkokul çocuklarının okuma, yazma ve matematik becerileri üzerinde olumlu etkilediği sonucu sunulmaktadır. Bununla birlikte, öğrencilerin görsel performansı, uyarılması ve performansına etkisi nedeniyle öğrenme mekânlarında dinamik (değiştirilebilir) aydınlık koşullarının, statik (değişmeyen) aydınlık koşullarına kıyasla tercih edilmesinin olumlu olacağı fikri savunulmaktadır (Slegers vd., 2013).

Yapılan araştırmalar, aydınlatmanın öğrenme ve çalışma performansı üzerindeki etkilerinin geniş bir araştırma alanını kapsadığını ve iç mekân tasarımında önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Aydınlatma tasarımı, bireylerin zihinsel durumlarını ve genel verimliliklerini doğrudan etkileyerek hem eğitim hem de iş ortamlarında başarılı bir performans için temel unsurlardan biri olarak ele alınmalıdır. Bu bağlamda, aydınlatmanın bilinçli ve doğru bir şekilde planlanması ve uygulanması, iç mekânların etkinliğini artırarak bireylerin genel başarılarını desteklemektedir.

1.5.4. İç Mekânda Aydınlatma Türleri

Mekânlarda aydınlatma gereksinimi, doğal, yapay veya bütünleşik ışık kaynaklarının kullanılmasıyla karşılanabilmektedir. Doğal aydınlatma, güneş ışığının doğrudan veya dolaylı yollarla mekâna girmesiyle sağlanırken; yapay aydınlatma, elektrikli ışık kaynakları aracılığıyla oluşturulmaktadır (Cuttle, 2016). Bütünleşik aydınlatma ise her iki ışık kaynağından yararlanılarak mekânda istenilen aydınlık düzeyinin sağlanmasını kapsamaktadır.

- Doğal Aydınlatma ve Ölçütleri (Günışığı Kullanımı)

Günışığı, direkt güneş ışığı ve yaygın gök ışığından oluşan ve dünya üzerindeki tüm canlılar için en temel ışık kaynağıdır. Günışığı doğru kullanımıyla görüş sağlamanın ötesinde birçok yararı bulunmaktadır. Bu yararlar, iki ayrı başlıkta sınıflandırılabilir. Bu başlıklardan ilki, bireyler üzerinde olumlu etki sağlaması, ikincisi ise elektrik enerjisi kullanımının azaltılmasıyla enerjinin korunmasıdır. Bireylerin fiziksel, bilişsel ve ruhsal durumlarıyla birlikte sirkadiyen sistem üzerinde de oldukça etkili olduğu görülmektedir. (Tregenza ve Wilson, 2013; Karlen vd., 2017; Kaymaz ve Manav, 2022; Yıldırım ve Erikli, 2021) Gün ışığının enerji korunumu sağlamasıyla ilgili yapılan çalışmalara göre, binalarda enerji tüketiminin yaklaşık %30'u aydınlatma enerjisi için harcanmaktadır. Günışığı ile mekân aydınlatması iyileştirilebileceğinden elektrik ile sağlanan aydınlatma ihtiyacıyla birlikte enerjiye harcanan maliyet de azalmaktadır (Arpacıoğlu, 2020).

Günışığı ile mekân aydınlatması iyileştirilebileceğinden elektrik ile sağlanan aydınlatma ihtiyacıyla birlikte enerjiye harcanan maliyet de azalmaktadır (Arpacıoğlu, 2020). Bu bağlamda, yapı tasarımında günışığının etkin kullanımına yönelik aydınlatma sistemlerinin doğru belirlenmesi önemli bir konu olarak görülmektedir.

Yapılarda kullanılan günışığının, tüm dünyada standardize edilmiş ölçütlerce değerlendirilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle, Avrupa Standartlar Komitesi'nin Işık ve Aydınlatma komitesi tarafından iç mekân aydınlatmasında doğal ışığın kullanımını değerlendirmek üzere hazırlanan ilk standart 13 Ekim 2021 yılında yayınlanmıştır. Türkiye'de ilgili kurum olan Türk Standartları Enstitüsü (TSE) de, 2 Mart 2022 tarihinde TS EN 17037+A1, 2021: Binalarda Günışığı standardının ulusal düzeyde kullanımını onaylamıştır (Ünver, 2023). TS EN 17037+A1, 2021: Binalarda Günışığı kullanımını standardında farklı işlevlerdeki tüm yapı gruplarının iç mekân hacimlerinde günışığı kullanımına yönelik bilinçli tasarlanması gereken ölçütler yer almaktadır. Standartta bu

ölçütlerin özellikleri ve performans belirlenme yöntemleri detaylandırılarak, yapılarda doğal aydınlatma tasarım kurgusunda yardımcı olabilecek temel bilgiler bulunmaktadır.

Binalarda günışığı aydınlığına yönelik standartta, doğal ışık kullanımı durumunda göz önüne alınması gereken ölçütler (günışığından yararlanmanın ölçütleri) dört başlık altında toplanmıştır. Bunlar;

- Gerekli günışığı aydınlığının sağlanması,
- Günışığına bağlı kamaşmanın kontrolü,
- Dış ortamla görsel bağlantının kurulması ve
- Güneşlenme süresidir.

Standart, metrik/ondalık sistem temel alınarak her ölçüte yönelik "en az, orta ve yüksek" olmak üzere üç derece için sınır değerler belirlemiştir. Bu değerlendirme, yıl boyunca gün ışığının hacimler üzerindeki aydınlatma etkilerini temel almaktadır, dolayısıyla yılın çoğu zaman diliminde geçerlidir (Tablo 1).

Tablo 1. TS EN 17037+A1:2021- Günışığından yararlanmanın ölçütleri
(Ünver, 2023'ten uyarlanmıştır)

			Derecelendirme Değerleri		
			En Az Düzey	***Orta Düzey***	***Yüksek Düzey***
1	**Günışığı Aydınlık Düzeyi**	Referans düzlemin ≥ %50 sinde	≥ 300 lx	≥ 500 lx	≥ 750 lx
		Referans düzlemin ≥ %95 inde	≥ 100 lx	≥ 300 lx	≥ 500 lx
2	**Kamaşma Kontrol Bileşenleri**	Günışığı eşik değeri	≤ 0,45	≤ 0,40	≤ 0,35
		Kullanım süresi boyunca izin verilen en fazla aşılma oranı	%5	%5	%5
3	**Görsel Bağlantı Bileşenleri**	Pencere genişliğine bağlı yatay görüş açısı	$>14^0$	$>28^0$	$>54^0$
		Dış engellerin yapıdan uzaklığı	6 metre	> 20 metre	> 50 metre
		Kullanılan alanın en az %75'inden görünmesi gereken katmanlar (Gök, Manzara, Zemin)	Manzara katmanı dahil	En az iki katman dahil	Tüm katmanlar dahil
4	**Güneşlenme Süresi**		1,5 saat	3 saat	> 4 saat

Gerekli günışığı aydınlığının sağlanması: Birinci değerlendirme ölçütü olan gerekli günışığı aydınlığının sağlanması, her işlevden yapılarda aydınlık gereksiniminin önemli ölçüde günışığı ile karşılanması gerektiği savına dayanmaktadır. Bu bağlamda yapının, yıl boyunca pencere açıklıklarından yeterli düzeydeki doğal ışığın iç mekâna girmesine izin verebilecek ve günışığı ile aydınlandığına ilişkin öznel bir izlenimin oluşmasını sağlayacak özellikte kurgulanması önerilmektedir. Standartta iç mekânda gerekli günışığı aydınlığının varlığı günışığı çarpanı ya da günışığı aydınlık düzeyi değerleri ile derecelendirilmektedir. Söz konusu değerler, yapının bulunduğu bölgenin iklimsel verileri kullanılarak yıl boyunca saatlik adımlarla referans düzlem üzerinde belirlenmiş noktalardaki aydınlıkların hesaplanması ile elde edilmektedir. Hesap sonuçları analiz edilerek yılın en az 2190 saatinde referans düzlemin en az %50'sinde ve %95'inde hedeflenen aydınlık düzeyinin elde edilip edilmediği, standartta yer alan en az, orta ve yüksek değerler çerçevesinde değerlendirilmesi önerilmektedir.

Günışığına bağlı kamaşmanın kontrolü: İkinci değerlendirme ölçütü olan gerekli günışığına bağlı kamaşmanın kontrolü, pencereden giren direkt (dolaysız) güneş ışığının ya da pencereden görünen yüksek ışıklılıktaki gök ile çalışma alanı arasındaki yüksek ışıklılık farkının yarattığı olumsuz etkiye yöneliktir. Günışığına bağlı kamaşma, günışığı kamaşma olasılığı (DGP) ile değerlendirilmektedir. Standartta, mekânda yoğun kullanım alanlarında yıl boyunca kullanıldığı süre (yıl boyunca haftanın beş iş günü 8-18 saatleri/10 saat) referans kullanım süresi olarak tanımlanmaktadır. Günışığı kamaşma olasılığı eşik değerlerinin, referans kullanım süresinin en fazla %5'inde aşılmasına izin verilmektedir. Günışığı eşik derecelendirmesinde en az düzeyde, kamaşma algılandığından oldukça rahatsız edici, orta düzeyde, kamaşma daha az algılandığından rahatsız edicilik daha azdır ve yüksek düzeyde kamaşma olduğunda genellikle algılanmamaktadır.

Dış ortam ile görsel bağlantının kurulması: Üçüncü değerlendirme ölçütü olan dış ortam ile görsel bağlantının kurulması, iç mekânda pencerelerden görünen dış ortam ile görsel bağlantı, kullanıcıların binanın konumu ve çevresi hakkında bilgi almak, hava koşullarını ve gün içindeki zamanın değişimini izlemek gibi ihtiyaçlarını karşılar, psikolojik ve gözün dinlendirilmesi yoluyla da fizyolojik rahatlama sağlar. Bu gereksinim standartta üçüncü olarak tanımlanmaktadır. Ölçüt mekân kullanıcısının görüş alanındaki görüntünün niteliği, pencere boyutu, kullanıcının pencereden uzaklığı, görünen katman sayısı ve algılanan çevrenin içeriğine bağlı olarak tanımlanmaktadır. Kullanıcının görme alanı

içindeki dış ortam görüntüsü gök, doğal ve/ya da yapay manzara ve zemin olmak üzere üç farklı katmanla değerlendirilmektedir.

Güneşlenme süresi: Dördüncü değerlendirme ölçütü olan güneşlenme süresi, direkt (dolaysız) ışınların mekânda var olduğu süre olarak tanımlanmaktadır. Standartta, hastane-hasta odası, kreş-oyun odası, konutun en az bir yaşam alanı vb. mekânlarda güneş ışığına minimum maruz kalma süresi sağlanması gerektiği belirtilmiş olup, mekânın doğrudan güneş ışığı aldığı süre, yıl içinde açık, bulutsuz bir referans günü (1 Şubat ile 21 Mart arasındaki bir tarih) için saat sayısı ile yer almaktadır.

- Yapay Aydınlatma ve Ölçütleri (Elektrikli Aydınlatma)

Gün ışığından yeteri derecede faydalanılamayan mekânlarda, doğal olmayan ışık kaynaklarının kullanımı elektrikli aydınlatma veya yapay aydınlatma olarak tanımlanmaktadır. Dünyanın günlük hareketine bağlı olarak günışığından yararlanılamayan süreç boyunca aydınlık sağlayan yapay aydınlatma, ateşin icadından günümüze dek farklılaşarak objeye ya da çevreye ışık göndererek kapalı ve açık mekânlarda kullanılmaktadır. Yapay aydınlatmanın önemi, çok sayıda insanın gereksinmelerinin karşılanmasından ve kullanım yelpazesinin geniş olmasıyla ilişkilendirilmektedir (Pracki vd., 2020). Yapay ışık kaynaklarından üretilen ışık, mekânda homojen ve kontrol edilebilir düzeyde aydınlık düzeyi sağlanması yapay armatürlerin kullanılmasına yönelik tercih sebeplerindendir (Marangoz, 2018; Veisbuch, 2018). Yapay aydınlatma, sadece ampulleri yerleştirmek ve bir alandaki aydınlatma armatürlerinin sayısını ve boyutunu artırmakla sınırlı değildir. Yapay aydınlatma, aynı zamanda mekânları sistematik bir şekilde belirginleştirmek, bir atmosfer yaratmak ve belirli bir mekânın veya ortamın kullanıcılarının psikolojisini etkilemek için de kullanılmaktadır (Krarti vd., 2005).

Yapay aydınlatma, yıllar içinde mekân aydınlatmasının ötesine geçerek duyguları uyandıran ve psikolojik olarak insanları etkileyen sözel olmayan pasif bir iletişim aracı haline gelmiştir. Mimarların, yapay aydınlatmanın sunduğu sayısız potansiyelden yararlanarak kullanıcıların konforunu, deneyimini ve memnuniyetini artırmak için aydınlatmayı daha fazla keşfetmeleri önerilmektedir. Yapay aydınlatma tasarımı, tasarım sürecinin ayrılmaz bir parçasıdır. Bu nedenle, inşaat endüstrisinde geç karar vermeyle ilişkili gereksiz maliyet ve zaman kaybını önlemek için planlamanın tasarım aşamasının erken dönemlerinde yapılması gerekir (Slohanke vd., 2021).

Yapay aydınlatma sistemlerinin kullanılırken hem doğal aydınlatma ile ilişkisi doğru planlanmalı hem de elektrik enerjisi kullanımı göz önünde bulundurulmalıdır. Günümüzde yapay aydınlatma kullanımının artmasıyla tüketilen enerji miktarının ve görsel konfor koşullarını sağlamasına verilen önemin artması yapay aydınlatma sistemlerinin hangi gerekliliklere göre tasarlanması gerektiğini açıklayan kılavuzların (IES, CIBSE, EN 12464 vb.) hazırlanmasını gerektirmiştir. Uluslararası geçerliliği olan kılavuzlardan biri de ülkemizde yürürlükte olan TS EN 12424-1:2021'dir. İç mekân aydınlatmasında yapay ışığın kullanımına yönelik Avrupa Standartlar Komitesi tarafından 2002 yılında yayınlanan standardın, 2022 tarihinde TS EN 12464, 2021: Çalışma Alanlarının Aydınlatılması- Bölüm 1: Kapalı Çalışma Alanları ulusal düzeyde kullanımı onaylanmıştır.

Standartta doğru yapay aydınlatma tasarımlarıyla, kullanıcıların görsel konfor, görsel performans ve güvenlik gereksinmelerini en etkin biçimde karşılanması gerekliliği ifade edilmektedir. Görsel konfor gereksinmelerini doğru karşılayan yapay aydınlatma sistemleri, kullanıcıların üretkenlik ve çalışma performansının verimliliğine katkıda bulunmaktadır. Kullanıcılar, görsel performans gereksinmelerinin doğru karşılanmasıyla çalışma alanında uzun süre ve zor şartlarda bile çalışma eylemini gerçekleştirebilmektedir. Standartta yer alan asıl gereksinmelerin yanında, görsel performansı etkileyen farklı görsel ergonomik parametreler de bulunmaktadır. Bu parametreler, görsel görevin içsel özellikleri (detay ve arka planın boyutu, şekli, konumu, rengi ve yansıma özellikleri), kişinin oftalmik kapasitesi[1] (görme keskinliği, derinlik algısı, renk algısı), görmesi kısıtlı olanlar için (örneğin parlama hassasiyeti olanlar) adaptasyon, azalmış kontrast ve renk görme gibi durumlarında kısılma, parlamaya karşı koruma ve renk sunumu olarak sıralanmaktadır.

Standartta, yapay aydınlatma için ışıklı/aydınlık ortamı belirleyen ana değerlendirme ölçütleri,

- Işıklılık dağılımı,
- Aydınlık düzeyi,
- Kamaşma,
- İç mekânda ışığın doğrultusu,
- Işığın renksel görünümü ve renksel geriverim indisi,
- Işığın titremesi,

[1] Oftalmik sinir (V1), trigeminal sinirin (V numaralı kraniyal sinir) üç dalından biridir. Göze,alın derisine ve ön taraf saçlı deriye duyusal innervasyon sağlayan üç dalı vardır.

- Işığın değişkenliği (aydınlık düzeyi ve ışık rengi) olarak belirtilmektedir.

Standartta, gerçekleştirilebilecek görsel görev/eylem türlerine bağlı olarak aydınlatma ölçütleri ve özel gereksinimler için sağlanması gereken hedef değerler, çeşitli hacim işlevleri/bina tipolojilerindeki iç mekânlara göre "aydınlatma gereksinimleri" başlıklı tablolarda verilmiştir. Bu tablolarındaki ölçütler "görev alanı ya da etkinlik alanı tasarım ölçütleri/hedef 1" ve "oda ya da mekânın tasarım gereklilikleri/hedef 2" olmak üzere iki ayrı hedef için kurgulanmıştır. Hedeflerdeki aydınlatma ölçütleri, Ēm (ortalama aydınlık düzeyi), Uo (aydınlık düzeyinin düzgün yayılmışlığı, Ra (renksel geriverim indisi), RUGL (kamaşma indisi), Ēmz (ortalama silindirsel aydınlık düzeyi) olarak beş temel büyüklük ile belirtilmiştir. Tablolarda hedef 1 için belirtilen ortalama aydınlık düzeyleri gerekli minimum ve kullanıcı/eylem türüne göre değiştirilmiş değerler olarak gösterilmektedir (Tablo 2).

Tablo 2. Eğitim yapıları dersliklerinde aydınlık gereksinmeleri (TS EN 12464-1:2021)

Ref. no.	**Görev tipi Etkinlik alanı**	**Ēm lx**		**U_o**	**R_a**	**R_{UGL}**	**Ēm,z lx**	**Ēm,duvar lx**	**Ēm,tavan lx**
		Gerekli[a]	*Değiştirilmiş[b]*				*Uo ≥ 0,10*		
44.1	Derslik-Genel Aktiviteler	500 lx	1000 lx	0,60	80	19	150	150	100
a. Gerekli değer									
b. Değiştirilmiş değer									
150 - 200 - 300 - **500 - 750 - 1000** - 1500 - 2000 - 3000 - 5000 - 7500 - 10000 lx									

- Yapay Aydınlatma Kaynakları

Yapılar, günışığından en iyi biçimde yararlanabilecek şekilde tasarlanmış olsa dahi günümüzde kontrol edilebilen aydınlık sağlanabilmesi için sıklıkla yapay ışık kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Yapay aydınlatma armatürleri, Edison'un akkor lambayı patentlenmesinden sonra yapılan iyileştirmelerle birlikte cıva buharlı, floresan, metal hali deşarj ve alçak/yüksek basınçlı sodyum lambalar gibi yeni ışık kaynakları gündeme gelmiştir (Montoya vd., 2017). Bu yeni ışık kaynakları, akkor lambalara kıyasla önemli avantajlar sunmasına rağmen geniş kitlelerce kullanılmasının yaygınlaşması oldukça fazla zaman almıştır. 21.yy başlarında düşük enerji verimliliği ve pahalı kurulum maliyetli LED armatürler geliştirilmiştir. LED armatürler dış mekân yol aydınlatmasında ve iç mekân endüstri yapıların aydınlatılmasında kullanılmış sonrasında enerji verimliliği iyileştirmeleri

ve uygun maliyetleriyle tercih edilen yapay aydınlatma armatürleri olarak kullanılması teşvik edilmiştir (Cole ve Driscoll, 2012, Veisbuch, 2018). Yapay aydınlatma armatürleri, tarihsel olarak gelişimi, uzun süreli iyileştirmeler ve teknolojik gelişmelere (Tablo 3) rağmen günümüzde hala %25 ila %50 oranında elektrik enerjisi tüketimine neden olmaktadır.

Aydınlatma armatürleri, bir veya birden fazla ışık kaynağı ile mekânik ve optik bileşenlerden oluşan komplike yapay ışık kaynaklarıdır. İç mekân gereksinmelerine yönelik seçilecek aydınlatma armatürlerinin, tüm fotometrik (ışık yoğunluğu, ışık akısı, armatür verimliliği ve aydınlatma dağılımı) ve görsel konfor gereksinmelerin karşılamasının yanında enerjiyi de etkin kullanması önemlidir (Sholanke vd., 2019). Enerji tasarrufu ve uzun ömürlü kullanımıyla sürdürülebilirlik sağlaması yönüyle, tüm akkor ampulleri ve kompakt floresan lambaları LED armatürler ile değiştirerek, enerji tüketiminin yaklaşık 1.000 TW saat/yıl ve sera gazı emisyonunun yaklaşık 200 milyon ton azaltılabileceği öngörülmektedir (Krames vd., 2007).

Yapay aydınlatma kaynaklarının icadından günümüze kadar akkor lamba, halojen lamba, kompakt floresan lamba, yüksek yoğunluklu deşarj lamba, alçak basınçlı sodyum lamba, yüksek basınçlı sodyum lamba ve LEDlerdir. Yapay armatürlerin verimlilik (lm/W), güç (W), armatür maliyeti, işletme maliyeti, renk sıcaklığı ve kullanım ömrüne ilişkin bilgiler Tablo 3’te yer almaktadır.

Akkor Lamba: Edison’un 1879 yılında geliştirdiği elektrikli aydınlatma kaynaklarının en temel formu olarak kabul edilen akkor lambalar, elektrik akımının bir tel boyunca geçmesini sağlayarak ısı üreten ve ışık radyasyonu yayan armatürlerdir. Akkor lambanın cam malzemeli kabuğunun içindeki sıcak filament telin uzunluğu, armatürün ne kadar enerji tüketeceğini belirlemektedir (Sholanke vd., 2019). Akkor lambaların verimliliği, yapılarına ve filamentin çalışma sıcaklığına bağlı olarak genellikle 10–20 lm/W aralığında değişmektedir. Akkor lambalar 100 olan CRI değerleri ile deşarj lambalarına ve LED’li armatürlere göre en yüksek renksel geriverim indeksine (CRI) sahiptir. Bu nedenle aydınlatma akkor lamba yardımıyla sağlandığında renkler doğal/gerçek olarak görünmektedir (Aman vd., 2013).

Halojen Lamba: Halojen ampuller tamamen kontrol (dim) edilebilir, parlayan şeffaf ve yüksek kaliteli sıcak ışık yaymaktadır. Halojenler hızlı bir şekilde tam parlaklığa ulaşabildiği için ön ısınma gerektirmez ve standart akkorlara kıyasla %30'a kadar daha fazla enerji tasarrufu sağlamaktadır (Montoya vd., 2017).

Tablo 3. Yapay aydınlatma kaynakları ve performans özellikleri (Bessho ve Shimizu, 2012; Aman vd., 2013; Montoya vd., 2017; Veisbuch, 2018; Sholanke vd., 2019)

YAPAY ARMATÜR ÖZELLİKLERİ							
Adı	***Görsel***	***Verimlilik (Lm/W)***	***Güç (Watt)***	***Armatür Maliyeti***	***İşletme Maliyeti***	***Renk Sıcaklığı***	***Kullanım Ömrü (saat)***
Akkor		10	3-500	Düşük	Yüksek	2400K	1000
Halojen		15-20	5-500	Orta	Yüksek	2700K	3000
Florasan Tüp		6-100	4-200	Orta	Orta	5000K	20.000
Kompakt Florasan		50-75	3-200	Orta	Orta	3500-5000K	10.000
Yüksek Yoğunuklu Deşarj		60-115	30-2000	Yüksek	Düşük	6500K	15.000
Alçak Basınçlı Sodyum		100-200	10-180	Orta	Düşük	1700-2200K	15.000
Yüksek Basınçlı Sodyum		100-150	35-1000	Yüksek	Düşük	2200-2700K	15.000
LED		80-200	2-20	Orta	Düşük	2700-6000K	50.000

Kompakt Floresan Lamba: 1930'lu yılların sonunda geliştirilen kompakt floresan lambalar, ultraviyole ışığın cam tüp içerisindeki fosforla reaksiyona girmesi sonucunda gözle görülür ışık oluşturulması prensibiyle çalışmaktadır. Floresan lambaların ortam sıcaklığından etkilenmesi nedeniyle lambanın içerisindeki maddelerin farklı şekilde performans göstermesi çıkan lümen miktarını düşürmektedir. Bu özellikle kompakt

floresanlar düşük ışık verimliliğiyle kullanılan yapay aydınlatma armatürlerinden biri olarak nitelendirilmektedir. Floresan ve kompakt floresan lambalar ultraviyole ışığının gözle görülür ışığa dönüşümünü sağlayan fosforla kaplı olduğundan renksel geriverim indeksi (CRI) değeri 85 civarlarındadır. Floresan ve kompakt floresan lambaların ömürleri lambayı açma/kapama sıklığından etkilendiklerinden, açma/kapama sıklığı çok olan yerlerde kullanılmaları önerilmemektedir (Aman vd., 2013; Montoya vd., 2017).

Yüksek Yoğunluklu Deşarj Lambalar: 1900'lerin başında cıva buharlı lambaların ortaya çıkmasından sonra, kullanım ömrü ve etkinlik açısından akkor lambalara göre büyük bir ilerleme olarak kabul edilmektedir. Ancak bu armatürlerin, kullanım süresi boyunca lümen değerinin %20 oranında azalması ve genellikle 24.000 saatten fazla kullanılmaması gibi önemli bir dezavantajları bulunmaktadır. Yüksek yoğunluklu deşarj lambalar, cıva buharlı lambalar ile benzer çalışma prensibine dayandırılarak balast ayarları ve renk performansını attıran bileşenler kullanılarak iyileştirilmiş ve metal hal deşarj lambaları üretilmiştir (Cole ve Driscoll, 2012; Aman vd., 2013).

Alçak Basınçlı Sodyum Lamba: Deşarj lambaları içerisinde yer alan ve flüoresanlar ile benzer çalışma prensibine sahip olan alçak basınçlı sodyum buharlı ışık kaynaklarının (LPS) düşük/sarı renk sıcaklığından dolayı kullanımı sınırlıdır. (Cole ve Driscoll, 2012; Aman vd., 2013).

Yüksek Basınçlı Sodyum Lamba: Deşarj lambaları içerisinde yer alan bir diğer elektriksel ışık kaynağı ise 1960'lı yılların ortalarında bulunan yüksek basınçlı sodyum buharlı ışık kaynaklarıdır. Bu ışık kaynakları sarı ışık rengine sahip olması, yüksek etkinlik ve uzun lamba ömürleri, diğer ışık kaynaklarına göre en önemli özellikleri olarak sayılabilir. Dış aydınlatma uygulamalarında yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar sıklıkla tercih edilmiş, yaydığı sıcak renk tayfından dolayı iç mekân aydınlatmalarında da kullanılmıştır (Cole ve Driscoll, 2012; Aman vd., 2013).

LED**:** Işık yayan diyotlar (LED) armatürler, elektrik enerjisiyle çalışan ve yapay aydınlatma kaynakları içinde yaşanan birçok teknolojik gelişme ve iyileşmenin bir sonuç ürünü olarak tanımlanmaktadır. LED'lerin çalışma prensibi, yarı iletken p–n birleşimlerinde elektriksel olarak enjeksiyon yapılmış elektron-delik çiftlerinin radyatif rekombinasyonuyla elektriğin doğrudan ışığa dönüştürülmesini içermektedir. Bu konseptin sağladığı çok yönlülük sayesinde LED'ler, katı hal aydınlatması açısından kalite, kullanım kolaylığı ve güvenilirlik gibi özellikleri sunmanın yanı sıra, günümüzde LEDler, elektrik enerjisini en verimli biçimde ışığa dönüştüren aydınlatma elemanlarıdır (Sholanke vd., 2019). Yüksek

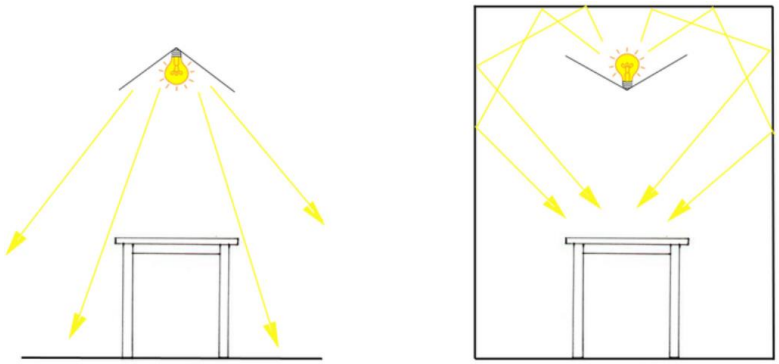
enerji verimlilikleri ve uzun kullanım ömrü sayesinde genel aydınlatma alanına entegre edilmiş olan LED'ler, küresel ısınmanın önlenmesi açısından önemli bir ışık kaynağı olarak geniş çapta kabul görmektedir (Bessho ve Shimizu, 2012).

Yapay aydınlatma kaynakları kullanılarak yapılan aydınlatmalar genel aydınlatma ve bölgesel aydınlatma olarak iki ana başlıkta sınıflandırılabilir. Genel aydınlatma mekânın tümünün aydınlatılmasıyken, bölgesel aydınlatma ise daha çok belirli işlev alanlarında özelleştirilmiş aydınlatma tasarımını kapsamaktadır (Slohanke vd., 2021).

- Genel Aydınlatma

İç mekânda genel aydınlatma, günışığının etkin biçimde kullanılarak mekân işleviyle uyumlu, hacmin tamamında homojen aydınlık düzeyinin sağlanmasını amaçlamaktadır. Günışığının dinamik yapısına bağlı olarak, mekânda yeterli aydınlık düzeyi sağlanamadığı durumlarda günışığı ile benzer özelliklerde yapay ışık kaynakları da kullanılmaktadır (Altuncu, 2008; Şahin vd., 2014). İç mekân aydınlatmasında ışık, yönlenme biçimine göre direkt, yarı direkt, homojen, yarı endirekt ve endirekt olarak sınıflandırılmaktadır. Direkt aydınlatmada ışığın %90ına yakını nesnenin üzerine düşerken, endirekt aydınlatma biçiminde ise tam tersi şekilde %90ına yakın ışık yansıyarak nesnenin üzerine iletilir (Şekil 4) (Fostervold ve Nersveen, 2008).

Direkt aydınlatma: Işık kaynağından çıkan ışınların büyük bir bölümünün mekân, düzlem ya da nesneye doğrudan iletilmesiyle en yüksek aydınlatma verimi sağlanmasıdır (Şahin vd., 2014). Direkt aydınlatma koyu ve sınırları belirgin gölgeler oluşturmakta ve bu nedenle de büyük hacimli, yüksek tavanlı mekânlarda koyu renkli yüzeylerle birlikte kullanılması önerilmektedir (Altuncu, 2008).



Şekil 3. Direkt (solda) ve endirekt (sağda) aydınlatma biçimi

Yarı direkt aydınlatma: Işığın %60'ı ile %90'ı arasında kalan kısmını, doğrudan aydınlatılacak düzleme yollayan aydınlatma türüdür (Şahin vd., 2015). Yarı direkt aydınlatmada ışınların bir bölümünün yansıyarak mekân, düzlem ya da nesneye ulaşması nedeniyle direkt aydınlatmaya göre daha az aydınlık düzeyi elde edilmektedir. Bu nedenle dikkat gerektiren, ayrıntılı ve yoğun işlev alanlarında kullanımı önerilmemektedir. Yarı direkt aydınlatma, direkt aydınlatmaya kıyasla düşük aydınlık düzeyi sağladığından yumuşak gölgeler oluşturmakta ve kamaşmaya da daha az neden olmaktadır. Bu aydınlatma şekli, enerji tüketimi yüksek olmasına rağmen düşük aydınlık düzeyi sağladığından aydınlatma verimliliği açısından tercih edilmemektedir (Altuncu, 2008).

Homojen aydınlatma: Işınların, her yönde ve eşit dağılımıyla mekân, düzlem ya da nesneye görünürlük sağlanması olarak tanımlanmaktadır. Homojen aydınlatmada, eşit yayılım söz konusu olduğundan mekânda yer alan renk, doku ve malzeme vb. tasarım ögelerin yansıtma oranları doğru belirlenmelidir. Bu aydınlatma biçimiyle saydam gölgeler oluşabildiği gibi ışığın ulaşmadığı bölgelerde siyah gölgelerin oluştuğu da gözlemlenebilir. Eğitim yapıları ve kütüphane gibi okuma/yazma eylemlerinin gerçekleştiği mekânlarda genel aydınlatma sağlamak amacıyla sıklıkla tercih edilen bir aydınlatma biçimidir (Altuncu, 2008).

Yarı endirekt aydınlatma: Işınların büyük bir bölümünün tavan düzleminden, daha az bölümünün ise aydınlatma armatürlerinden yansıyarak dolaylı yollarla aydınlık düzeyi sağlaması olarak tanımlanmaktadır (Altuncu, 2008; Şahin vd., 2014).

Endirekt aydınlatma: Işınların neredeyse tamamının tavan ve duvar yüzeylerinden yansıyarak dolaylı yoldan mekân, düzlem ya da nesneye görünürlük sağlaması olarak tanımlanmaktadır. Bu bağlamda aydınlık düzeyine doğrudan etkisi nedeniyle mekânda tavan ve duvar yüzeylerinin renk, doku ve malzeme özellikleriyle ilişkili olarak yansıtıcılık oranları doğru belirlenmelidir. Işınların bu aydınlatma biçiminde birçok farklı noktadan yansıyarak homojen aydınlık oluşturduğundan, daha az gölge oluşturarak görsel konfor koşullarının sağlanmasına katkı sağlamaktadır (Vries vd., 2021).

- Bölgesel Aydınlatma

Bölgesel aydınlatma, mekân gereksinmelerine bağlı olarak, genel aydınlatmanın yanı sıra farklı işlev alanlarında daha yüksek aydınlık düzeylerinin oluşturulması amacıyla o alana özel yapılan aydınlatmadır (Zeng vd., 2023). Bölgesel aydınlatma, gerekli durumlarda miktarı, yeri ve yönünü değiştirecek kontrol sistemleriyle esnek kullanım imkanı sunmaktadır (Juslen vd., 2007). Bölgesel aydınlatma kullanımı, genel aydınlatmaya kıyasla

hem kurulum hem de işletme maliyetleri olarak daha yüksek maliyetlidir. Bu nedenle de kontrol sistemleriyle kullanılması önerilmektedir (Zeng vd., 2023). Bu sayede bölgesel aydınlatma tasarımlarıyla, tüketilen elektrik enerjisi miktarının da kontrol edilmesi mümkün olmaktadır. Bölgesel aydınlatmada hem görsel konfor koşullarının sağlanması hem de mimari özelliklere bağlı olarak estetik kurguyu tamamlamak için sıklıkla endirekt aydınlatma biçimi tercih edilmektedir. Bölgesel aydınlatmanın kullanımı, genel aydınlatmayla istenen homojen aydınlık düzeyinin sağlanamadığı mekânlarda, özel işlev alanları için 1000 lux veya daha yüksek aydınlık düzeyinin sağlanması gereken mekânlarda, görsel duyumu düşük seviyede özel kullanıcı gereksinmelerine ihtiyaç duyulduğu mekânlarda ve geçici olarak kullanılacak mekânlarda tercih edilmektedir (Altuncu, 2008).

- Bütünleşik Aydınlatma ve Ölçütleri

Doğal aydınlatmanın tek başına yeterli olmadığı durumlarda doğal ve yapay aydınlatma sisteminin bütünleştirilmesi gereklidir. CIE (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu), bütünleşik aydınlatmayı, "Görsel ve görsel olmayan etkileri bütünleştiren ve bireylere fizyolojik ve/veya psikolojik yararlar sağlayan aydınlatma" olarak tanımlamaktadır. Bütünleşik aydınlatma sistemleri görsel konforun devamlılığını sağlarken enerjinin etkin kullanmasıyla beraber yapay aydınlatma için harcanan bina işletme giderlerinin de düşmesini sağlamaktadır (Hopkinson ve Longmore, 1959).

Bütünleşik aydınlatma, mekânın fiziksel özelliklerine ve kullanım koşullarına göz önünde bulundurularak doğal aydınlatmanın yapay aydınlatma ile ışık kaynaklarının özelliklerinde ve yapısında değişiklikler, kontroller ve ekler yapılarak oluşturulan bir aydınlatma sistemidir. Bütünleşik aydınlatma sistemi doğal ve yapay aydınlatmanın birlikte çalışacak şekilde tasarlanmasıyla, bu sistemin enerji tasarrufu ve verimlilik ile estetik bir araya gelecek şekilde bir düzen sağlanmasıyla oluşturulmaktadır.

Hopkins (1966) günışığını destekleyecek şekilde ek bir yapay aydınlatmayla oluşturulan aydınlatma düzenini ‘İç Mekânlarda Sürekli Ek Yapay Aydınlatma’ (PSALI) olarak tanımlanmaktadır. Oluşturulan bu sistemde bütünleşik aydınlatma,

- Günışığından olabildiğince yararlanılması,
- Odanın pencereden uzak arka bölümlerindeki yetersiz aydınlık düzeyini arttırmak için yapay aydınlatmanın kullanılması,
- Yapay aydınlatmanın, mekânın günışığı karakterini koruyacak şekilde düzenlenmesi olmak üzere üç temel ilkeye dayanmaktadır. (Çelik, 2019)

Bütünleşik aydınlatmada yapay aydınlatmaya yönelik kontrol sistemleri de büyük önem taşır. Kontrol sistemleriyle, bir mekândaki aydınlık kullanıcıların gereksinimlerine göre kolayca değiştirilebilmektedir. Aydınlatma kontrol sistemlerinde açma-kapama anahtarı, kontrol düğmesi, loşlaştırma düğmesi, zamanlayıcı, varlık sensörü, günışığı aydınlığı algılayıcıları gibi araçlar kullanılabilir (Katınsky vd., 2017). Yapılan bilimsel araştırmalarda aydınlatma sistemlerinin bilinçli kurgulanmamasının da elektrik enerjisinin ihtiyaçtan fazlasının kullanılmasına neden olduğu sonuçları ortaya koyulmaktadır. Bütünleşik aydınlatma için, yapay ve doğal aydınlatmaya yönelik tüm ölçütler bir arada değerlendirilmelidir.

1.5.5. Aydınlatma ve Görsel Konfor Bileşenleri

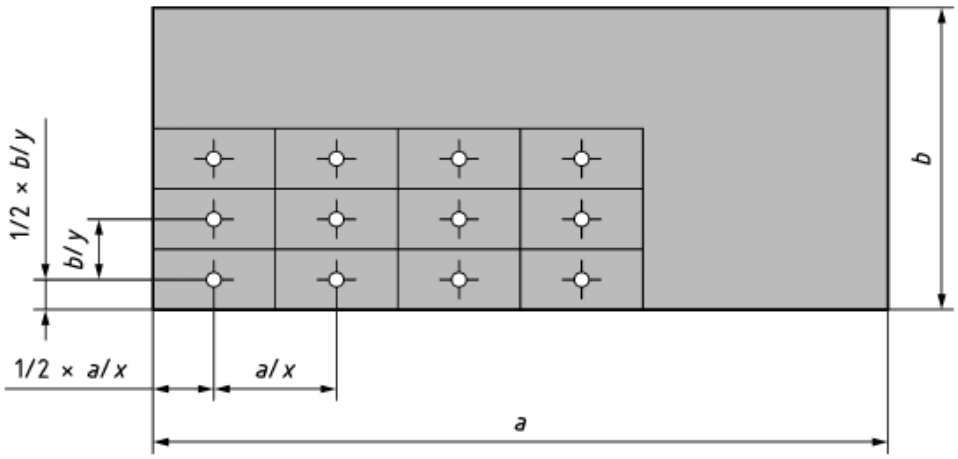
Görsel konfor, gözün iyi görmesi ve yüzey biçimlerinin, dokularının ve renklerinin doğru görülmesi ve algılanması olarak tanımlanmaktadır. Bir mekânın ve kullanıcısının tanınması, ihtiyaçlarının ve özelliklerinin belirlenmesinin ardından görsel konfor koşullarını oluşturan aydınlığın niceliği, niteliği, parıltı karşıtlığı ve kamaşmanın göz önünde bulundurularak söz konusu mekân için tasarlanan iyi ve kaliteli aydınlatma, kullanıcıların görsel konforunu arttırmaktadır (Tregenz ve Loe, 2009). Mekânın işlevine uygun aydınlık düzeyinin sağlanmaması gereğinden az veya çok aydınlatılması, kullanıcılarda göz yorgunluklarına, çeşitli kazalara veya performans düşüklüğüne sebep olmaktadır. Aydınlığın niteliği, aydınlığı oluşturan ışığın rengini, doğrultusal yapısını ve oluşan gölgelerin niteliğini, aydınlık düzeyi dağılımlarını kapsamaktadır (Şentürk ve Satıcı, 2022).

Avrupa Birliği'nin yürürlükte olan EN 12464 Standardında görsel konfor değerlendirmesi için ele alınması gereken konu başlıkları; aydınlık çevresi, aydınlık düzeyi, aydınlık ızgarası/gridi, parıltı, kamaşma, iç mekân aydınlatması, renk, ışık titremesi ve stroboskopik etkileri, dijital ekran kullanımı olan mekânlar için aydınlatma, bakım faktörü, ışığın değişkenliği ve enerji etkinliğidir. Bina tasarımı ile bütünleşmiş ve uluslararası standartlara uygun bir aydınlatma sistemi seçimi, görsel konfor koşullarının sağlanması açısından mimari aydınlatma için temel prensip olarak ele alınmalıdır. Aydınlatma ile ilgili çalışmalar yapan kuruluşların yayınlamış olduğu standartlarda aydınlık düzeyi, parıltı düzeyi vb. kriterlerinin sağlanması, görsel konfor açısından doğru bir aydınlatma tasarımının elde edilmesi için gereklidir (Yılmaz ve Yener, 2013).

Işık Şiddeti: Noktasal bir kaynağın belirli bir doğrultuda birim uzay açı içinde verdiği ışık akısı miktarıdır ve birimi kandela (cd)'dır. Bu kavram her zaman sabit bir ışık gücü veya şiddeti olarak anlaşılmamalıdır. Aynı ışık şiddeti, göz için farklı mesafe ve yüzeylerde farklı etkilere neden olabilmektedir (TS EN 12464-1).

Aydınlık Düzeyi: Aydınlık düzeyi (E), bir yüzeyde yapılan aydınlatmanın ölçüsüdür ve birimi lx (lx)'tür. Işık akısının yüzey alanına oranı ile bulunmaktadır. Görme kabiliyeti gözün algıladığı aydınlık düzeyine bağlıdır. İnsan gözü cisimleri ve objeleri ışığın yüzeyde oluşturduğu parıltı ile görmektedir. Bu nedenle aydınlık seviyesinin artması ile görme seviyesinin artması doğru orantılıdır. Mekânda farklı eylemlerin, en az çaba ile istenen hız ve seviyede gerçekleştirilebilmesi aydınlık seviyesi ile doğrudan bağlantılıdır (Nas, 2021).

Aydınlık ızgarası/gridi: Yapay aydınlatma sistemleri tasarımında yerleştirilecek armatürlerin, ışık değerlerinin işlev alanları ve çevresindeki alanlar için hesaplanması ve doğru noktalarda göstermek için ızgara sistemleri oluşturulmalıdır. Kare şekline yakın ızgara sistemi tercih edilir, ızgara hücresinin uzunluğu ile genişliği arasındaki oran 0,5 ile 2 arasında olması gerekmektedir. Toplam ölçüm referans nokta sayısı, d/p'nin en yakın tam sayısı olarak kabul edilmektedir. Mekânın aydınlık düzeyi, ızgara karelerinin merkez noktasından ölçülmelidir (Şekil 5) (TS EN 12464-1).



a : işlem alanının uzun kenarının boyutu/doğrulama alanı	**x** : uzun kenar boyunca noktaların sayısı
b : işlem alanının kısa kenarının boyutu/doğrulama alanı	**y** : kısa kenar boyunca noktaların sayısı

$p = 0,2 \times 5^{\log_{10}(d)}$	p ≤ 10 m d, hesaplama alanının daha uzun boyutudur (m), ancak daha uzun ile daha kısa tarafın oranı 2 veya daha fazlaysa, d alanın daha kısa boyutu olur ve p, maksimum ızgara hücresi boyutudur (m).

Şekil 4. Örnek bir ızgara ve hesaplama formülü

Aydınlık düzeyleri uzaklıklar yasasına göre, aydınlatılan yüzeyin kaynağa olan uzaklığının karesi ile ters orantılı olarak değişmektedir. Mekân içerisinde aydınlatma tavandan sağlanıyor ise çalışma düzlemi ve ışık kaynağı arasındaki mesafe arttıkça kaynağın vermesi gereken ışık akısı miktarı artmakta ve buna bağlı olarak enerji tüketimi yükselmektedir. Bu nedenle aydınlatma tasarımında yapay aydınlatma armatürlerinin doğru yerleştirilmesi hem ızgara sistemi hem de uzaklıklar yasasına uyumlu olmasıyla sağlanabilmektedir.

Işık kaynağının rengi: Renk sıcaklığı, bir kütlenin belirli bir renkte ışık vermesi için ısıtılması gereken sıcaklık olarak tanımlanabilir. Birimi Kelvin'dir. Mekânın aydınlatma sistemi oranın işlevi ve kullanım özellikleri göz önünde bulundurularak renk sıcaklığı seçilmeli ve aydınlatma sistemi tasarlanmalıdır. Yapay armatürler için ışık rengi, sıcak beyaz (<3300 K), doğal beyaz (3300 K < ve < 5500 K) ve günışığı beyaz (> 5500 K) olarak üç ana başlıkta sınıflandırılmaktadır (Şekil 5). Işığın nitel özellikler arasında yer alan renk özelliği, mekân içerisindeki renklerin ve nesnelerin doğru algılanabilmesi için ışığın spektral dağılımı kaynağı ve tayfsal özelliklere dikkat edilerek seçimi yapılmalıdır. Örneğin akkor ampul sarı beyaz bir ışık verirken, soğuk-beyaz bir flüoresan mavi-beyaz ışık vermektedir. Renklerin bazı dalga boyları eksik olması durumunda, bu renkler yansıma yapmaz ve renk tayfında eksik olurlar veya bu ışıkla aydınlatılan yüzeyde görünmez olabilmektedir. Günışığı dengeli dağılımlı ışık kaynağı olduğundan günışığında belirlenen beyaz ışık, renklerin en doğru algılanmasını sağlayan değeri göstermektedir.

Şekil 5. Işığın renk sıcaklığı değeri (URL-1)

Parıltı: Parıltı, aydınlatılmış yüzeyler, armatür parçaları, pencereler ve/veya çatı pencereleri gibi görsel alan içindeki parlak alanlardan kaynaklanan hoş olmayan bir duygu olarak tanımlanmaktadır (TS EN-12464). Aydınlatma tasarımında, görme eyleminin gerçekleşmesi renk ve ışık ile ilişkili olduğundan parıltı oldukça önemli bir faktördür. Tek bir ortam içinde farklı aydınlatma yapılmış bölgelerin aydınlık düzeyi arasındaki farklılık gözün kendini ayarlama, uyma süresinin içinde algılanamayacak derecede büyük ise parıltı oluşmaktadır (Gündüz, 2019). Görsel konforun sağlanmasında, yüksek parlaklık yansımaları genellikle görme eylemini olumsuz yönde etkilemektedir. İç mekândaki parlama, aydınlatma armatürleri, pencere boyutları ve iç mekânda parlak yüzey yerine mat yüzeylerin tercih edilmesiyle kontrol altına alınabilir (TS EN 12464-1, 2021). Işığın çok yüksek düzeyde ve göz ile direk temas edecek şekilde yerleştirilmiş olması da parıltı veya kamaşma oluşturarak gözde rahatsızlığa neden olmaktadır (Nas, 2021).

Kamaşma: Kamaşma, görsel çevrede yer alan yüzeylerin parıltısının, çevredeki genel parıltı düzeyinden gözün alışık olmadığı derecede yüksek olması durumunda oluşan ve görsel performansın ve görünürlüğün azalmasına sebep olan bir durumdur. Kamaşmanın kontrol altına alınması için EN 17037 Standardında Günışığı Kamaşma Olasılığı (DGP) yönteminin yıllık olarak kullanımı önerilmektedir. DGP yöntemi, mekânlarda ölçülen aydınlık ve parıltı değerleri ile kullanıcıların mekânlardaki aydınlatma koşullarına olan tepkisi arasındaki ilişkiye dayanmaktadır (Yılmaz, 2019). Kamaşma; direkt kamaşma, yansımalı kamaşma, yetersizlik kamaşması ve konforsuzluk kamaşması olarak sınıflandırılmaktadır.

Direkt kamaşma, uygunsuz ve yanlış monte edilen armatürlerin neden olduğu aşırı parıltıdan kaynaklanmaktadır. Yansımalı kamaşma ise, Günışığından kaynaklanan, lambaların veya armatürlerin meydana getirdiği yansımalar ile mekânlarda kullanılan malzemelerin (özellikle parlak yüzeyli malzemelerin) yansımasından oluşmaktadır. Yetersizlik kamaşması, kullanıcının görsele dayalı iş performansını etkileyen, ışığın retina üzerinde saçılması nedeniyle oluşan kamaşma türüdür. Konforsuzluk kamaşması, kişide nesnelerin görsel algılanmasına zarar vermeksizin görme yeteneğini tamamen veya kısmen yok edebilen ve istenmeyen duyulanmaların oluşmasına neden olan kamaşma türüdür (Gündüz, 2016).

Renksel Geriverim: Renksel geriverim rengin doğru algılanmasıdır. Gerçek rengin algılanmasındaki karşılaştırma kriteri günışığında gözün algıladığı renk ile aynı olmasıdır. Mekânın kullanım amacına ve yerine göre yapay aydınlatma sisteminin rengin doğru bir

şekilde algılanması renksel geriverim özelliklerine bağlıdır (Şekil 6). Bu özellikler "Renksel Geriverim Endeksi" (R_a) olarak ifade edilmektedir. "R_a = 100 değerine sahip bir ışık kaynağı tüm renkleri, referans ışık kaynağı altındaki gibi optimal gösterir veya Ra değeri azaldıkça renklerin doğru olarak algılanma oranı da giderek azalmaktadır (TS EN 12464-1).

Şekil 6. Renksel geri verim (Ra) özelliklerine göre nesnelerin görünürlüğü

1.5.6. Aydınlatmayı Etkileyen Mimari Özellikler

Aydınlatma tasarımı, iç mekânların estetik, işlevsel ve algısal özelliklerini belirlemede kritik bir rol oynamaktadır (Waldram, 1954). İç mekân tasarımında aydınlatmanın doğru bir şekilde planlanması, mekânın kullanım amacına uygun olarak görsel vurgular ve odak noktaları yaratırken, aynı zamanda mekânın ruhunu ve kullanıcıların deneyimlerini şekillendirmeye yardımcı olmaktadır Aydınlatma, mekânın dinamiklerini dengeleyerek hem genel aydınlatma ihtiyacını karşılamak hem de özel görev aydınlatmaları ve dekoratif unsurlar aracılığıyla atmosferik bir derinlik kazandırmak amacıyla kullanılmaktadır. Bu nedenle, aydınlatma tasarımı, iç mekânın mimari özellikleri ve işlevselliği ile uyum içinde olmalı, mekânın tüm potansiyelini ortaya çıkaran tamamlayıcı bir unsur olarak ele alınmalıdır.

- Mimari Yapı Özellikleri

Bir yapıda aydınlatmayı ve dolaylı olarak görsel konforu etkileyen birçok faktör vardır; bunlar arasında binanın şekli, binanın yönü, gölgelendirme araçlarının varlığı, mekânın plan düzlemi, açıklıkların/pencerelerin sayısı ve boyutu ve kullanılan malzeme özellikleri vb. yer almaktadır (Pathirana vd., 2019).

- Binanın Formu ve Biçimsel Özellikleri

Bina formunun aydınlatma tasarımı ve enerji verimliliği sağlaması üzerindeki etkisini belirlemek için birçok bilimsel çalışma yer almaktadır. Hachem ve ark (2011) yaptıkları çalışmada, aydınlatmanın etkin kullanımında bina formunun etkisinin olup olmadığını araştırmışlardır. Bu amaçla yedi farklı yapı biçimine (kare, dikdörtgen, yamuk, L, U, H ve T) bağlı olarak, yapının formel/biçimsel özellikleri, gölgeleme elemanları ve şekilleri ve soğuk iklim etkili coğrafyada incelemelerde bulunmuş ve dışbükey olmayan formlu yapılarda gölgeleme elemanlarının günışığını etkilemediği sonucuna ulaşmışlardır. Bichiou ve Krarti (2011) de benzer biçimde yapı formu, pencere özellikleri ve yapının yönelimini dahil ettiği çalışma sonuçları, bu üç parametrenin uygun şekilde belirlenmesiyle yaşam döngüsü maliyetini %10-25 oranında azaltacağını göstermektedir. Benzer biçimde, konutların biçimsel özelliklerine bağlı olarak yapılan çalışma sonuçlarında da iklim verilerinden bağımsız olarak, kare şeklindeki yapıların aydınlatma amaçlı elektrik enerjisi tüketimleri yüksekken, L şeklindeki yapılarınki en düşük elektrik enerjisi tüketimine sahip olduğu vurgulanmaktadır (Patrihana vd., 2019).

- Yapının İşlevi

Mekânda gerçekleşen eylem, doğal ışıkla yaratılan estetik etkinin mekânın genel karakteriyle bütünleşmesi açısından dikkate alınması gereken önemli bir konudur. Dolayısıyla doğal ışığın estetik potansiyelini yorumlamada kullanıcıların mekânda gerçekleştirdiği eylemi dikkate almak ve aydınlatma tasarımının estetik değerlerini yapının işleviyle bütünleşecek biçimde yorumlamak önemlidir (Doğrusoy, 2001).

- Yapının Yönelimi ve Çevresel Koşullar

Bina cephesi; binanın ön ve arka cephelerde toprakla temas eden konturlarının görünürdeki cephesinden parsel hattına en yakın yerinden, ön ve arka cephelerine paralel olarak çizilen hat olarak tanımlanmaktadır (Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği, 2017). Binaların farklı yönlere bakan cepheleri farklı miktarlarda doğal ışık alabilir. Öte yandan, mekânın boyutları, mekân boyutları arasındaki orantısal ilişki ve pencere boyutları ve konumu, doğal aydınlatmanın kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Gün ışığının penetrasyonu, mekânın derinliği arttıkça azalır; dolayısıyla gün ışığının homojenliği, pencere alanının ilgili mekân alanına oranına bağlıdır (Li ve Lam, 2000). Düzenlemelere göre, bir sokak veya caddenin genişliği, kentsel bağlamda binaların yüksekliğini belirleyen önemli bir faktördür (Vaisi ve Kharvari, 2019). Mangkuto ve ark. (2016)'ın pencere yönü ile duvar yüzey yansımasının aydınlatma verimliliği ve gün ışığı ölçümleri üzerindeki

etkisini araştırmak için hazırladıkları simülasyon çalışmasında, 0,8 (%80) yansıtma oranlı duvar yüzeylerin kullanımını ve tropikal iklim özelliklerinin baskın olduğu coğrafi bölgelerde yapının yönlenişinde güney yönünün tercih edilmesi gerekliliği savunulmaktadır.

- Pencere Özellikleri

Yapıların günışığından faydalanmasını ve dış çevre ile ilişki kurmasını sağlayan yapı elemanları olarak pencereler, bina kullanıcılarının sağlık durumları ve psikolojileri üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Ayrıca, pencereler sadece günışığı ve dış çevreyle bağlantı kurulmasını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda binaların genel enerji talebini verimlilik bağlamında kontrol edilebilir düzeyde tutulmasında da önemli bir rol oynar. Bu konu ile ilişkili olarak Mangkuto vd., (2016) tasarım aşamasında, genellikle gün ışığı penetrasyonunu ve manzarayı maksimize etmeye çalışırken büyük pencereler uygulamak ile, enerji tüketimini minimize etmek için küçük pencereler uygulamak arasında çelişkiler yaşandığına vurgu yapmaktadır (Mangkuto vd., 2016).

Doğal aydınlatma kaynağından yararlanılmasında yapıda pencere ölçüsü, pencere şekli ve mekânın hacimsel özellikleri etkili faktörlerdir (Vaisi ve Kharvari, 2019). Pencere alanı, bir alanın gün ışığı alımı üzerinde temel bir etkiye sahiptir. Mevcut gün ışığı düzenlemeleri, kabul edilebilir pencere alanının ilgili kat alanının %12'si (WFR[2] = %12) olduğunu göstermektedir. Yapıda yeterli ölçülerde tasarlanan pencereler, gün ışığının iç mekâna alınmasında doğrudan etkiliyken, gereğinden büyük ölçülerde tasarlanan pencerelerin özellikle güneye bakan cephelerde kamaşma sorunları yaratabilmektedir (Arpacıoğlu vd., 2020).

Sirkülasyon alanlarına doğal ışığın ulaştırılmasında saydam-şeffaf yüzeyler, cam ara kapılar ya da iç duvarda tavana yakın konumlandırılan sürekli bant pencereler önemli katkı sağlar. Pencere boyutu, konumu hacme alınan günışığının miktarı ve dağılımında rol oynarken saydam yüzeylerin iç mekân bitirme malzemeleri (en üst kaplama maddesi) arasındaki ilişki de dikkate alınmalıdır (Kutlu, 2019).

- İç Mekân Hacimsel Özellikleri

Ortalama bir insan zamanının yaklaşık %90'ını (günde yaklaşık 22 saat) kapalı alanda geçirdiğinden iç mekânlarda konfor ve kalite elde etme kaygısı her geçen gün artmaktadır. Son on yılda iç mekânlarda yalnızca termal konforun değil aynı zamanda görsel konforun

[2] WFR (Window-to-Floor Ratio), aydınlatmada pencere ile zemin arasındaki oranın ölçüsünü ifade eder. Bu oran, bir odadaki pencere alanının toplam zemin alanına oranıdır. WFR, genellikle iç mekânlarda doğal ışığın miktarını ve dağılımını değerlendirmek için kullanılır.

da sağlanmış olmasına önem verilmektedir (González, 2024). Mekânın boyutları, iç mekân geometrisi ve plan yerleşimi de günışığının hacim içerisindeki dağılımında etkilidir. Pracki ve ark. (2020) mekânın boyutu ve yapay armatürlerin fotometrik boyutları arasındaki ilişkiyi araştırdıkları çalışmalarında mekânın hacimsel özelliklerinin aydınlık düzeyi üzerinde etkili olduğunu ortaya koymuştur.

Gün boyu kullanılan ya da aydınlatma ihtiyacı fazla olan hacimler cephe ile yakın ilişkilendirilmelidir. Daha az aydınlatmaya ihtiyaç duyan hacimler ise binanın cephesinden uzağa konumlandırılabilir. İç mekânın biçimlenişinde ise derinliği fazla olan hacimler, yüksek yansıtma çarpanına sahip açık renkli yüzeyler ile kaplandığında bu yüzeyler hacme alınan günışığının iç yansımış bileşeni üzerinde rol oynayacağından aydınlığın niteliksel ve niceliksel yönden dağılımında pozitif etki edecektir. İç mekânda çok yüksek yansıtma oranına sahip yüzeylerin neredeyse ikincil bir ışık kaynağı olarak görev yapabileceği göz ardı edilmemelidir. Bu özellikteki yüzeylerin günışığı üzerindeki etkileri de önemli bir konu olarak görülmektedir. Saydamlık oranı ve iç yüzey malzemeleri ara kesitinde hacimdeki güneş ışınımı etkilerine bakıldığında pencere/döşeme oranının %15‘e, döşeme yansıtma çarpanının düşükten orta seviyeye çıkartılmasıyla oda yüzeylerinden yansıyan ve yutulan güneş enerjisi miktarı, pencere camından geçen oranın %5 ila %10‘u arasında değişir. Bu rakam saydamlık oranının yükselmesiyle artar ve yaklaşık %50 saydamlık oranında %30’lara yaklaşır (Hegger vd., 2008; Kutlu, 2019).

- İç Mekân Yüzey Özellikleri

Mekândaki yüzeylerde (tavan, döşeme ve duvar) kullanılan malzemelerin sahip oldukları renk ve dokusal özellikler ışık akısına etki eden unsurların başında gelmektedir. İç mekânlarda yüzey özellikleri, aydınlatma performansı ve görsel konfor üzerinde doğrudan etkili olan önemli bir unsurdur. Bir mekânın duvar, tavan ve zemin gibi yüzeylerinin renk ve doku özellikleri, ışığın nasıl dağıldığını, yüzeyler tarafından nasıl soğurulduğunu veya hangi oranda yansıtıldığını belirlemektedir. Bu nedenle yüzeylerde kullanılan renk-doku özellikleri istenen aydınlatma koşullarını belirlerken önemli tasarım faktörlerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Nas, 2021; Nugroho, 2022).

Mekândaki aydınlık düzeyinde düşey düzlemler (duvarlar), yatay düzlemler (zemin ve tavan döşemeleri) kısaca mekânı oluşturan iç kabuğun malzeme özellikleri nedeniyle yansıma niteliği de değişmektedir. Marakemi ve ark. (2019) da yaptıkları çalışmanın sonuçlarında yüzey özelliklerinin enerji tüketimi ve görsel konfor üzerindeki etkisinin fark edilebilir olduğunu ve bu nedenle bu sonuçların çok/büyük mekânlarda/alanlarda öneminin

daha da arttığını vurgulamaktadır. Bunun yanında yüzeylerin fiziksel özellikleri ile mekânda kullanılan mobilyalar ve pencerelerin fiziksel özellikleri de etkili görülmektedir (Jennifer, 2013).

- Yüzey Rengi

Renk, ışığın ayrılmaz bir parçasıdır. Yüzeyden yansıyan ışığın renksel özelliği değiştikçe, yüzeyin algılanan rengi değişir. Renk algılama sürecinde, görsel algılama için gerekli olan üç öğeye bağlı olarak, yüzeyin renksel özellikleri, aydınlatan ışığın renksel özellikleri ve görme organını renk algılama sistemi rol oynar (Gündüz, 2016).

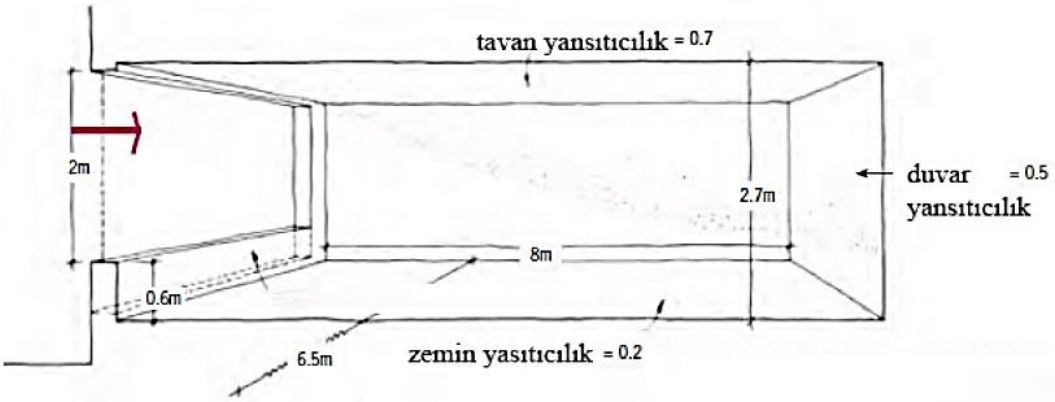
Bu çalışma, dersliklerde duvar yüzey ve mobilyalardaki renk ve malzeme seçiminin görsel konfor koşulları, öğrenme motivasyonu gibi konuların yanı sıra enerji etkin aydınlatma tasarımında da etkili olduğu savı üzerine temellenmektedir. İç mekânda renk seçimine ilişkin birçok çalışma bulunmaktadır. Eğitim yapılarında renk kullanımına ilişkin literatürde ağırlıklı olarak, renk ve öğrenme ilişkisi, öğrencilerin renk tercihleri, rengin aydınlatma ile ilişkisi konuları ele alınmıştır. Bu çalışmaların bazılarının sonuçları birbirini desteklerken, bazı çalışma sonuçları ise birbirleriyle çelişmektedir.

İç mekân duvar, tavan ve zemin düzlemlerinde kullanılacak renkler, mekânın aydınlık düzeyinde etkili parametrelerden biridir. Renk seçimi/kullanımında, renge ilişkin (renk tonu, yansıtıcılık katsayısı, renksel geriverim indeksi vb.) tüm bileşenlerin birlikle ele alınması önemlidir. Yüzeyler ışık yansıtma biçimi özellikleri açısından parlak, donuk ve ara durumları sergilemektedir. Açık renkli yüzeylerin ışık yansıtma çarpanları büyük, koyu renkli yüzeylerin ise açık renk olanlara kıyasla daha küçüktür. Bu nedenle yüzey renginin açık ya da koyu olması mekânda oluşan gölgenin niteliğini, mekânın ışıklılık oranını ve aydınlık düzeyine etki etmektedir. Eğitim yapıları dersliklerinde de tahta ve tebeşirin aynı aydınlık seviyesine sahip olmalarına rağmen tebeşir renginin yansıtma kat sayısı (parıltısı/ışıklılığı) koyu renk olan tahtaya göre fazla olmasıdır (Nas, 2021; Nugroho; 2022). Tablo 4'te dersliklerde kullanılacak renk ve malzemelerin ışık yansıtıcılık oranlarına ilişkin belirlenmiş değerler bulunmaktadır.

Tablo 4. İç mekânda yüzeylerin yansıtıcılık oranları (TS EN 12464-1:2021)

Tasarım hesaplamalarında, yüzey yansımaları mümkünse yüzeyin gerçek özelliklerine mümkün olduğunca yakın tanımlanmalı ve yüzey üzerindeki yansıma değişkenliği dikkate alınmalıdır.			
Tavan	**Duvar Yüzeyleri**	**Zemin Kaplaması**	**Büyük Nesneler**
0,7 - 0,9	0,5 - 0,8	0,2 - 0,6	0,2 – 0,7

Yüzey renk ve malzemelerinin yansıtıcılık oranlarının yüksek olması görsel konfor koşullarının sağlanmasıyla enerji tasarrufuna da katkıda bulunmaktadır. Yansıtıcılık oranları tavanlar için 70-90% aralığında, duvar yüzeyleri için 50-80% aralığında ve mekânda sayıca fazla ve yüzey alanı büyük olan nesnelerin 20-70% aralığında olması önerilmektedir (TS EN-12464:1, 2021). Zemin için seçilen kaplama malzemelerinin, dersliklerde kullanılan sıralar için ikincil yüzey oluşturması nedeniyle 20-25% yansıtıcılık katsayısına sahip olması gerekmektedir (Kutlu Güvenkaya, 2008; Building Bulletin 90). Enerji etkin aydınlatma tasarımında, yüzeylerinin yansıtıcılık oranının en az %70 olması durumunda tavanlar yapay aydınlatma armatürleri için ikincil ışık kaynağı görevi üstlenmekte ve aydınlatma için harcanan enerjinin korunumunu desteklemektedir (Kutlu Güvenkaya, 2008). Şekil 6'da derslik yüzeylerinde kullanılacak renk ve malzemelerin yansıtıcılık oranları yer almaktadır.



Şekil 6. Derslik yüzeyleri için ideal yansıtıcılık oranları (Building Bulletin 90, 1999).

Henüz dünyada enerji talebi artışlarının yeni başladığı 20yy'ın ilk yarısında, özellikle eğitim yapıları için aydınlatma verimliliği ile renk ilişkisini değerlendiren Hynds (1944), dersliklerde duvar yüzey rengi seçiminde renklerin aydınlatma verimliliğine katkı sağlar nitelikte yansıtma katsayısına sahip olması gerekliliği vurgulamaktadır. Dersliklerde beklenen düzeyden fazla günışığı alan dersliklerin mavi veya yeşil gibi soğuk renklerle tasarlanmasını önerirken, yetersiz günışığı alan dersliklerin ise sarı, turuncu ve devetüyü gibi sıcak renk tonlarıyla tasarlanması önerisinde bulunmaktadır (Hamon, 1945; Rudner, 1962) Dersliklerde kullanılan yüzey renkleri, standartlarla belirlenen aydınlık düzeylerinin sağlanmasına yönelik homojen aydınlık düzeyinin sağlanabilmesine uyumlu olarak açık tonlarda seçilmelidir (Yağmur ve Sözen, 2016). Bu sayede aydınlatma amaçlı harcanan enerji miktarı azaltılabilmektedir. Bununla birlikte duvar yüzey ve donatı renklerinin bilinçli

seçilmesi yeterli olmayıp, dersliklerde kullanılacak ışığın rengi de, yüzey ve malzeme özelliklerinin doğru algılanabilmesindeki etkisi nedeniyle önem arz etmektedir.

Dersliklerde duvar yüzey rengi mavi tonlarındaysa, aydınlatma armatürleri soğuk gün ışığına sahip, duvar yüzey rengi turuncu renk tonlarındaysa aydınlatma armatürlerinin sıcak beyaz renk sıcaklığında olması önerilmektedir (Luciana vd., 2016). Ayrıca dersliklerde gün ışığına yakın ve yüksek renk sıcaklığına sahip yapay aydınlatma elemanlarının kullanılması (Nas, 2021) öğrencilerin aydınlık düzeyindeki ani değişimlerinden daha az etkilenmelerini sağlamakta ve derse katılım oranını olumlu yönde etkilemektedir (Hathaway, 1982; Morrow, 2018; Memiş ve Ekren, 2019).

Renk, öğrenciler üzerinde psikolojik, fizyolojik olarak da etkilidir. Bu nedenle akademik başarıya etki etmesi (López-Chao vd., 2020) yönüyle de önemli bir tasarım ögesi olarak değerlendirilmektedir (Yağmur ve Sözen, 2016; Gaines ve Curry, 2011; Nurendra ve Ismaniati, 2020; Dehvari vd., 2023). Dersliklerde rengin yoğun kullanımı öğrencilerde aynı anda birden fazla duyunun istenmeyen düzeyde uyarılmasına (Ogita ve Pothong, 2021) neden olurken, rengin yetersiz kullanımı ise öğrencilerde stres ve saldırganlık oluşturarak verimsiz bir öğrenme sürecine (Glogar vd., 207) neden olmaktadır. Bu nedenle derslik tasarımında mekânın yüzey rengi seçiminde estetik kaygının yanı sıra özellikle işlevsel yönüyle ele alınarak odaklanmanın ve öğrenmenin kolaylaşmasına katkı sağlar nitelikte olmasına dikkat edilmelidir (Gaines ve Curry, 2011; Pourbagher,2020)

Rengin, malzemeden bağımsız olarak ele alınması mümkün değildir. Dolayısıyla, yüzey ve mobilyaların rengi kadar malzeme özellikleri de tasarımda önemlidir. Malzemeler, dokulu, cilalı vb. işlemlerle farklı özelliklere sahip olabilmektedir. Mekânsal bileşenlerin dokusu, o bileşeni meydana getiren malzeme ile tanımlanır. Görsel olarak insanı etkileyen doku, algılanan renk ve biçimin etkisini değiştirmektedir. Aynı renge sahip iki yüzey, farklı dokular kullanıldığı takdirde farklı renk ve tonda algılanmaktadır. Bu sebeple aydınlatma tasarımında yüzey ve mobilyaların hem renk hem de malzeme/doku özellikleri birlikte ele alınmalıdır.

- Malzeme/Doku Özellikleri

Doku özellikleri, bir yüzeyin ışığı nasıl yansıtacağını veya soğuracağını belirleyerek aydınlık düzeyini doğrudan etkiler. Pürüzsüz ve parlak dokular, ışığı daha fazla yansıtarak mekânda daha yüksek bir aydınlık düzeyi sağlamaktadır. Bu tür yüzeyler, ışığın daha fazla dağılmasını sağlayarak mekânda genel aydınlatma düzeyini de artırmaktadır. Buna karşın, pürüzlü, mat ya da dokulu yüzeyler ışığı daha fazla soğurarak veya düzensiz yönlere

dağılmasına neden olarak mekânda daha düşük aydınlık düzeyinin oluşmasına yol açabilmektedir.

Dokulu yüzeylerin ışığı soğurup yansıyan ışık miktarını azaltması yapay aydınlatmanın daha fazla kullanılmasına ve daha fazla elektrik enerjisi tüketimine neden olabilmektedir. Mekân tasarımında seçilen malzemelerin/dokuların bu bilinçle seçilmesi hem görsel konforunun hem de enerji verimliliğinin sağlanması açısından önemlidir. Bir yüzeyin doku ve pürüzlük özelliği, aydınlatan ışığın hangi doğrultuya ne oranda yansıyacağının, yani, o yüzeyin ışık yansıtma biçiminin belirleyicisidir. Yüzeylerin pürüzleri, gelen ışığın dalga boyundan küçük ise parlak yüzey (ayna, cam vb.), büyük ise mat/donuk yüzey (sıva, mermer, ahşap vb.) olarak algılanmaktadır. Cilalı mermer, sırlı porselen, fayans vb. üstü parlak ve saydam bir cila ile kaplanmış yüzeyler karışık yansıma yapmaktadır. Saten boya, ipekli kumaş, deri, kimi ahşap türleri vb. yüzeyler ise, düzgün ve izotrop yayınık yansımanın belirlediği iki sınır durum arasında olan yayınık yansıma yaparlar ve ipeğimsi parlaklıkta görünmektedirler. (Gündüz, 2016).

- İç Mekân Donatı Seçimleri

Hacim içerisinde iç mekân tasarımının birer öğesi olan hareketli ve sabit donatıların konum, boyut ve yüzeysel özellikleri de günışığının hacim içerisindeki dağılım üzerinde etkili olan hacmin fiziksel özellikleri başlığı altında ele alınabilecek bir diğer önemli unsurdur (Kutlu, 2019). Donatılar, mobilya ve diğer iç mekân öğeleri, doğal ve yapay aydınlatmanın etkinliğini büyük ölçüde etkiler. Doğru donatı seçimi, mekânın doğal ışık kaynaklarından en iyi şekilde yararlanmasını sağlamak için kritik bir rol oynamaktadır (Jennifer, 2013). Örneğin, açık renkli mobilyalar, doğal ışığı yansıtma kapasitesine sahip olup, mekânın daha aydınlık ve geniş görünmesine yardımcı olabilir. Bununla birlikte, donatının yerleşimi ışık kaynaklarının mekândaki dağılımını etkileyerek, gölgelerin ve aydınlatma dengesizliklerinin azaltılmasında da etkili olmaktadır. Bu bağlamda, donatının yerleşimi ve tasarımı, özellikle doğal ışığın yetersiz olduğu alanlarda yapay aydınlatmanın verimliliğini artırarak, iç mekânda görsel konfora uygun bir aydınlatma sağlamak adına önemli görülmektedir. Dolayısıyla, iç mekân tasarımında donatıların renk ve dokuları, mekân içindeki yoğunluğu, yerleşim biçimi mekândaki aydınlık düzeyinde hem estetik hem de işlevsel açıdan olumlu sonuçlar elde edilmesini sağlamaya yardımcı olur.

1.5.7. Aydınlatma ve Sürdürülebilirlik İlişkisi

Sürdürülebilirlik kavramı, Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'ndan 1987 yılında dünyaya sunulan, Brutland Raporu'nda, 'sürdürülebilir gelişme' olarak ele alınarak 'bugünün gereksinimlerini, gelecek kuşakların da kendi gereksinimlerini karşılayabilme olanağından ödün vermeksizin karşılamak' şeklinde tanımlanmaktadır. Küreselleşen dünya, artan nüfus yoğunluğu ve enerji kaynaklarının bilinçsiz tüketimi günümüzde yaşanan büyük zorluklardan biri olarak görülmektedir (Tavşan ve Yolcu, 2023).

Yapılarda ısıtma-soğutma, aydınlatma ve cihaz kullanımı gibi gereksinmelere yönelik yüksek miktarda enerji tüketilmekte ve bu enerjiye bağlı olarak dünya genelinde %28 oranında CO_2 emisyonuna sebep olmaktadır. 2017 yılında 430 Mtoe (5000900000000 kW/h) enerji tüketimiyle yapılardaki enerji tüketiminin %14lük payına sahip olan aydınlatmanın, son yıllarda yapılan enerji verimliliği çalışmalarına rağmen küresel tüketim miktarı her geçen gün artış göstermektedir (Gentile vd., 2022). IEA World Energy Outlook (2023) 'a göre, 2030 yılına kadar LED'ler aydınlatma satışlarının %100'ünü oluşturacak olmasına rağmen aydınlatma gereksinmeleri için harcanacak enerji tüketiminin artacağı öngörülmektedir. Bu sebeple aydınlatma tasarımında teknolojik gelişmelerin katkısıyla son yıllarda önemli iyileştirmeler yapılmakta, enerji verimliliğine yönelik çalışmalar da artmaktadır.

Aydınlatma sektörü, ekonomik sürdürülebilirliğe büyük katkıda bulunabilme kapasitesi bulunan sektörlerden biridir. Bunun nedeni, toplam enerji tüketiminin yaklaşık %20'sinin hem iç hem de dış mekânlarda farklı alanları aydınlatmak için ve küçük bir kısmının da bunu mümkün kılan armatür ve lambaları üretmek için kullanılmasıdır. Bu nedenle aydınlatma tasarımında enerji tasarrufuma yönelik çalışmalar önemli bir rol oynamaktadır. İç mekân aydınlatmasının sürdürülebilirlik üzerindeki etkisi yalnızca enerji tüketimi (ki bu çok yüksektir) açısından değil, aynı zamanda atık ve tehlikeli madde yönetimi açısından da dikkate değerdir. Hammaddelerin kullanımı (armatürler, ışık kaynakları, kablolama ve elektrikli cihazlar için) sürdürülebilir aydınlatma çözümleri, enerji verimliliğini artırırken çevresel etkileri azaltma amacını taşır. Bu çözümler, enerji tasarrufu sağlamakla kalmaz, aynı zamanda iç mekân konforunu ve kullanıcı memnuniyetini artırır, böylece sürdürülebilir bina tasarımı ve çevresel sorumluluk hedeflerine ulaşılmasına katkıda bulunmaktadır (Montoya vd., 2017).

Enerji etkin aydınlatma tasarımı; teknolojik gelişmelerin takip edilmesi ve uygulanması, enerji kaynaklarının bilinçli kullanımı ve bununla birlikte görsel konfor sağlanarak bireylerin performanslarının da olumlu yönde etkilenmesi olarak tanımlanmaktadır (Çelik ve Ünver, 2019). Literatürde yapılan çalışmalar, aydınlatma tasarımlarında yenilikçi teknolojik cihazların kullanımı (örneğin; sistemin bekleme modu, perdelerin otomatik kontrolü veya sistemin kullanıcı ara yüzlerinin geliştirilmesi özellikleri gibi) ile birlikte %30-%60 oranları arasında enerji tasarrufu elde edilebileceğini önermektedir (Lo Verso vd., 2021; Olijiga, 2024). Bunun aksine, dijitalleşme ile birlikte kullanılan yanlış seçilmiş cihaz otomasyonlarının iç mekânda kurgulanan aydınlatma tasarımına entegrasyonu, rebound[3] etkisi yaratarak enerji verimliliğinin artmasına rağmen enerji tüketim miktarını da arttırma riskini beraberinde getirmektedir (Gentile vd., 2022).

Aydınlatma tasarımında mekâna gün ışığı alma ve ışıktan korunma gereksinmelerinin dengelenmesi gerekmektedir. Gün ışığının tek başına yeterli olmadığı durumlarda yapay ışık kaynakları kullanılmakta ve bireyin görsel ya da görsel olmayan gereksinmelerinin karşılanması sağlanmaktadır. Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından yapılan tanıma göre, ışığın görsel olmayan (görüntü oluşturmayan) etkileri, bireyin sağlığını ve performansının güçlü bir şekilde düzenlendiği biyolojik tepkileri kapsamaktadır. Mekânda yer alan görsel ve görsel olmayan uyarıcılar (perde, elektrikli gölgeleme elemanları), bireylerin çevreleriyle olan etkileşimlerini etkileyebilmekte ve önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanmasına katkıda bulunabilmektedir. Örneğin, enerji verimli LED ışık kaynaklarının kullanılması, aydınlatılacak mekânlarda bölgesel aydınlatma kontrol sistemlerinin kullanılması, gün ışığının istenilen düzeyde mekânla etkileşimde olmasına yönelik kullanılan gölgelendirme uygulamaları enerji tüketim ihtiyacını önemli ölçüde düşürmektedir (Gentile vd., 2022).

Sonuç olarak, enerji verimli aydınlatma teknolojileri, enerji tüketimini azaltma, bakım maliyetlerini düşürme, aydınlatma kalitesini artırma, güvenlik ve emniyeti geliştirme ve potansiyel sağlık ve refah yararları dahil olmak üzere birçok avantaj sunar. Bu yararlar, enerji verimli aydınlatmayı konut, ticari ve endüstriyel uygulamalar için cazip ve maliyet etkin bir seçenek haline getirir ve aydınlatma için daha sürdürülebilir ve çevre dostu bir geleceğe katkıda bulunmaktadır.

---

[3] Rebound etkisi, artan enerji verimliliğine bağlı olarak, enerji fiyatlarındaki düşüşle ortaya çıkan ekonomik kazançların daha fazla enerji tüketimine yol açmasıdır.

1.6. Sürdürülebilirlik Bağlamında Eğitim Yapılarında Aydınlatma Tasarımı

Bireylere, belirli bilgi, beceri ve davranış normlarının kazandırılmasını hedefleyen eğitim, bireylerin bilişsel ve fiziksel gelişimini amaçlayan tüm faaliyetleri içermektedir. Eğitim ve eğitim yapıları konusunda yapılan araştırmalar, dersliklerde görsel konforun sağlanmasının eğitim sürecine olumlu etkisi olduğunu göstermektedir. Eğitim yapıları dersliklerde görsel konforun sağlanması hem aydınlık sistemlerinin doğru tercih edilmesiyle hem de mekânın fiziksel özelliklerinin doğru tasarlanmasıyla mümkün olmaktadır.

Eğitim yapılarında görsel konfor koşullarının sağlanmasına yönelik günışığından (doğal aydınlatma) ya da yapay aydınlatma elemanlarından yararlanılmaktadır. Türkiye'de eğitim yapıları, eğitim-öğretim döneminde yaklaşık 10 ay süreyle, gün boyunca etkin biçimde kullanılmaktadır. Belirlenen aydınlık düzeyinin sağlanabilmesine yönelik doğal aydınlatmanın yanında sıklıkla yapay aydınlatma elemanlarından yararlanılmaktadır (Bayram vd., 2020). Günışığından daha fazla yararlanılması, aydınlatmaya ve ısınmaya harcanacak enerji miktarını düşürmektedir (Maesano ve Annesi-Maesano, 2012; Michael ve Heracleous, 2017). Türkiye enerji ithal eden ülke olduğundan, enerji kaynaklarının bilinçli kullanılmasına yönelik olarak aydınlatma için harcanan enerji miktarlarının iyileştirilmesine yönelik yapılan çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun yanında, eğitim yapılarında eğitim yapıları üzerine yapılan çalışmalarda, aydınlatmanın doğru bir şekilde yapılması ile sağlanan görsel konforun, renk sıcaklıkları ve ışık düzeylerinin öğretmenlerin çalışma motivasyonunu ve öğrencilerin öğrenme performansını ve derse katılım oranlarını artırıcı bir etmen olarak görülmektedir (Memiş ve Ekren, 2019; Onak ve Yıldıran, 2020; Bayram vd., 2020).

Eğitim yapılarında, görsel konfor koşullarının sağlanmasında günışığı ve yapay aydınlatma sistemlerinin doğru belirlenmiş olmasının yanında mekânda kullanılan malzemelerin renk ve doku özelliklerinin de öğrenciler için uygun olması önemlidir. Dersliklerde kullanılan iç mekân yüzey ve donatı renklerinin açık renkli olması, yansıtıcı özelliğinin fazla olması nedeniyle mekânın aydınlık düzeyinin yanı sıra öğrencilerin görme performansını da arttırmaktadır (Yağmur ve Sözen, 2016). Mekânın algısında etkili fiziksel parametrelerden biri olan renk öğesi değerlendirildiğinde, rengin psikolojik, estetik, illüzyon ve işlevsel etkisinden dolayı derslik tasarımında büyük önem taşıdığı görülür. 6-10 yaş aralığındaki ilkokul çağı çocukları için tasarlanan dersliklerde çocukların odaklanmalarını sağlayacak, onları aktive edecek renkler kullanılmalıdır. Bunun yanı sıra bu yaş grubu

çocukların hareketli oldukları göz önünde bulundurularak mekân yüzeylerinde kullanılacak renklerde ders boyunca mekânda geçirilen sürenin kısa algılatılmasına da dikkat edilmelidir (Altun ve Zorlu, 2021).

- Eğitim Yapılarında Doğal Aydınlatma Sistemleri

Eğitim mekânlarında doğal aydınlatma mekânlardaki duvar ya da çatılardaki pencere açıklıkları ile sağlanmaktadır. Eğitim yapılarında doğal aydınlatma kaynaklarının kullanımı, yapay aydınlatmadan kaynaklı enerji tüketimini azaltırken, öğrencilerin bilişsel ve fiziksel özelliklerini olumlu yönde desteklemektedir (Michael ve Heracleous, 2017).

Kuller (1992)'in İsveç'te yaptığı çalışmanın sonuçları gün ışığından yararlanılan dersliklerde ilkokul öğrencilerinin gözlemlenen davranışları ve sirkadiyen hormon seviyelerinin, sadece yapay aydınlatma elemanlarının kullanıldığı dersliklerdeki öğrencilere kıyasla beklenen normlara daha yakın olduğunu göstermektedir. Heschong ve ark. (2002)'nın eğitim yapılarında gün ışığının birey performansına etkisini incelediği çalışmasında da benzer şekilde, üç farklı eğitim yapısında bulunan pencere veya çatı penceresi alanının artmasıyla, öğrencilerin performansı arasında anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Bu bağlamda dersliklerde günışığından etkin yararlanmak amacıyla, dersliklerde bulunan pencerelerin sayısı arttırılabileceği gibi pencerelerde kullanılacak yatay ışık rafları fazla gün ışığını tavan yüzeyine yönlendirilebilir. Işık raflarının kullanılmasıyla dersliklerde yaşanan aşırı aydınlatmadan kaynaklı göz kamaşmaları da önlenebilmektedir (Bayram vd.,2020).

- Eğitim Yapılarında Yapay Aydınlatma Sistemleri

Görsel konfor koşullarının sağlanabilmesi için doğal aydınlatmanın yetersiz kaldığı durumlarda yapay aydınlatma elemanlarından yararlanılmaktadır. Eğitim yapılarında yapay aydınlatma mekânın işlevine bağlı olarak istenen aydınlık düzeyinin sağlanması için uygun aydınlatma elemanları seçimi ve doğru konumlandırılmasıyla gerçekleştirmektedir.

İç mekân tasarımında aydınlatma ile insan algısı üzerinde dikkate alınması gereken iki en önemli ışık özelliği, renk sıcaklığı (CCT) ve aydınlatma düzeyidir (Yang ve Jeon, 2020). Bu bağlamda eğitim yapıları dersliklerinde öğrenci gereksinmelerine, öğrenci üzerindeki etkilerine ve belirlenen aydınlık standardına uyumlu aydınlık düzeyinin sağlanmasına yönelik doğru ışık renginin seçimi önemlidir.

Barkmann ve ark. (2012) de 8-12 yaş ilkokul çağındaki öğrencilerle yaptıkları çalışmalarının sonuçları, yapay ışık kaynaklarının renginin soğuk olmasının öğrencilerin hem fiziksel hem de bilişsel durumları üzerinde olumlu etkileri olduğunu göstermektedir.

Yapay ışıkta dalga kısa dalga boylu ve soğuk renkli ışık, günışığı ile benzer yayılım gösterdiğinden hem sirkadiyen ritim düzenlenmesi üzerindeki olumlu etkisi hem de öğrencilerde uyanıklık sağladığından eğitim yapılarında 5500 K ışık renginde ışık kullanılması önerilmektedir (Keis vd., 2014).

- Eğitim Yapılarında Enerji Etkin Aydınlatma

Eğitim yapılarının hem içinde barındırdığı mekân çeşitliliği (derslikler, koridorlar, kütüphane, laboratuvar, atölye, ofisler, wc vb.) ve sunduğu hizmetler nedeniyle enerji tüketimi yüksek düzeyde olan kamu kuruluşlarındandır. Yapının kullanım saatleri her ne kadar günışığından yararlanılması için elverişli olsa da hem homojen bir aydınlık sağlamak hem de kış mevsiminde güneşlenme sürelerinin azalması nedeniyle sıklıkla yapay aydınlatma kaynaklarından yararlanılmaktadır. Bu bağlamda eğitim yapılarında enerji tüketiminin önemli tüketicilerinden biri de yapay aydınlatma kaynakları olduğu bilinmektedir. Yapay aydınlatma kaynakları nedeniyle tüketilen elektrik enerjisinin neredeyse %50sini ise derslik mekânlarının yapay aydınlatma gereksiniminden kaynaklanmaktadır (Doulog vd., 2019). Bu nedenle eğitim yapılarında henüz proje aşamasındayken aydınlatma sistemleri ve mekân tasarımları bu bilinçle belirlenmelidir (De Santoli vd., 2014). Proje aşaması ve uygulamalardan sonra da, eğitim yapılarında bir takım iyileştirmeler yapılarak da aydınlatma ihtiyacından kaynaklanan enerji tüketimi azaltılabilir.

Enerji etkin aydınlatma sistemlerinin sağlanmasını yapısal düzeyde ve aydınlatma sistemi düzeyinde ele almak mümkündür. Bina düzeyinde ele alındığında etkili parametreler; binanın konumlanması, mekân boyutları, pencere boyutu ve konumu, iç mekânın örgütlenme biçimi ve iç mekân yüzey malzemeleri ile seçilen donatı özellikleri eğitim yapıları tasarımında dikkat edilmesi gerekmektedir.

Eğitim yapıları dersliklerinde pencerelerin düzenlenmesi, günışığının yoğunluğunu ve tekdüzeliğini önemli ölçüde etkileyerek maksimum düzeyde aydınlık sağlanmasına imkan tanımaktadır (Zomorodian vd., 2016). Eğitim yapılarında iç mekân yüzey malzemelerinin yüksek yansıtıcılı özellikli seçilmesi hem görsel konforu hem de öğrencinin motivasyonunu arttırmasıyla ilişkilendirilmektedir (Yağmur ve Sözen, 2016; Manav, 2017).

Bununla birlikte duvar yüzeylerinin standarda uygun parlaklıkta olması hem aydınlatma düzeyi üzerinde hem de kullanıcının yatay düzlemdeki aydınlık algısı üzerinde bir etkili faktörlerdendir (Chraibi vd., 2017). Bu bağlamda duvar yüzeylerinde tercih edilecek doğru renkler, eğitim yapıları dersliklerinde öğrenci sıralarını kapsayan çalışma düzleminin aydınlık düzeyinde de etkilidir. Eğitim yapılarında derslikler, mekândaki kapı

ve pencereler, zemin ve duvarlarındaki doğru renk kombinasyonlarının yanı sıra mobilya (masa, sandalye, raflar) özelliklerine de dikkat edilerek tasarlanmalıdır (Fardillah vd., 2019). Dersliklerde özellikle yoğun bir alanı kaplayan öğrenci sıralarının renk ve malzeme özelliklerinin dikkate alınması önemlidir.

Eğitim yapılarında aydınlatma önemli bir rol oynadığından, aydınlatma sistemlerinin doğru belirlenmesiyle de önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Bu bağlamda;

- Günışığından maksimum düzeyde yararlanma tekniklerinin kullanılmasıyla (Bellia, 2016)
- Armatürlerin konumunun ve anahtar düzeninin doğru planlanmasıyla (Onak ve Yıldıran, 2020)
- Yapay armatürler için kontrol sistemlerinin kullanılmasıyla (Lo Verso vd., 2021; Olijgaja, 2024)
- Enerji tasarruflu armatür tipinin ve yapay ışık kaynağının renginin doğru seçilip kullanılmasıyla (Niko vd., 1998; Marakemi vd, 2019), enerji korunumu sağlanabilmektedir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Çalışma kapsamında yapılan kapsamlı literatür çalışmaları irdelendiğinde, eğitim yapılarında aydınlatma tasarımı konusunun üç ana başlık altında ele alındığı belirlenmiştir. Bunlar, eğitim yapıları aydınlatma tasarımının görsel konfor koşullarının sağlanması gerekliliği üzerine yapılan çalışmalar, eğitim yapıları aydınlatma tasarımlarında enerjinin etkin kullanımının önemine dikkat çeken çalışmalar ve eğitim yapıları aydınlatma tasarımının enerji etkin kullanımının ve görsel konfor koşullarının bir arada ele alındığı çalışmalardır.

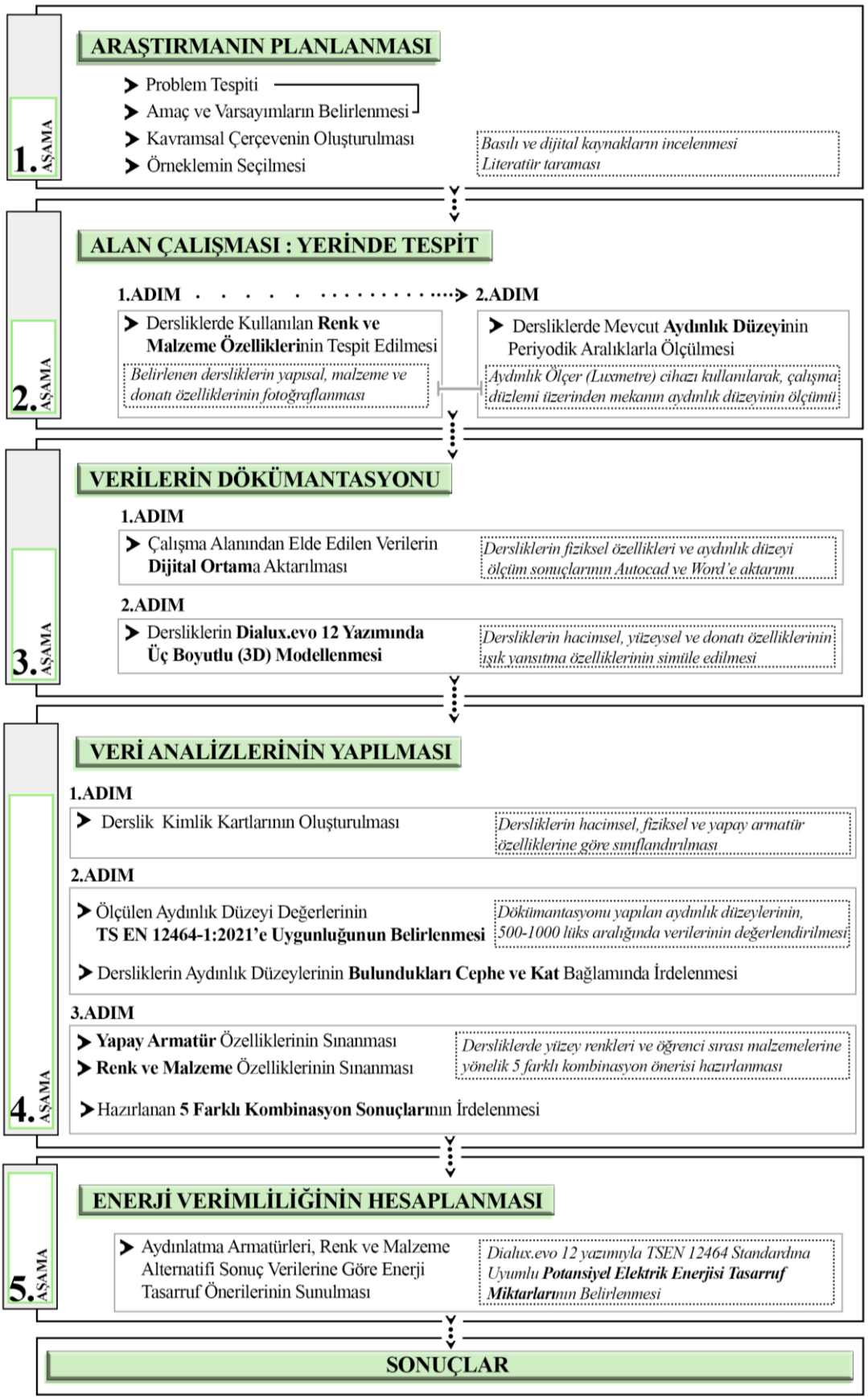
Eğitim yapıları aydınlatma tasarımının görsel konfor koşullarının sağlanması gerekliliği üzerine yapılan çalışmalara (Yener vd.,2009; Winterbottom ve Wilkins, 2009; Samani ve Samani, 2012; Slegeers vd., 2013; Bayram vd., 2020; Nas, 2021) ve eğitim yapıları aydınlatma tasarımlarında enerjinin etkin kullanımının önemine dikkat çeken (Kesten,2006; Ulusan, 2017; Çelik ve Ünver, 2019; Yılmaz ve Sungur,2020; Çağlar, 2021) çalışmaların olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, enerji etkin kullanımının ve görsel konfor koşullarının bir arada olduğu çalışmalar da (Baskan,2004; Abdelatia, 2010; Salleh, 2016; Makaremi vd., 2019; Onak ve Yıldıran, 2020) bulunmaktadır.

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, eğitim yapıları aydınlatma tasarımının enerji verimliliği ve görsel konfor koşullarının her ikisinin de göz önünde bulundurulduğu çalışmalarda, enerji etkin aydınlatma elemanlarının türü ve konumu üzerine alternatiflerinin önerildiği, dersliklerin TS EN 12464-1:2021 standardına uygun aydınlatma düzeyine sahip olabilmesi amacına yönelik aydınlatma elemanlarının önerildiği ve dersliklerde aydınlatma elemanlarının kontrolünün doğru sağlanabilmesi amacıyla farklı anahtar kontrol kombinasyonlarının sunulduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda çalışmaların, enerji etkin aydınlatma tasarımında mekânda kullanılan renk ve malzeme özelliklerinin sağlanacak elektrik enerji tasarrufundaki etkisinin göz ardı edildiği belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında da dersliklerde yüzeylerin ve mobilyaların renk ve doku özelliklerinin enerji etkin aydınlatma yaklaşımına etkileri ele alınmaktadır.

2.1. Çalışmanın Yöntemi

Eğitim yapıları dersliklerinde enerji etkin aydınlatma tasarımına yönelik renk ve doku önerilerinin sunulmasının amaçlandığı bu çalışmanın, mevcut yapıların retrofit çalışmalarıyla sürdürülebilir yapılara dönüştürülmesi ve yeni yapılacak eğitim yapıları tasarımlarına yardımcı bir kaynak olması amaçlanmaktadır. Araştırmanın literatürde yer alan boşluğu doldurmaya yönelik olarak hazırlanması, elde edilen kuramsal bilgilerin deneysel araştırmalar ile sınanmaya açık olması nedeniyle temel araştırmalar grubunda yer aldığı söylenebilir (Ertuğrul, 2003). Çalışma temel aldığı bakış açısına göre nicel araştırma olarak adlandırılmaktadır. Çalışma kapsamında aydınlık düzeyi, renk, doku ve enerji verimliliği gibi ikiden fazla değişken arasındaki ilişki irdelendiğinden korelasyonel araştırma olarak adlandırılabilir (Büyüköztürk vd., 2022).

Kurgulanan araştırma yöntemi doğrultusunda; ‘Araştırmanın Planlaması’, ‘Alanda Yerinde Tespit Çalışmaları, ‘Verilerin Dokümantasyonu’, ‘Veri Analizlerinin Yapılması’ ve ‘Enerji Verimliliğinin Hesaplanması’ olmak üzere beş aşamadan oluşan bir araştırma deseni oluşturulmuştur (Şekil 7).



Şekil 7. Çalışmanın araştırma deseni

- 1.Aşama Araştırmanın Planlanması

Çalışmanın birinci aşaması, çalışma stratejilerinin belirlendiği, çalışmanın nasıl bir yöntem ile kurgulanacağının kararının verildiği aşamadır. Bu aşamada literatür araştırması yapılarak araştırmanın problemi, amacı önemi, kuramsal çerçevesi ve yöntemi belirlenmiştir. 'Sürdürülebilirlik', "enerji verimliliği ve aydınlatma tasarımı', 'eğitim yapılarında aydınlatma', 'aydınlatma, renk ve malzeme ilişkisi' konuları kapsamında ulaşılan yazılı ve görsel literatür taranmıştır.

Örneklem seçiminde, bilgi açısından zengin durumların seçilerek derinlemesine araştırma yapmak olarak tanımlanan amaçsal örnekleme (Büyüköztürk vd., 2022) tercih edilmiştir. Bu kapsamda diğer kademe eğitim yapıları ile karşılaştırıldığında, derslik sayısının fazla olması nedeniyle seçilen ilkokul yapılarından, ülke genelinde sıklıkla kullanılan 10025 tip projesinin Trabzon ilindeki örneklerinden Ahmet Saka İlkokulu çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 8). Belirlenen okulda çalışma yapabilmek için Trabzon İl Milli Eğitim Müdürlüğü'nden gerekli izin alınmıştır (EK-1).

Çalışma alanı olarak bu okulun seçilme nedenleri;

→ Hem tam zamanlı öğretim hem de sonrasında etüt çalışmalarının yapılabiliyor olması (08:30-16:30),

→ Dersliklerin kuzey ve güney olmak üzere iki farklı cephe üzerinde konumlanması

→ Derslik sayısının fazla olması,

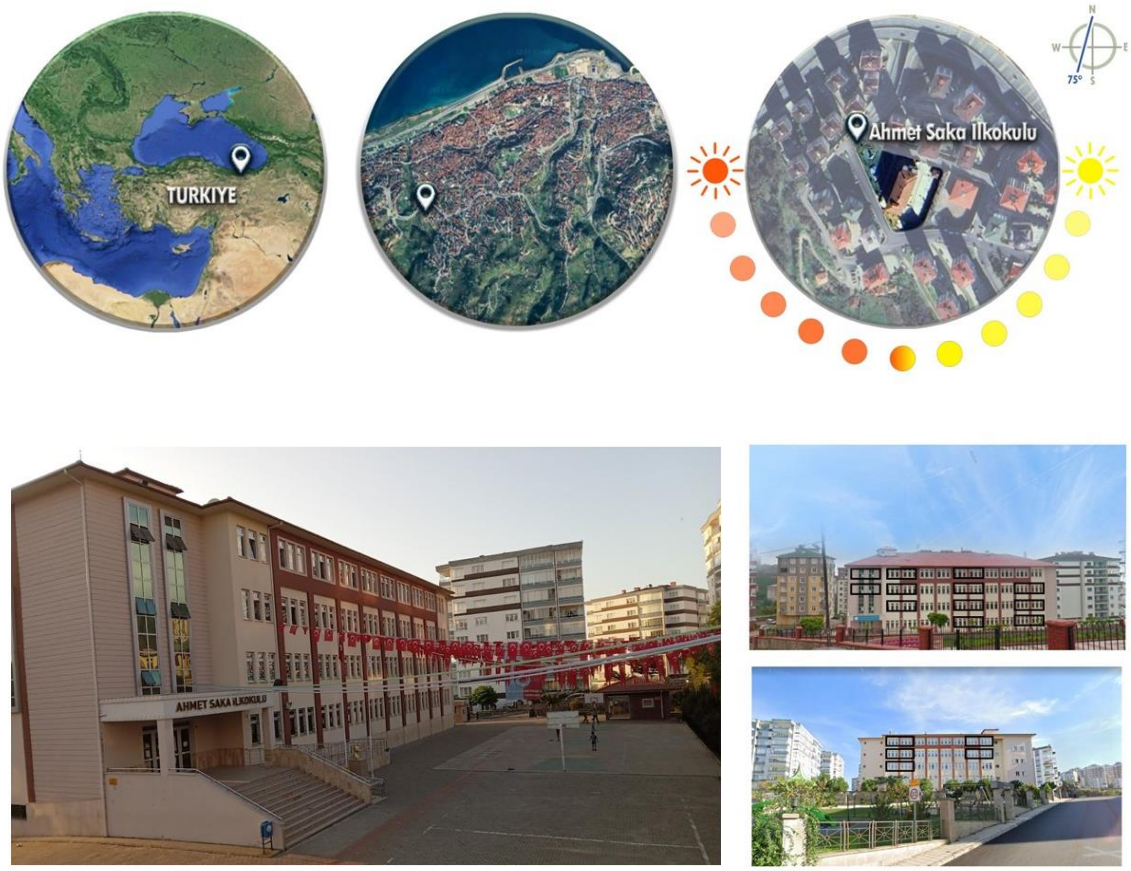
→ Yenileme çalışmalarıyla dersliklerde bulunan armatürlerin çoğunun LED armatürlerle değiştirilmiş olması,

→ Yenileme çalışmalarıyla tüm okulun açık renk nötr griye boyanması ve duvar yüzeylerinin temiz olması,

→ Farklı fiziksel özelliklerde tip derslikler olmasıdır.

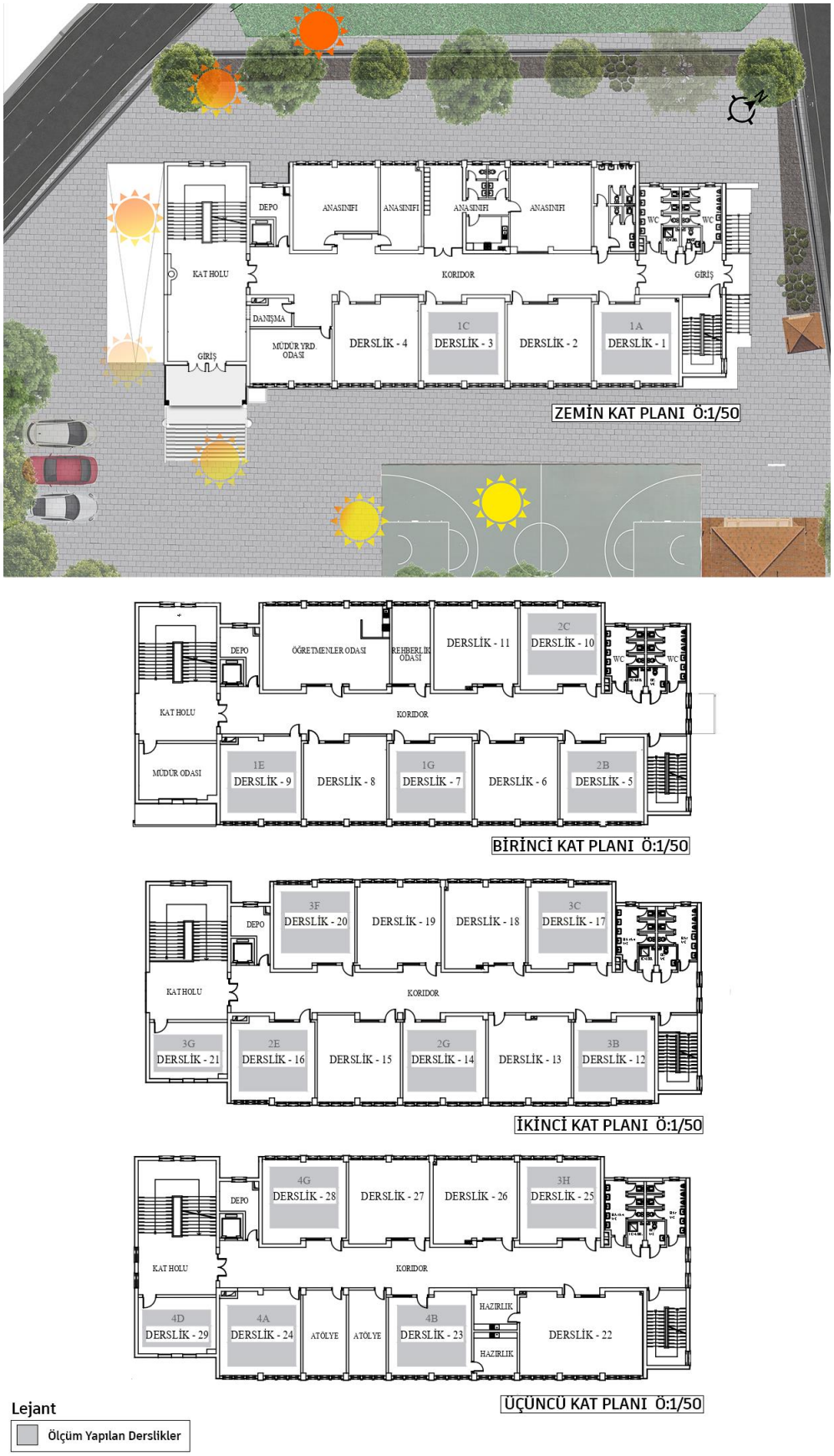
- Çalışma Alanı

Ahmet Saka İlkokulu 40°59'21.3"N 39°41'23.0"E koordinatlarında Trabzon, Türkiye konumunda şehir merkezinde bulunmaktadır (Şekil 8). İlkokul yapısı bodrum, zemin, birinci, ikinci ve üçüncü kat olmak üzere toplam beş katlıdır. Ahmet Saka İlkokulu 2 tanesi atölye olmak üzere 31 derslik ve 41 öğretmen ile 1004 öğrenciye yaklaşık 4300 m^2 kullanım alanı sunmaktadır (URL-2, 2024).



Şekil 8. Ahmet Saka İlkokulu

İlkokul yapısının zemin katı güney cephesinde danışma, müdür yardımcıları odası ve dört derslik bulunurken, kuzey cephesinde ise asansör, depo, ıslak hacimler (kız öğrenci wc, erkek öğrenci wc ve temizlik odası) ve tip dersliklerin birleştirilmesiyle oluşturulan anasınıfı yer almaktadır. İkinci katı güney cephesinde, müdür odası ve beş derslik ve kuzey cephesinde öğretmenler odası, rehberlik odası, iki derslik ve ıslak hacimler (kız öğrenci wc, erkek öğrenci wc ve temizlik odası) bulunmaktadır. Üçüncü kat güney cephesinde biri farklı tip derslik olmak üzere 6 derslik, kuzey cephesinde ise 4 derslik ve ıslak hacimler (kız öğrenci wc, erkek öğrenci wc ve temizlik odası) bulunmaktadır. Yapının dördüncü ve en üst katı güney cephesinde resim, müzik ve yabancı dil derslerine uygun olarak hazırlık mekânlarıyla da toplam 4 derslik yer alırken, kuzey cephesinde ise 4 derslik ve ıslak hacimler (kız öğrenci wc, erkek öğrenci wc ve temizlik odası) yer almaktadır (Şekil 9).



Şekil 9. Ahmet Saka İlkokulu kat planları

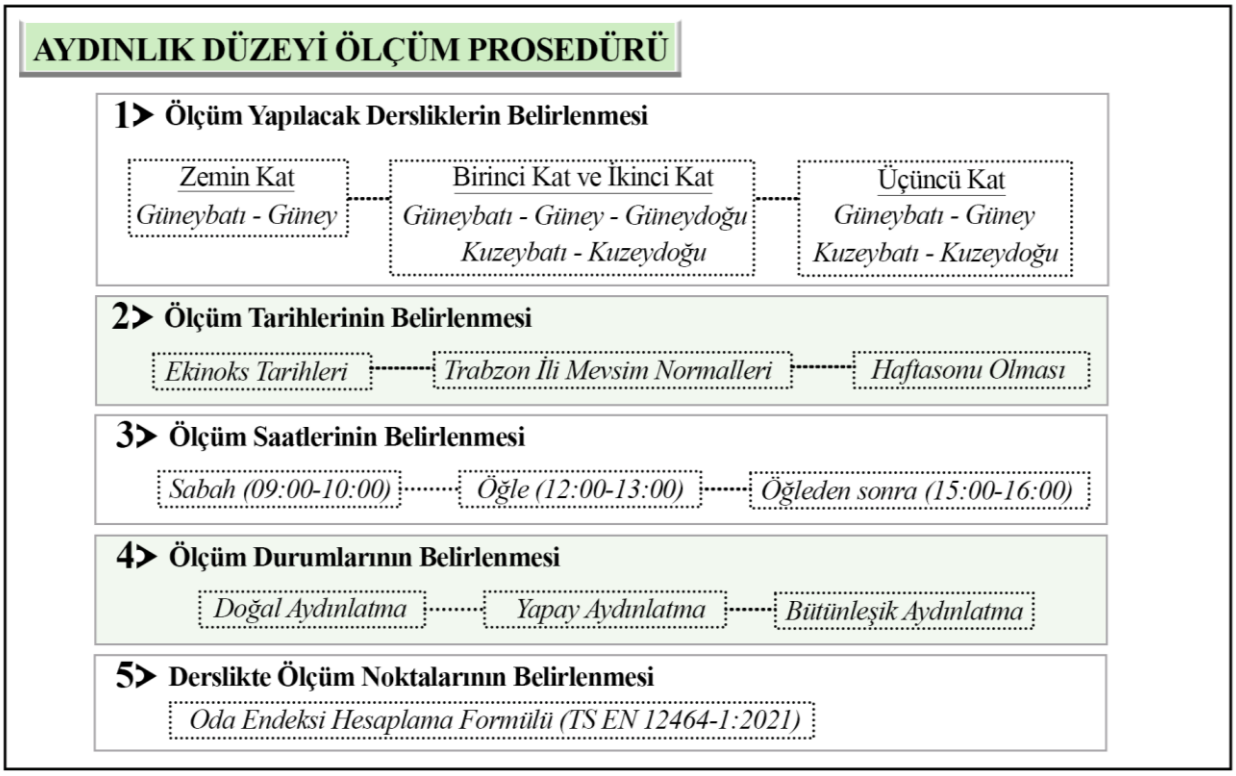
- Alan Çalışması

Çalışmanın ikinci aşamasının ilk adımında, dersliklerdeki mevcut durum (armatür konumu, dersliklerin renk, doku ve özellikleri, kullanılan donatılar vb.) yerinde tespit edilerek fotoğraflanmıştır. Derslikler, hacimsel, fiziksel ve aydınlatma elemanlarının özellikleri adı altında üç başlıkta değerlendirilmiştir. Hazırlanan mimari plan şemaları üzerinde dersliklerin boyutları ve pencere biçimi, yapay aydınlatma elemanlarının nicel ve nitel özellikleri, dersliklerin duvar yüzeylerinin, tavan ve döşemenin kaplama malzemeleri ile donatıların renk ve doku özelliklerine ilişkin bilgiler işlenmiştir (Şekil 10).

DERSLİK - ……							
PLAN		MEKÂN GÖRSELLERİ					
HACİMSEL ÖZELLİKLERİ							
Taban Alanı	Kat Yüksekliği	Pencere Boyutları	Pencere Sayısı	Pencere Türü	Pencere Oranı	Cephe Yönü	Oda Endeksi
RENK VE MALZEME ÖZELLİKLERİ							
		Malzeme		Renk		Ölçüler (cm)	
Yüzey Özellikleri	Zemin						
	Tavan						
	Duvar Yüzeyleri						
	Odak Yüzeyi						
Donatı Özellikleri	Yazı Tahtası						
	Öğrenci Sıraları						
	Öğrenci Dolapları						
	Panolar						
	Öğrt. Masası						
	Öğrt. Sandalye						
	Öğrt. Dolabı						
	Perde						
ARMATÜR ÖZELLİKLERİ							
Aydınlatma Planı		Armatür Fotoğrafı			Işığın Yayılım Diyagramı		
Armatür Cinsi		Işık Akısı					
Armatür Sayısı		Renk Sıcaklığı					
Boyutları		Renksel Geriverim Endeksi					
Gücü		Kullanım Ömrü					

Şekil 10. Dersliklerin fiziksel özelliklerine ilişkin tespit formu

Çalışmanın ikinci aşamasının ikinci adımı, dersliklerde çalışma düzlemindeki aydınlık düzeylerinin ölçülmesini kapsamaktadır. Bu kapsamda dersliklerde aydınlık düzeyi ölçümleri belirlenen beş aşamalı prosedüre göre yürütülmüştür. Hazırlanan ölçüm prosedür aşamaları; ölçüm yapılacak dersliklerin belirlenmesi, ölçüm tarihlerinin belirlenmesi, ölçüm saatlerinin belirlenmesi, ölçüm durumlarının belirlenmesi ve derslikte çalışma düzlemi üzerindeki ölçüm noktalarının belirlenmesi olarak sıralanmaktadır (Şekil 11).

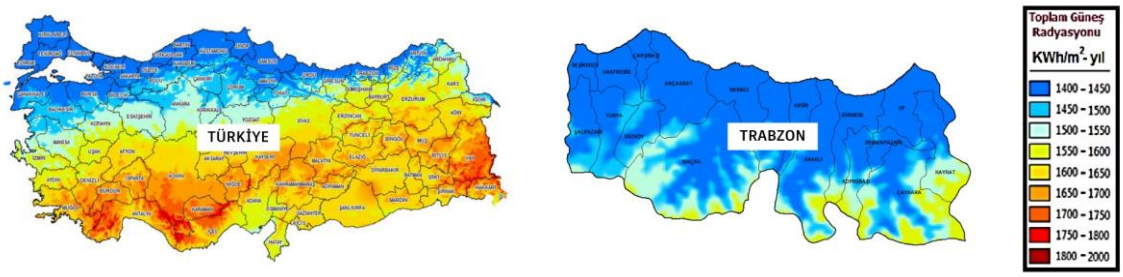


Şekil 11. Aydınlık düzeyi ölçüm prosedürü

Ölçüm yapılacak derslikler belirlenirken yapının her katında, kuzey ve güney cephelerinde yer alan dersliklerden köşelerde ve ortada yer alan dersliklerden birer tane seçilmiştir. Zemin katta yalnızca güneybatı ve güney yönde, birinci ve ikinci katta güneybatı, güney, güneydoğu ile kuzeybatı, kuzeydoğu yönde ve üçüncü katta ise güneybatı, güney ile kuzeybatı ve kuzeydoğu yönündeki derslikler seçilmiştir (Şekil 12). Böylelikle yapının geneline ilişkin yorumların yapılabilmesi hedeflenmiştir.

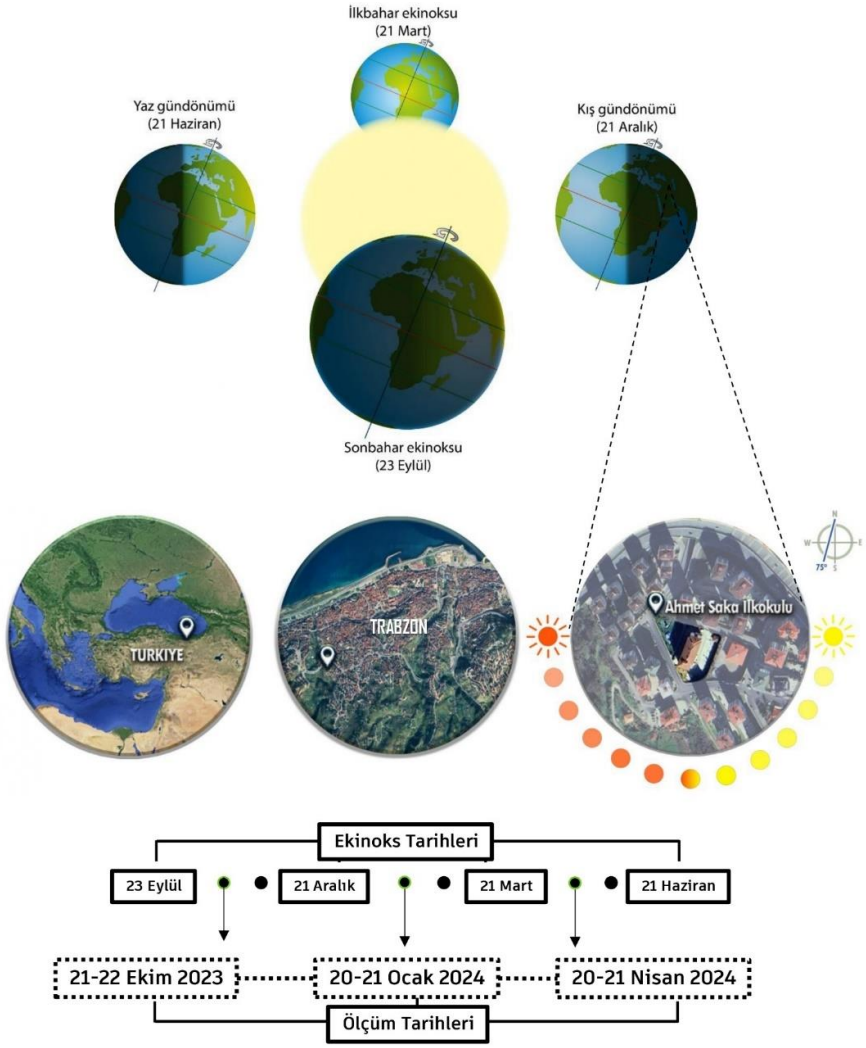
Şekil 12. Ölçüm yapılan derslikler

Çalışma kapsamında dersliklerde mevcut aydınlık düzeylerine ilişkin değerlendirmeler yapılabilmesi amacıyla ölçüm yapılacak tarih ve saatler belirlenirken, Trabzon'un Güneş Enerjisi Potansiyel Haritası (Şekil 13) ve Trabzon'un mevsim normallerine ait 1927-2023 verileri esas alınmıştır. Trabzon ili ülkedeki konumu gereği, 1400-1450 kWh/m^2-yıl güneş enerjisi potansiyeli ile bu potansiyelin en az düzeyde olduğu şehirler arasında yer almaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre, Trabzon ili için yıllık ortalama güneşlenme süresi 4,5 saattir. Bu veriler ışığında ortalama güneşlenme süresine en yakın dönemlerin ilkbahar ve sonbahar olduğu tespit edilmiştir. Eğitimin devam ettiği süre, sonbahar, ilkbahar ve kış mevsimini kapsadığından her mevsimin karakteristik özelliğinin gözlemlenebildiği ölçümler ekim, ocak ve nisan ayında gerçekleştirilmiştir. Ekim ayında güneşlenme süresi 4,5 saat, nisan ayında 4,4 saat ve ocak ayında 2,7 saattir.



Şekil 13. Türkiye'nin ve Trabzon'un güneş enerjisi potansiyel haritası (URL-3)

Ölçümün yapılacağı günlerin seçiminde belirleyici ölçüt ise hem ekinoks tarihleri hem havanın açık gökyüzü koşullarını sağlaması hem de yapının kullanılmadığı art arda iki günlük tatil günleri olması olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda ölçüm tarihleri sırasıyla, 21-22 Ekim 2023, 20-21 Ocak 2024 ve 20-21 Nisan 2024'tür (Şekil 14).



Şekil 14. Aydınlık düzeyi ölçüm tarihleri

Yapıda seçilen dersliklerde mevcut aydınlatma düzeyinde yapay aydınlatma elemanlarının sağladığı aydınlık düzeyinin TS-EN 12464:1 standardına uygunluğunu değerlendirebilmek amacıyla, yapının kullanım süresince 09:00-10:00 ve 12:00-13:00 ve 15:00-16:00 saat aralıkları olmak üzere üç farklı zaman diliminde ölçümler tekrarlamıştır. Bu sayede yapının konumuna bağlı olarak günışığının geliş açısının yapay aydınlatma elemanlarına etkisinin de saptanması mümkün olmuştur. Dersliklerde yapılan aydınlık düzeyi ölçümleri, doğal aydınlatma, yapay aydınlatma ve her ikisinin de olduğu bütünleşik aydınlatma olmak üzere 3 farklı şekilde gerçekleştirilmiştir. Doğal aydınlatma düzeyi ölçülürken ışıklar kapatılmış ve perdeler açık bırakılmıştır. Yapay aydınlatma düzeyinin ölçümü yapılırken ise yapay ışık kaynakları açılmış ve perdeler kapatılmıştır. Doğal ve yapay aydınlatmanın her ikisinin olduğu durumda ise hem perdeler hem de yapay ışık kaynakları açılmıştır.

Oda endeksi formülüne (TS EN 12464-1:2021) göre dersliklerin oda endeksi (R) hesaplanarak, her derslik tipine uygun grid hazırlanmıştır. Derslikler 1,5 metre aralıklarla ve 75 cm çalışma düzlemi üzerinden 16 farklı noktadan ışıkölçer cihaz (lx metre) yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

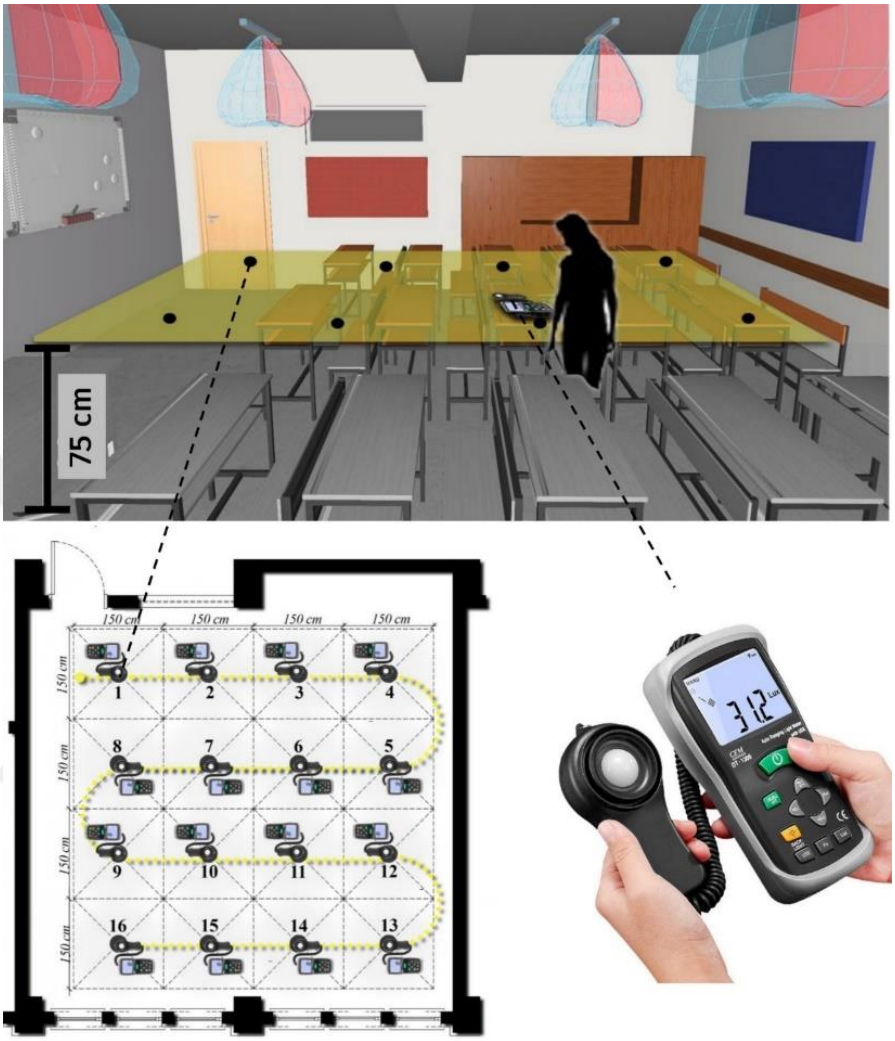
$$Oda\ Endeksi\ (R) = \frac{a\ x\ b}{(\ a + b\ )\ x\ h}$$

a: $odanın\ eni\ (m)$ b: $odanın\ boyu\ (m)$
h: $odanın\ kat\ yüksekliği - çalışma\ düzleminin\ yüksekliği\ (m)$

Dersliklerin aydınlık düzeyi ölçümlerinin yapılabilmesi için DT-1309 ışıkölçer cihaz kullanılmıştır. Bu cihaz ortamdaki ışık seviyesini ölçen, ışık şiddetini lx biriminde kaydedebilen dijital bir aydınlık ölçerdir. Cihazın ışık ölçüm seviye aralıkları 0.1 lx-0.1 klx, yanılma payı ±%5'tir. Ölçüm esnasında cihazın hassasiyeti göz önünde bulundurularak, ışığın cihaz üzerine direkt olarak gelmemesine dikkat edilmiş, cihaz her ölçüm noktasında yatay ve hareketsiz bir şekilde konumlandırılmıştır (Şekil 15).

Aydınlık düzeyinin tespiti sırasında ölçüm yapan araştırmacı cihazdan en uzak noktada bekleyerek ışığın cihaza ulaşmasına engel olmamaya özen göstermiştir. Ölçüm yapılan dersliklerde sıra ve sandalyeler, panolar, sınıf dolapları gibi ana donatılar haricinde öğrenci kıyafeti, kitap, defter vb. hiçbir değişken bulundurulmamıştır. Ölçümler dersliklerde sıraların üzerinde yapılmıştır. Lazer metre ve şerit metreler yardımıyla belirlenen ölçüm referans noktalarında ışıkölçer cihaz kullanarak aydınlık düzeyleri ölçülmüş, araştırmacı

belirlenen 16 referans noktasındaki yapılan ölçüm sonuçlarını daha sonra dokümantasyonu yapılmak üzere ses kayıt cihazıyla kayıt altına almıştır.



Şekil 15. Işık ölçer cihaz ile referans noktaları ve referans ölçüm rotası

- 3.Aşama Verilerin Dokümantasyonu

Çalışmanın 3.aşamanın birinci adımında, çalışma alanında toplanan tüm nicel ve nitel veriler dijital ortama aktarılmıştır. İlk olarak yerinde tespit yöntemiyle dersliklerin fiziksel özelliklerine ilişkin veriler, AutoCAD yazılımı ile hazırlanan mimari plan şemalarına işlenmiştir. Word formatında hazırlanan tablolara ise hem dersliklerin fiziksel özellikleri (renk, malzeme, boyut vb.) hem de armatür özellikleri işlenmiş, benzer özellikteki derslikler tip derslik olarak sınıflandırılmıştır.

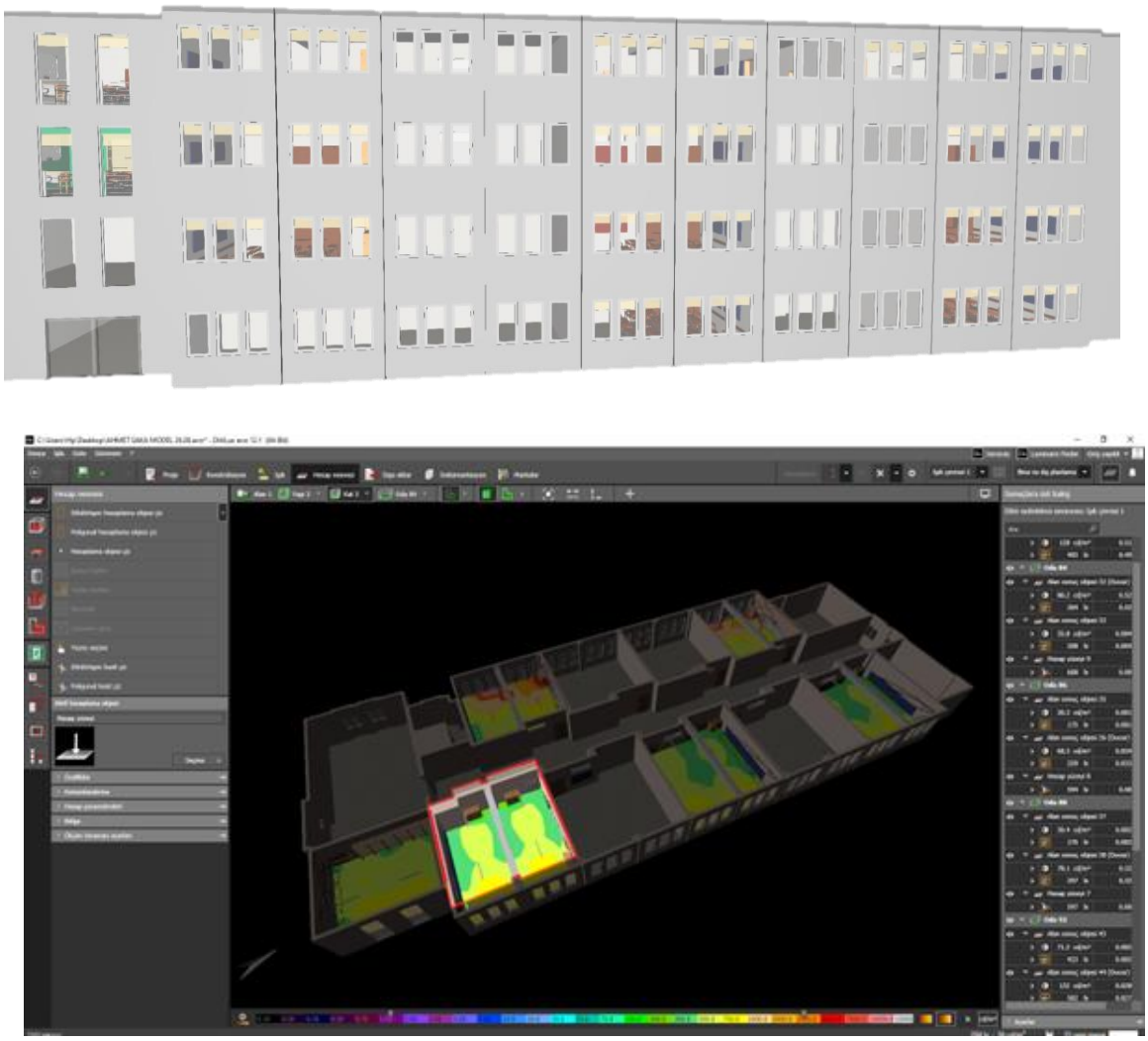
Çalışma alanında aydınlık düzeyi ölçüm değerlerine ilişkin veriler, Word formatında hazırlanan tablolara işlenmiştir (Şekil 16). Hazırlanan tablolarda ölçüm yapılan dersliğin numarası, yapı içindeki konumu ve plan şemasında ölçüm noktalarının işaretlendiği bölümler yer almaktadır. Bunun yanında, ölçülen durumlar başlığında ölçüm ayı, saati ve doğal, yapay ve bütünleşik aydınlatma verilerine ilişkin bilgilere yer verilmiştir.

DERSLİK - X										
KONUMU	AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ									
	Ölçülen Durumlar	Ekim/Ocak/Nisan								
		$09^{:00}$-$10^{:00}$			$12^{:00}$-$13^{:00}$			$15^{:00}$-$16^{:00}$		
		DA	YA	BA	DA	YA	BA	DA	YA	BA
	Ölçüm Referans Noktaları R-1									
	R-2									
	R-3									
	R-4									
	R-5									
	R-6									
ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI	R-7									
	R-8									
	R-9									
	R-10									
	R-11									
	R-12									
	R-13									
	R-14									
	R-15									
	R-16									
	DA: Doğal Aydınlatma			YA: Yapay Aydınlatma			BA: Bütünleşik Aydınlatma			

Şekil 16. Ölçüm yapılan dersliklerin aydınlık düzeyleri bilgi kartı formatı

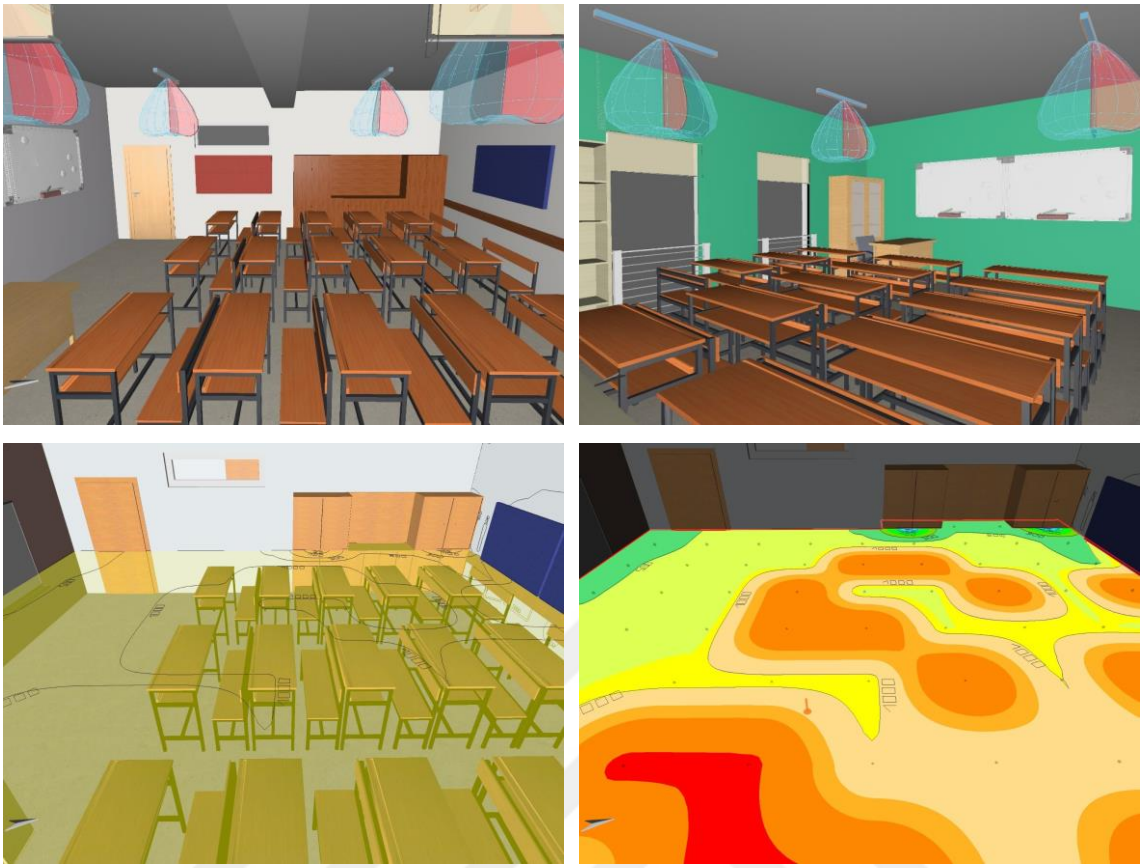
Dersliklerin renk özelliklerini belirlemek amacıyla, fotoğraflar ilk olarak Adobe Renk Paleti Bulma aracı ile tespit edilmiş, sonrasında Munsell Renk Sistemi/Atlası'nda hangi diyagrama ait renkle eşleştiği belirlenmiştir. Bu sayede mevcut renk özelliklerin, dijital ortamda hangi renge karşılık geldiği bulunmuş, sonraki aşamada Dialux.evo 12 yazımıyla modellenecek derslikler için bilgiler hazırlanmıştır. Dersliklere ait yapay armatür özellikleri ise yapıda sonradan değişiklik yapıldığından, okul müdüründen temin edilmiştir.

Çalışmanın 3. aşamasının ikinci adımında, aydınlık düzeylerini iyileştirmeye yönelik mekânda tercih edilecek renk ve malzeme özelliklerinin aydınlık düzeyine nasıl etki edeceğinin belirlenmesi amacıyla mevcut yapı Dialux.evo 12 yazılımında üç boyutlu (3D) modellenmiştir (Şekil 17).



Şekil 17. Dialux.evo 12.1 yazılımında hazırlanan model -1

Hazırlanan 3D model, dersliğin hacimsel özelliklerini birebir yansıtacak şekilde, ölçüm sırasında dersliklerde bulunan mobilyaların (öğrenci sıraları, öğretmen masa ve sandalyesi, öğretmen dolabı ve öğrenci depolama dolapları) boyut ve malzeme özellikleri Dialux.evo 12 yazılımı modelleme araçları yardımıyla, yerinde tespit çalışmalarında elde edilen verilerle ilişkili olarak derslikteki tüm donatı ve detaylar, materyal özellikleriyle gerçek malzemeler yakın özellikli atanmıştır (Şekil 18).



Şekil 18. Dialux.evo 12.1 yazılımında hazırlanan model – 2

Dersliklerde, duvar, tavan ve döşemelerin renksel özellikleri Munsell Renk Atlası aracılığı ile "renk eşleme" yöntemi ile belirlenmiş, renksel özellik ve iç yüzeylere ait ışık yansıtma çarpanlarına ilişkin veriler DiaLux.evo 12 yazılımına aktarılmıştır. Yazılımın içinde kayıtlı malzeme özelliklerinden yararlanılarak, renk ve malzemeler mevcut yapının gerçek hali ile en uyumlu olacak şekilde eşleştirilmiştir. Simülasyonda özellikle günışığına bağlı durumların sınanması nedeniyle, yapının coğrafi konumu (40°- 39°), saat dilimi (GTM +3) ve kuzey yönü (75°) de ayrıca işlenmiştir. Dialux.evo 12.1 yazılımında hazırlanan modelde kullanılan nesne ve özellikleri Tablo 5'te bir araya getirilmiştir.

Tablo 5. Dialux.evo 12.1 yazılımında hazırlanan modelde kullanılan nesne özellikleri

	Nesne Adı	***Materyal***	***Onaltılı Renk Kodu***	***Malzeme Türü***	***Yansıma Derecesi***	***Yansıtma***	***İletim Derecesi***
Mevcut Durum	Pencere	Plastik Beyaz	#FFFFFF	Boyalı	%6	%0	
		Cam		Saydam	%10	%0	%90
	Kapı	Ahşap Kayın		Boyalı	%48	%2	
	Duvar Yüzeyi	9002 -Beyaz Gri	#EDECE9	Boyalı	%80	%0	
	Odak Yüzeyi	7047 -Uzak Gri	#D9D6DB	Boyalı	%50	%0	
	Duvar Yüzeyi	6044 -Solgun Turkuaz	#2C916D	Boyalı	%50	%0	
	Tavan	9016 -Trafik Beyazı)	#F1F3F3	Boyalı	%88	%0	
	Zemin	Kumtaşı		Boyalı	%46		
	Sıra	Kayın Fırınlanmış		Boyalı	%26	%2	
		Siyah	#050607	Metalik	%4		
	Akıllı Tahta	Plastik Beyaz	#FFFFFF	Boyalı	%91	%12	
	Öğrt.Masası	Meşe Açık Gri		Boyalı	%46	%4	
	Öğretmen Dolabı	Meşe Açık Gri		Boyalı	%46	%4	
		Cam		Saydam	%10	%0	%90
	Öğretmen Sandalyesi	Halı		Boyalı	%20	%0	
		Siyah		Metalik	%4	%0	
	Pano	Halı, Kırmızı		Boyalı	%9	%0	
		Halı, Mavi		Boyalı	%5	%0	
	Depolama	Armut Koyu		Boyalı	%11	%18	
	Kitaplık	Dişbudak Açık Gri			%50	%2	
	Korkuluk	Gri	#B3B3B3	Metalik	%70	%0	

- 4. Aşama Bulgular ve İrdelemeler

Çalışmanın dördüncü aşamasının ilk adımında, yerinde tespit çalışmalarında dersliklerin fiziksel özelliklere bağlı olarak elde edilen veriler; hacimsel özellikler, fiziksel özellikler ve yapay armatür özelliklerine göre sınıflandırılarak dersliklerin kimlik kartları oluşturulmuştur.

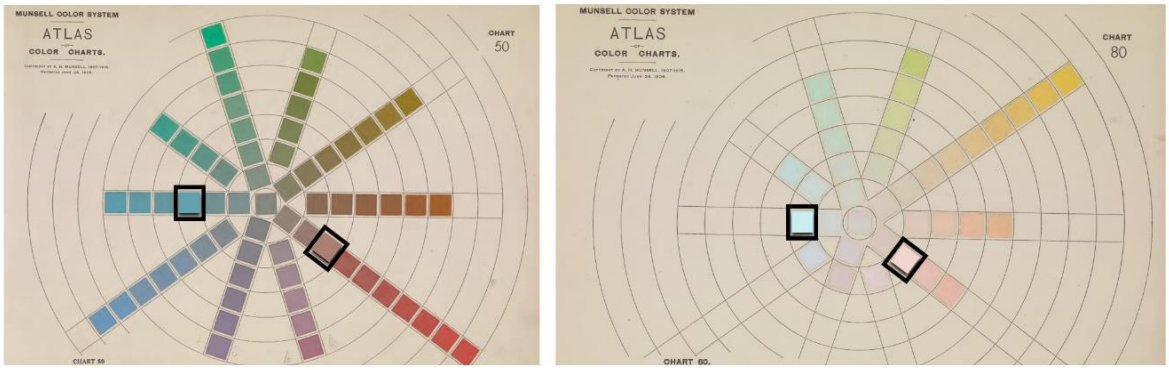
Çalışmanın dördüncü aşamasının ikinci adımında, elde edilen aydınlık düzeyi ölçüm sonuçlarının TS EN-12464 Standardına uygunluğu irdelenmiştir. Bu amaçla her derslikte Ekim, Ocak ve Nisan aylarında günün üç farklı saatinde yapılan ölçümler hazırlanan tablolara aktarılarak 500-1000 lx (lx) olan uygun aralıklardaki değerler, tablolarda doğal aydınlatma için sarı, yapay aydınlatma için turkuaz ve bütünleşik aydınlatma için mor renkler ile vurgulanmıştır. Sonrasında elde edilen tüm veriler, dersliklerin bulunduğu kata göre ve baktığı yöne göre hazırlanan grafikler sütun grafikleri ve alan grafikler yardımıyla karşılaştırılarak irdelenmiştir. Çalışmanın bütününde doğal aydınlatma ile ilişkili tüm veriler sarı-turuncu renk skalasında, yapay aydınlatma ile ilişkili tüm veriler turkuaz skalasında ve bütünleşik aydınlatma ile ilişkili tüm veriler ise mor renk skalası ile eşleştirilmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. Aydınlatma türleri ve çalışmadaki temsili renk lejantı

Doğal Aydınlatma	Yapay Aydınlatma	Bütünleşik Aydınlatma

Çalışmanın dördüncü aşamasının üçüncü adımında, duvar, zemin ve tavan yüzeylerinin renk ve dokusunda değişiklikler yapılarak mekânda aydınlık düzeylerinin iyileştirilmesine yönelik alternatifler uygulanmıştır. Belirlenen alternatifler birden fazla literatürde ortak çözüm olarak sunulan materyaller ile hazırlanmıştır. Pracki ve ark. (2020) de yaptıkları çalışmada kombinasyon belirlerken iyi bir çözüm aramanın zorluğu, kullanılan aydınlatma sistemleri ile elde edilen etkiler arasındaki çok sayıda bağlantıdan da kaynaklanmaktadır şeklinde aktarmıştır.

Mevcut durumda derslikler gri renk skalasından seçilmiştir. Bu renk Munsell Renk Atlas'ında nötr (tarafsız) renk grubuna dahildir. Test edilecek renk ve malzeme özellikleri, literatürde elde edilen bilgiler, Munsell Renk Atlası ve MEB Eğitim Yapıları Mimari Proje Hazırlanması Genel İlkeleri'nde yer alan kurallar çerçevesinde ortak bulunan renklerden seçilmiştir (Şekil 19). Bu kurallar, 'Tüm projelerde koyu ve parlak renkler tercih edilmemeli, pastel renkler seçilmelidir' ve 'İç mekânlarda 1,50 metreye kadar olan yağlı boya uygulamalarında pastel tonlarda: saray pembesi, şampanya, somon ve lila renk kullanılmalıdır' şeklinde yer almaktadır.



Şekil 19. Kombinasyon önerileri için Munsell Renk Atlası'ndan seçilen duvar yüzey renkleri

Literatürde incelenen çalışmalarda eğitim yapıları dersliklerinde kullanılması önerilen renklerle ilişkili birçok çalışma bulunmaktadır. İç mekân duvar yüzeyleri farklı renklerde boyanan dersliklerde rengin, öğrencilerin öğrenme performansı ile olan ilişkisi incelendiğinde, sıcak renk tonlarının, soğuk renk tonları veya beyazla karşılaştırıldığında öğrencilerin motivasyonunun ve odaklanma kolaylığını arttırdığı (Liu vd, 2022) bir başka çalışmada ise soğuk renk tonlarının dikkat ve hafıza performansını sıcak tonlara kıyasla daha fazla düzeyde artırdığı (Llinares vd., 2021) belirlenmiştir. İlkokul dersliklerinin duvar yüzeylerinde kullanılması için sıcak renklerden sarı, pembe gül veya pişmiş toprak renkleri (Birren, 1956; Rudner, 1964) ten rengi ile kum rengi arasındaki skalanın (Gaines ve Curry, 2011) tercih edilmesi önerilmektedir. Buna benzer olarak duvar yüzeylerinde soft/yumuşak/pastel yeşil veya mavi tonları (Gaines ve Curry, 2011) ve bu renklerden Mussel Renk Sisteminde 5B 8/R kodlu mavi renginin kullanımının öğrenme üzerinde olumlu etkisi olduğu (Dehvari vd., 2023) sonucu da literatürde yer almaktadır.

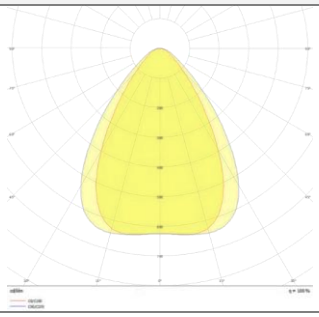
Bu bağlamda hem Munsell Renk Sistemi'nin 'Chart' belgesinde yansıtıcılık ile ilişkili dokümanı hem MEB öneri kılavuzu hem de literatürde yer alan bilgiler ışığında enerji verimliliğinin sağlanmasında duvar yüzey rengi seçimi için sıcak ve soğuk olmak üzere iki ana renk seçilmesi kararlaştırılmıştır. Seçilen renkler duvar yüzeylerinde TS EN 12464-1:2021 standardına göre maksimum değer %80 (0.8) yansıtıcılı ve odak yüzeyinde ise minimum değer %50 (0.5) yansıtıcılı tonda olarak kodlanmıştır. Doku/malzeme denemeleri için ise yaygın şekilde kullanılan ahşap ve ppc olmak üzere iki farklı sıra malzemesi kullanılmıştır. Hazırlanan simülasyon kombinasyonları Tablo 7'da bir araya getirilmiştir. Hazırlanan kombinasyonlarda yer alan fiziksel özelliklerdeki dersliklerin aydınlık düzeyi ve

enerji potansiyeli hesaplamaları hem doğal aydınlatma hem de bütünleşik aydınlatma durumu için iki kez tekrarlanmıştır.

Tablo 7. Enerji verimliliğine yönelik hazırlanan kombinasyonlar

NO	TARİH		DUVAR YÜZEY RENGİ			SIRA MALZEMELERİ			
			Mussel Sistem	Onaltılı Kod		Doku	Malzeme	Yansıtma Katsayısı	Kaplama Yansıtma
K-1	20 Ocak 2024	09:00	%80 + %50	E1E2E6	E1E2E6		Ahşap	%26	%2
		15:00	Yansıtıcılık				Kayın		
K-2		09:00	%80 + %50	DCC7C0	9D7D73		Ahşap	%26	%2
		15:00	Yansıtıcılık				Kayın		
K-3		09:00	%80 + %50	729092	C8DAD8		Ahşap	%60	%8
		15:00	Yansıtıcılık				Kayın		
K-4		09:00	%80 + %50	DCC7C0	9D7D73		Werzalit	%26	%2
		15:00	Yansıtıcılık				+PPC		
K-5		09:00	%80 + %50	729092	C8DAD8		Werzalit	%60	%8
		15:00	Yansıtıcılık				+PPC		

VERNİKLİ KAYIN AHŞAP SIRA	WERZALİT+PPC SIRA

YAPAY ARMATÜR ÖZELLİKLERİ		
Fotometrik Yayılım		
	Armatür Cinsi	Lineer LED
	Boyutları	14 x 62 x 1138 mm
	Gücü	36Watt
	Işık Akısı	5000lm
	Renk Sıcaklığı	6000K (Nötr Beyaz)
	CRI	>80
	Kullanım Ömrü	100000 saat
	Kontrol Sistemi	Kontrol Edilebilir

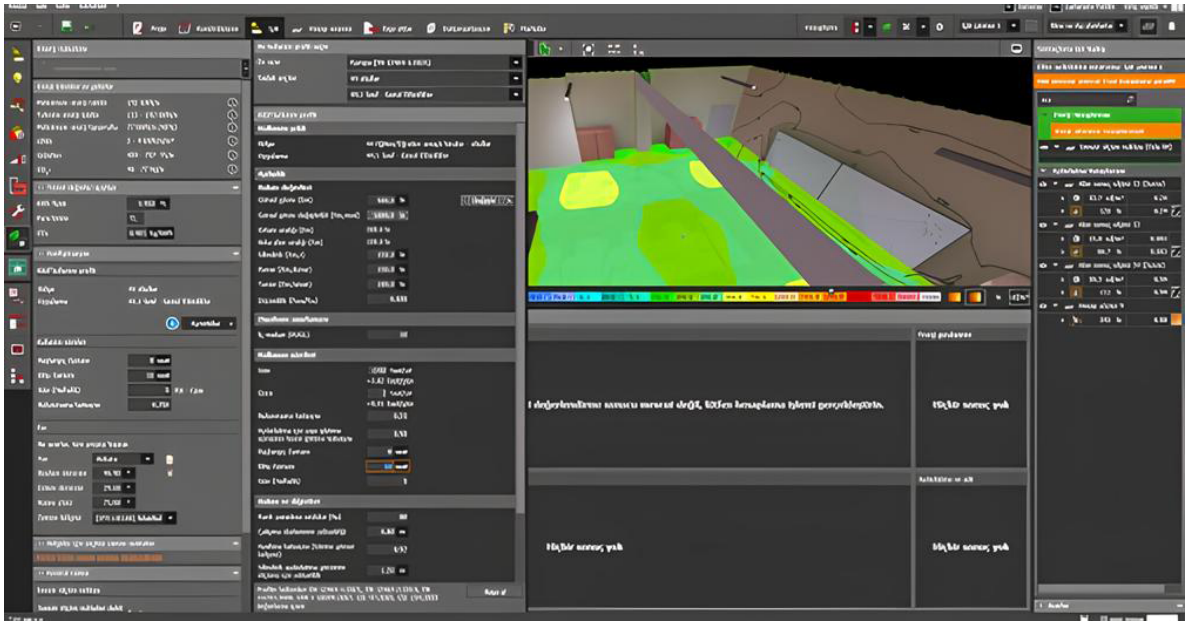
Hazırlanan 5 farklı kombinasyon için dersliklerde; çalışma düzlemi ve odak yüzeyine ilişkin aydınlık düzeyi değerleri (lx) ve odak yüzeyine ilişkin parıltı değerleri (cd/m^2) hesaplanmıştır. 5 farklı kombinasyon için yapılan hesaplamalar, günışığına bağlı durumda ve günışığına ek olarak yapay ışık kaynaklarının da kullanıldığı bütünleşik durum için tekrarlanmıştır. Bu bağlamda derslikte duvar yüzey renkleri ve öğrenci sıralarının malzeme

özellikleri değiştirildiğinde hem günışığının hem de yapay ışığın etkilerini gözlemlemek mümkün olmuştur. Yapılan hesaplamalar için sabah 09:00 ve öğleden sonra 15:00 saatleri, Trabzon ili için güneşlenme süresinin ve güneşin etkinliğinin en düşük düzeyde olduğu ocak ayı seçilmiştir.

Hazırlanan kombinasyonlardan elde edilen veriler, renk ve malzemenin çalışma düzleminde etkisi ile renk ve malzemenin odak yüzeyindeki etkisi başlıkları altında doğal ve bütünleşik aydınlatma durumları bağlamında irdelenmiştir. Bu bağlamda hazırlanan sütun grafiklerinde, duvar yüzey rengi ile aynı rengi temsil eden sütun renkleri tercih edilmiştir. Sıcak renkler pembe-gül kurusu renk ile temsil edilirken, soğuk renk ise açık mavi-mavi renk ile temsil edilmiştir. Hazırlanan grafiklerde yalnızca duvar yüzey renginin aydınlık düzeylerine etkisi ve duvar yüzey rengi ile sıra malzemesinin birlikte değiştirilmesiyle derslikteki aydınlık düzeyindeki etkisi yüzdelik (%) oranlarla sunulmuştur.

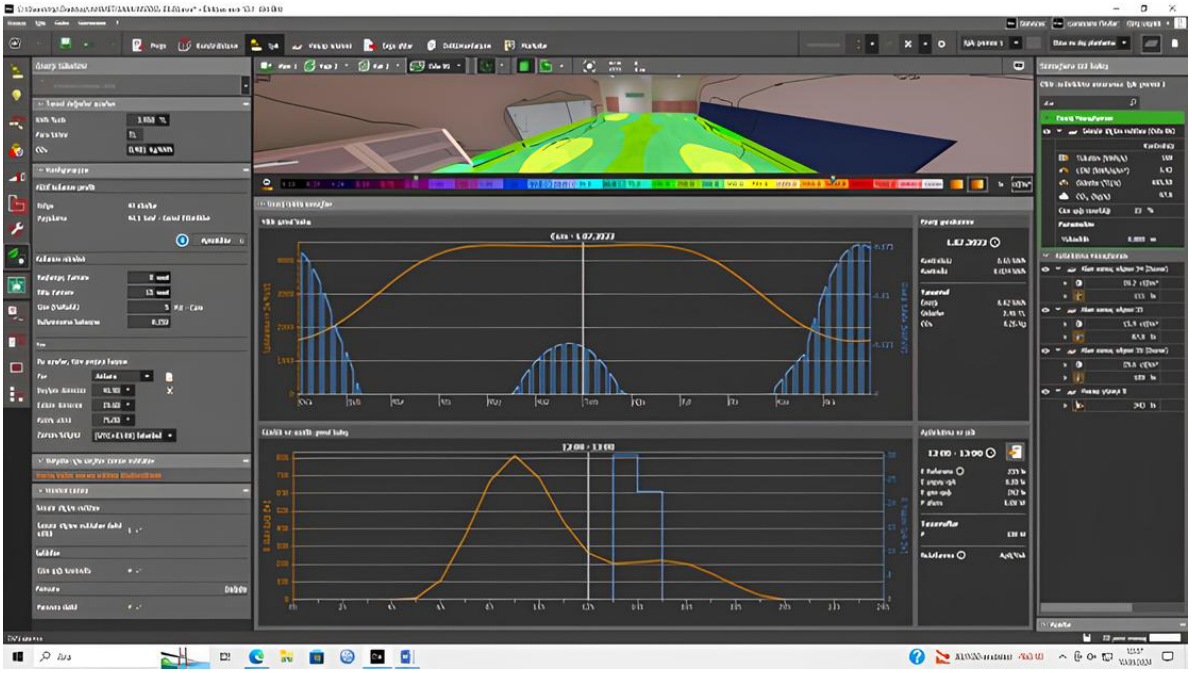
- 5. Aşama Enerji Verimliliği Hesaplarının Yapılması

Çalışmanın beşinci aşamasında DiaLux.evo 12.1 yazılımının enerji verimliliği hesaplama özelliği yardımıyla, öncelikle K-1 (gri duvar rengi+ahşap sıra) durumunun çalışma düzlemi üzerinden belirlenen hesap yüzeyinde aydınlık düzeyleri hesaplanmıştır. Daha sonrasında K-2, K-3, K-4 ve K-5 için de hesaplamalar tekrarlanmıştır. Yalnızca tek bir derslik seçilerek, 75 cm yükseklikte bulunan hesap yüzeyinde ‘sensör/dedektör’ eklenmiştir.



Şekil 20. Dialux.evo 12.1 yazılımında enerji verimliliği hesaplama arayüzü – 1

Eklenen bu sensör sayesinde enerji verimliliği hesapları yapılabilmektedir. Daha sonra, ‘Işık’ sekmesinden ‘Enerji Tüketimi’ başlığı altında yapının eğitim yapısı olduğunu ve En 12464-1:2021’e göre değerlendirileceği seçimi yapılmıştır. Türkiye’de güncel elektrik (kWh/TL) bilgisi sisteme işlenmiştir. Dersliklerin kullanım süresi sabah 09:00 ile öğleden sonra 15:00 aralığı olarak haftanın 5 günü kullanılacağı bildirilmiştir. Bu aşamada yapılan tüm adımlar Şekil 20 ve Şekil 21’de detaylı şekilde görülmektedir.



Şekil 21. Dialux.evo 12.1 yazılımında enerji verimliliği hesaplama arayüzü – 2

Tüm veriler işlendikten sonra enerji verimliliği hesaplama başlatılmıştır. Dialux.evo 12 yaptığı hesaplamalarda doğal aydınlatma verilerine uygun biçimde yılın tüm aylarını baz alarak sonuçlar oluşturmuştur. Sonuçlar oluşturulurken yapının mevcut iç mekân düzenlemesi, malzeme özelliklerine bağlı değişen aydınlık düzeyleri de hesaplamaya dahil edilmiştir (Şekil 21). Dersliğin, yıl genelinde doğal ve yapay aydınlatma gereksinmeleri ile günlük güneşlenme süresine bağlı gereksinmeleri grafikleri oluşturulmuştur. Hazırlanan sonuç parametreleri, enerji tüketimini, metre kare başına tüketilen elektrik enerjisi miktarını, toplam giderleri (TL) ve karbondioksit salınım bilgisini kapsamaktadır.

Çalışmanın sonuç bölümünde ise, eğitim yapısının yerinde tespit bulguları sonuçları, mevcut durum aydınlık düzey ölçüm verileri ve hazırlanan simülasyonda elde edilen veriler ile enerji verimliliği hesapları olmak üzere dört ayrı başlıkta sunulmuştur.

3. BULGULAR VE İRDELEMELER

Alan çalışmasından elde edilen verilere ilişkin bulgular; Dersliklerin mevcut durumuna ilişkin tespitlerin yer aldığı bulgular ile dersliklerde mevcut aydınlık düzeylerinin ölçümlerine ilişkin bulgular olmak üzere iki başlıkta sunulmaktadır. Dersliklerin yerinde tespit yöntemiyle fiziksel özelliklerine ilişkin elde edilen bulgular; dersliklerin plan şemaları, fotoğrafları, hacimsel özellikleri, renk ve malzeme özellikleri ile yapay aydınlatma kaynaklarının nicel ve nitel özelliklerini kapsamaktadır. Dersliklerde mevcut aydınlık düzeylerinin ölçümlerine ilişkin bulgular ise yapının kullanılmadığı hafta sonlarında belirlenen 21-22 Ekim 2023, 23-24 Ocak 2024 ve 21-22 Nisan 2024 tarihlerinde sabah 09:00-10:00, öğle 12:00-13:00 ve öğleden sonra 15:00-16:00 saat aralıklarında çalışma düzlemi üzerinde lxmetre (ışıkölçer) ile yapılan aydınlık düzeyine ilişkin verileri içermektedir.

3.1. Dersliklerin Fiziksel Özelliklerine Yönelik Bulgular

Ahmet Saka İlkokulu, dört katlı ve her yönde cephesi bulunan MEB'e bağlı 10025-720 kodlu tip projeli bir eğitim yapısıdır. Yapıda, kullanıcı gereksinimlerine yönelik olarak gerçekleştirilen yenileme çalışmaları sonucunda, tip proje dersliklerinde çeşitli değişiklikler yapıldığı tespit edilmiştir. Bu bağlamda ilkokul dersliklerinde yapılan yerinde tespit çalışmalarında, yapıda 7 farklı tip derslik olduğu saptanmıştır. Derslik tipleri aşağıda sıralanan özellikler değerlendirilerek belirlenmiştir. Bu özellikler;

- → Dersliklerin hacimsel özellikleri (mekânın boyutu, pencere şekli ve sayısı, cephe yönlenmesi)
- → Dersliklerin fiziksel özellikleri (duvar rengi, zemin ve tavan kaplama malzemesi, donatı çeşidi ve sayısı)
- → Dersliklerin yapay aydınlatma kaynaklarının özellikleri (armatür çeşidi, armatür boyutu, armatür sayısı)

Tip derslikler belirlendikten sonra, her bir tip derslik için mekânın hacimsel özellikleri, renk ve malzeme özellikleri ile yapay armatür özelliklerini içeren veriler üç temel başlıkta sunulmuştur. Hacimsel özellikler; mekânın taban alanı, kat yüksekliği, pencere boyutları ve sayısı, pencere türü, pencere oranı (WFR), cephe yönü ve oda endeksi verilerini

içermektedir. Renk ve malzeme özellikleri; yüzey ve donatı özellikleri olarak iki alt başlıkta renk, malzeme ve ölçü bağlamında verileri içermektedir. Yüzey özellikleri; zemin, tavan, duvar yüzeyi ve odak yüzeyi malzemeleri ile renk kodlarına (RAL) ilişkin bilgileri, donatı özellikleri ise yazı tahtası, öğrenci sıraları, öğrenci dolapları, panolar, öğretmen masa ve sandalyesi ile dolabı ve perde özelliklerine ilişkin bilgileri içermektedir. Yapay armatür özellikleri; armatür cinsi ve sayısı, armatürün boyutları, gücü, ışık akısı, renk sıcaklığı, renksel geriverim endeksi ve kullanım ömrü özelliklerine ait bilgileri kapsamaktadır.

Tip 1 Derslik: Yapının güney yönünde yer alan ve 10025-720 kodlu tip projenin değişimin yapılmadığı derslik tipini kapsamaktadır. Tip 1 kodlu derslikler; 1,3,5,7,9,12 ve 14 numaralı dersliklerdir (Tablo 8).

Tip 2 Derslik: Yapının kuzey yönünde yer alan ve 10025-720 kodlu tip projenin değişimin yapılmadığı derslik tipini kapsamaktadır. Tip 1 derslikler ile birebir aynı özelliklere sahip olup, yalnızca yapı içindeki yönlenmesi kuzey yönündedir. Tip 2 kodlu derslikler; 10,17,25 ve 28 numaralı dersliklerdir (Tablo 9).

Tip 3 Derslik: Yapının güney yönünde yer alan ve 10025-720 kodlu tip projenin değişim yapıldığı derslik tiplerinden biridir. Derslik, yapının değiştirilmemiş tip 1 ve tip 2 dersliklerinden mekân boyutu, pencere ölçü ve sayısı, donatı sayısı özellikleri yönüyle farklılaşmaktadır (Tablo 10).

Tip 4 Derslik: Yapının güney yönünde yer alan ve 10025-720 kodlu tip projenin değişim yapıldığı derslik tiplerinden biridir. Derslik, diğer dersliklerden yapay armatür, tavan kaplama malzemesi ve mekân boyutu özellikleri bakımından farklılaşmaktadır (Tablo 11).

Tip 5 Derslik: Yapının güney yönünde yer alan ve tip 1 derslikler benzer özellikte olup mekân boyutu, pencere sayısı ve donatı sayısı özellikleriyle farklılaşmaktadır. Tip 5 kodlu derslik yalnızca 22 numaralı dersliktir (Tablo 12).

Tip 6 Derslik: Yapının güney yönünde yer alan ve 10025-720 kodlu tip projenin değişim yapıldığı derslik tiplerinden biridir. Derslik, diğer dersliklerden mekân boyutu, pencere ölçü ve sayısı, donatı özellikleri bakımından farklılaşmaktadır. Tip 6 dersliğine ait özellikler Tablo. De bir araya getirilmiştir (Tablo 13).

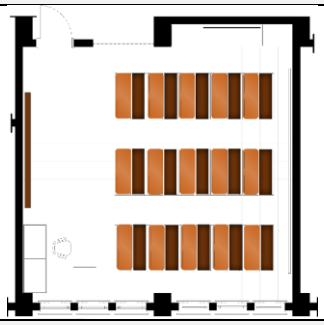
Tip 7 Derslik: Yapının güney yönünde yer alan ve 10025-720 kodlu tip projenin değişim yapıldığı derslik tiplerinden biridir. Derslik aynı zamanda kütüphane işlevi için de kullanılmaktadır. Derslik, diğer dersliklerden mekân boyutu, pencere ölçü ve sayısı, duvar yüzey rengi, donatı özellikleri ve armatür cinsi bakımından farklılaşmaktadır (Tablo 14).

- Tip 1 Derslik

Tablo 8. Tip 1 derslik kimlik kartı

TİP 1 DERSLİK

Tip 1 Kodlu Derslik Numaraları 1 – 3 – 5 – 7 – 9 – 12 – 14

PLAN	**MEKÂN GÖRSELLERİ**	
		

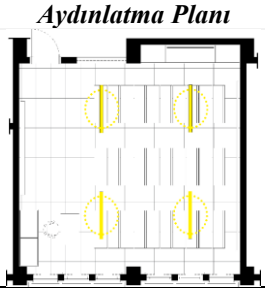
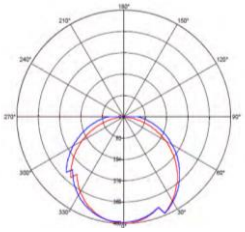
HACİMSEL ÖZELLİKLERİ

Taban Alanı (m^2)	*Kat Yüksekliği (cm)*	*Pencere Boyutları (cm)*	*Pencere Sayısı*	*Pencere Türü*	*Pencere Oranı (WFR)*	*Cephe Yönü*	*Oda Endeksi*
49,48 m^2	315	310x50	1	Bant	%20,1	Güney	1.093
		175x80	6	Açılır			

RENK VE MALZEME ÖZELLİKLERİ

		Malzeme	*Renk*	*Ölçüler (cm)*
Yüzey Özellikleri	Zemin	Seramik	Bej	60x60
	Tavan	Boya	Beyaz (RAL 9010)	-
	Duvar Yüzeyleri	Boya	Açık Gri (RAL 9003)	-
	Odak Yüzeyi	Boya	Koyu Gri (RAL 7038)	-
Donatı Özellikleri	Yazı Tahtası	Plastik	Beyaz (RAL 9010)	160x325
	Öğrenci Sıraları	Ahşap	Kayın	110x40x75 (15 adet)
	Öğrenci Dolapları	Ahşap		315x55x160
	Panolar	Kumaş + Metal	Bordo / Mavi + Gri	180x90 (3 adet)
	Öğrt. Masası	Ahşap		
	Öğrt. Sandalye	Kumaş + Metal		
	Öğrt. Dolabı	Ahşap + Cam		
	Perde	Kumaş	Açık Bej	75x180 (6 adet)

ARMATÜR ÖZELLİKLERİ

Aydınlatma Planı	*Armatür Fotoğrafı*	*Işığın Yayılım Diyagramı*
		

Armatür Cinsi	LED Lineer Bant	**Işık Akısı**	2269 Lümen
Armatür Sayısı	4	**Renk Sıcaklığı**	6500 K (Soğuk Beyaz)
Boyutları	120 x 7 x 0,27 cm	**Renksel Geriverim Endeksi**	>Ra70
Gücü	36 Watt	**Kullanım Ömrü**	20.000 Saat

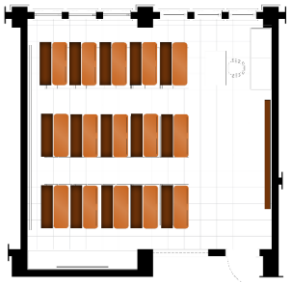
- Tip 2 Derslik

Tablo 9. Tip 2 derslik kimlik kartı

TİP 2 DERSLİK

Tip 2 Kodlu Derslik Numaraları 10 – 17 – 25 – 28

PLAN



MEKÂN GÖRSELLERİ

FİZİKSEL ÖZELLİKLER

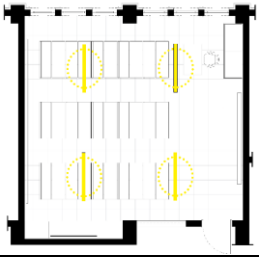
Taban Alanı (m^2)	*Kat Yüksekliği (cm)*	*Pencere Boyutları (cm)*	*Pencere Sayısı*	*Pencere Türü*	*Pencere Oranı (WFR)*	*Cephe Yönü*	*Oda Endeksi*
49,48 m^2	315	310x50	1	Bant	% 20.1	Kuzey	1.093
		175x80	6	Açılır			

RENK VE MALZEME ÖZELLİKLERİ

		Malzeme	*Renk (RAL Kodu)*	*Ölçüler (cm)*
Yüzey Özellikleri	Zemin	Seramik	Bej	60x60
	Tavan	Boya	Beyaz (RAL 9001)	-
	Duvar Yüzeyleri	Boya	Açık Gri (RAL 9003)	-
	Odak Yüzeyi	Boya	Koyu Gri (RAL 7038)	-
Donatı Özellikleri	Yazı Tahtası	Plastik	Beyaz (RAL 9001)	160x325
	Öğrenci Sıraları	Ahşap	Kayın	110x40x75 (15 adet)
	Öğrenci Dolapları	Ahşap		315x55x160
	Panolar	Kumaş + Metal	Mavi + Gri	180x90 (2 adet)
	Öğrt. Masası	Ahşap		
	Öğrt. Sandalye	Kumaş + Metal		
	Öğrt. Dolabı	Ahşap + Cam		
	Perde	Kumaş	Açık Bej	75x180 (6 adet)

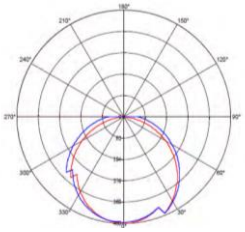
ARMATÜR ÖZELLİKLERİ

Aydınlatma Planı



Armatür Fotoğrafı

Işığın Yayılım Diyagramı



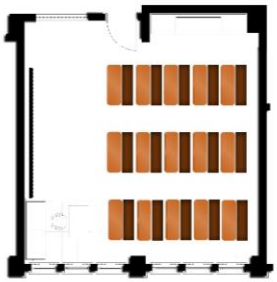
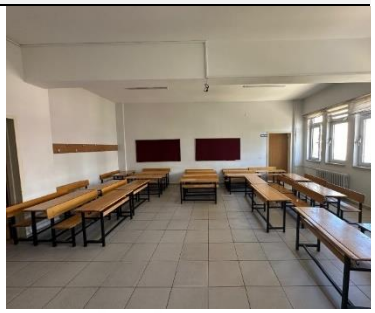
Armatür Cinsi	LED Lineer Bant	**Işık Akısı**	2269 Lümen
Armatür Sayısı	4	**Renk Sıcaklığı**	6500 K (Soğuk Beyaz)
Boyutları	120 x 7 x 0,27 cm	**Renksel Geriverim Endeksi**	>Ra70
Gücü	36 Watt	**Kullanım Ömrü**	20.000 Saat

- Tip 3 Derslik

Tablo 10. Tip 3 derslik kimlik kartı

TİP 3 DERSLİK

Tip 3 Kodlu Derslik Numaraları 23

PLAN	**MEKÂN GÖRSELLERİ**	
		

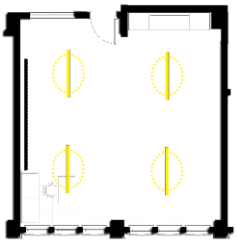
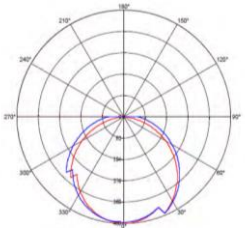
FİZİKSEL ÖZELLİKLER

Taban Alanı (m^2)	***Kat Yüksekliği (cm)***	***Pencere Boyutları (cm)***	***Pencere Sayısı***	***Pencere Türü***	***Pencere Oranı (WFR)***	***Cephe Yönü***	***Oda Endeksi***
49,48 m^2	315 m	310x50	1	Bant	% 20.1	Güney	1.093
		175x80	6	Açılır			

RENK VE MALZEME ÖZELLİKLERİ

		Malzeme	***Renk (RAL Kodu)***	***Ölçüler***
Yüzey Özellikleri	Zemin	Seramik	Bej	60x60
	Tavan	Boya	Beyaz (RAL 9001)	-
	Duvar Yüzeyleri	Boya	Açık Gri (RAL 9003)	-
	Odak Yüzeyi	Boya	Koyu Gri (RAL 7038)	-
Donatı Özellikleri	Yazı Tahtası	Plastik	Beyaz (RAL 9001)	160x325
	Öğrenci Sıraları	Ahşap	Kayın	110x40x75 (15 adet)
	Öğrenci Dolapları	Ahşap		315x55x160 cm
	Panolar	Kumaş + Metal	Mavi + Gri	180x90 (x2)
	Öğrt. Masası	Ahşap		
	Öğrt. Sandalye	Kumaş + Metal		
	Öğrt. Dolabı	Ahşap + Cam		
	Perde	Kumaş	Açık Bej	75 x 180 cm

ARMATÜR ÖZELLİKLERİ

Aydınlatma Planı	***Armatür Fotoğrafı***	***Işığın Yayılım Diyagramı***
		

Armatür Cinsi	LED Lineer Bant	**Işık Akısı**	2269 Lümen
Armatür Sayısı	4	**Renk Sıcaklığı**	6500 K (Soğuk Beyaz)
Boyutları	120 x 7 x 0,27 cm	**Renksel Geriverim Endeksi**	>Ra70
Gücü	36 Watt	**Kullanım Ömrü**	20.000 Saat

- Tip 4 Derslik

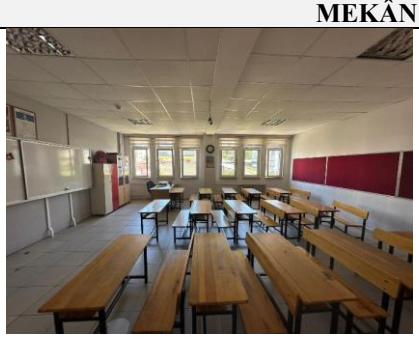
Tablo 11. Tip 4 derslik kimlik kartı

TİP 4 DERSLİK

Tip 4 Kodlu Derslik Numaraları 9 – 16 - 24

PLAN

MEKÂN GÖRSELLERİ



FİZİKSEL ÖZELLİKLER

Taban Alanı (m^2)	*Kat Yüksekliği (cm)*	*Pencere Boyutları (cm)*	*Pencere Sayısı*	*Pencere Türü*	*Pencere Oranı (WFR)*	*Cephe Yönü*	*Oda Endeksi*
49,35 m^2	315	310x50	1	Bant	% 20.16	Güney	1.093
		175x80	6	Açılır			

RENK VE MALZEME ÖZELLİKLERİ

		Malzeme	*Renk*	*Boyutlar*
Yüzey Özellikleri	Zemin	Seramik	Bej	60x60
	Tavan	Kaplama/Panel	Beyaz Clipin	60x60
	Duvar Yüzeyleri	Boya	Açık Gri (RAL 9003)	-
	Odak Yüzeyi	Boya	Koyu Gri (RAL 7038)	-
Donatı Özellikleri	Yazı Tahtası	Plastik	Beyaz (RAL 9001)	160x325
	Öğrenci Sıraları	Ahşap	Kayın	110x40x5 (15 adet)
	Panolar	Kumaş + Metal	Bordo + Gri	180x90 (3 adet)
	Öğrt. Masası	Ahşap		60x100x80
	Öğrt. Sandalye	Kumaş + Metal		
	Öğrt. Dolabı	Ahşap + Cam		
	Perde	Kumaş	Bej	115x180

ARMATÜR ÖZELLİKLERİ

Aydınlatma Planı

Armatür Fotoğrafı

Işığın Yayılım Diyagramı

Armatür Cinsi	Alçak B. Cıvalı Deşarj	**Işık Akısı**	2370Lümen
Armatür Sayısı	4 x3	**Renk Sıcaklığı**	12000 K (Aşırı Soğuk)
Boyutları	60 x 60 x 0,27 cm	**Renksel Geriverim Endeksi**	>Ra75
Gücü	36 Watt	**Kullanım Ömrü**	13.000 Saat

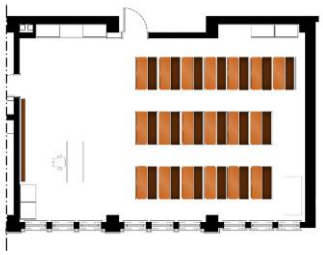
- Tip 5 Derslik

Tablo 12. Tip 5 derslik kimlik kartı

TİP 5 DERSLİK

Tip 5 Kodlu Derslik Numaraları 22

PLAN



MEKÂN GÖRSELLERİ

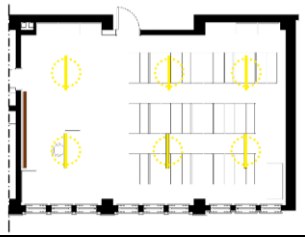
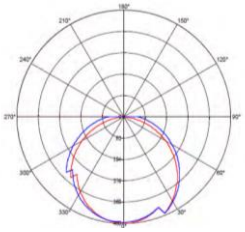
FİZİKSEL ÖZELLİKLER

Taban Alanı (m^2)	*Kat Yüksekliği (cm)*	*Pencere Boyutları (cm)*	*Pencere Sayısı*	*Pencere Türü*	*Pencere Oranı (WFR)*	*Cephe Yönü*	*Oda Endeksi*
74,00 m^2	315	3.1 x 0,5 m	1	Bant	% 19.12	Güney	1,36
		1.75 x 0,8 m	9	Açılır			

RENK VE MALZEME ÖZELLİKLERİ

		Malzeme	*Renk (RAL Kodu)*	*Ölçüler*
Yüzey Özellikleri	Zemin	Seramik	Bej	60 x 60 cm
	Tavan	Boya	Beyaz (RAL 9001)	-
	Duvar Yüzeyleri	Boya	Açık Gri (RAL 9003)	-
	Odak Yüzeyi	Boya	Koyu Gri (RAL 7038)	-
Donatı Özellikleri	Yazı Tahtası	Plastik	Beyaz (RAL 9001)	160x325
	Öğrenci Sıraları	Ahşap	Kayın	110 x 40 x 75 cm (x19)
	Öğrenci Dolapları	Ahşap		315 x 55 x 160 cm
	Panolar	Kumaş + Metal	Mavi + Gri	180 x 90 cm (x2)
	Öğrt. Masası	Ahşap		
	Öğrt. Sandalye	Kumaş + Metal		
	Öğrt. Dolabı	Ahşap + Cam		
	Perde	Kumaş	Açık Bej	75 x 180 cm

ARMATÜR ÖZELLİKLERİ

Aydınlatma Planı	*Armatür Fotoğrafı*	*Işığın Yayılım Diyagramı*
		

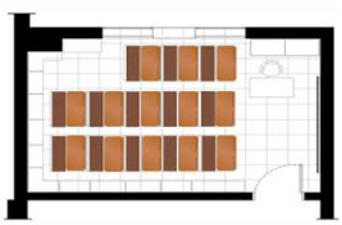
Armatür Cinsi	LED Lineer Bant	**Işık Akısı**	2269 Lümen
Armatür Sayısı	9	**Renk Sıcaklığı**	6500 K (Soğuk Beyaz)
Boyutları	120 x 7 x 0,27 cm	**Renksel Geriverim Endeksi**	>Ra70
Gücü	36 Watt	**Kullanım Ömrü**	20.000 Saat

- Tip 6 Derslik

Tablo 13. Tip 6 derslik kimlik kartı

TİP 6 DERSLİK

Tip 6 Kodlu Derslik Numaraları 29

PLAN	**MEKÂN GÖRSELLERİ**	
		

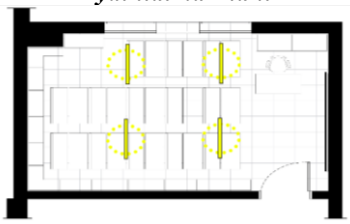
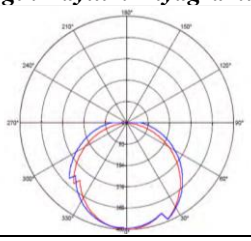
FİZİKSEL ÖZELLİKLER

Taban Alanı (m^2)	*Kat Yüksekliği (cm)*	*Pencere Boyutları (cm)*	*Pencere Sayısı*	*Pencere Türü*	*Pencere Oranı (WFR)*	*Cephe Yönü*	*Oda Endeksi*
30,85 m^2	315	115x280	2	Açılır	% 20.87	Güney	0,852

RENK VE MALZEME ÖZELLİKLERİ

		Malzeme	*Renk*	*Boyutlar*
Yüzey Özellikleri	Zemin	Seramik	Bej	60x60
	Tavan	Boya	Beyaz (RAL 9001)	-
	Duvar Yüzeyleri	Boya	Açık Gri (RAL 9003)	-
	Odak Yüzeyi	Boya	Koyu Gri (RAL 7038)	-
Donatı Özellikleri	Yazı Tahtası	Plastik	Beyaz (RAL 9001)	160x325
	Öğrenci Sıraları	Ahşap	Kayın	110x40x75 (13 adet)
	Panolar	Kumaş + Metal	Bordo + Gri	180x90 (3 adet)
	Öğrt. Masası	Ahşap		60x100x80
	Öğrt. Sandalye	Kumaş + Metal		
	Öğrt. Dolabı	Ahşap + Cam		
	Perde	Kumaş	Bej	115x180

ARMATÜR ÖZELLİKLERİ

Aydınlatma Planı	*Armatür Fotoğrafı*	*Işığın Yayılım Diyagramı*
		

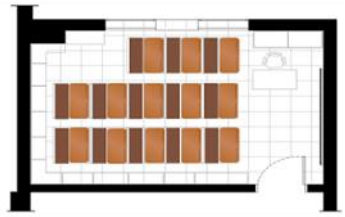
Armatür Cinsi	LED Lineer Bant	**Işık Akısı**	2269 Lümen
Armatür Sayısı	4	**Renk Sıcaklığı**	6500 K (Soğuk Beyaz)
Boyutları	120 x 7 x 0,27 cm	**Renksel Geriverim Endeksi**	>Ra70
Gücü	36 Watt	**Kullanım Ömrü**	20.000 Saat

- Tip 7 Derslik1

Tablo 14. Tip 7 derslik kimlik kartı

TİP 7 DERSLİK

Tip 4 Kodlu Derslik Numaraları 21

PLAN	**MEKÂN GÖRSELLERİ**	
		

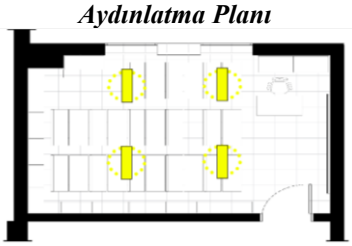
FİZİKSEL ÖZELLİKLER

Taban Alanı (m^2)	*Kat Yüksekliği (cm)*	*Pencere Boyutları (cm)*	*Pencere Sayısı*	*Pencere Türü*	*Pencere Oranı (WFR)*	*Cephe Yönü*	*Oda Endeksi*
30,85 m^2	315	115x280	2	Açılır	% 20.87	Güney	0,852

RENK VE MALZEME ÖZELLİKLERİ

		Malzeme	*Renk*	*Boyutlar*
Yüzey Özellikleri	Zemin	Seramik	Bej	60x60
	Tavan	Boya	Beyaz	-
	Duvar Yüzeyleri	Boya	Koyu Yeşil (RAL 6024)	-
	Odak Yüzeyi	Boya	Koyu Yeşil (RAL 6024)	-
Donatı Özellikleri	Öğrenci Sıraları	Ahşap	Kayın	110x40x75 (13 adet)
	Kitaplık	Ahşap		315x55x160
	Öğrt. Masası	Ahşap		60x100x80
	Öğrt. Sandalye	Kumaş + Metal		
	Öğrt. Dolabı	Ahşap + Cam		
	Perde	Kumaş	Desenli	115x180

ARMATÜR ÖZELLİKLERİ

Aydınlatma Planı	*Armatür Fotoğrafı*	*Işığın Yayılım Diyagramı*
		

Armatür Cinsi	Alç. B. Cıvalı Deşarj	**Işık Akısı**	2370 Lümen
Armatür Sayısı	4 x2	**Renk Sıcaklığı**	12000 K (Aşırı Soğuk)
Boyutları	60 x 40 x 0,27 cm	**Renksel Geriverim Endeksi**	>Ra70
Gücü	36 Watt	**Kullanım Ömrü**	13.000 Saat

3.2. Ekim Ayı Mevcut Aydınlık Düzeyi Ölçümlerine Yönelik Bulgular

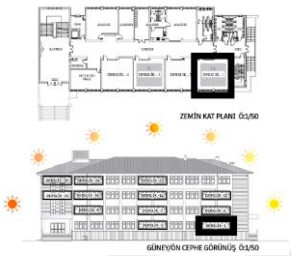
3.2.1. Zemin Kat Derslikler

- Derslik 1

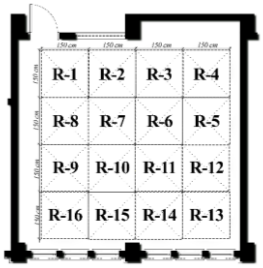
Tablo 15. Zemin kat Derslik 1'in ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 1

KONUMU



ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar		Ekim 09:00-10:00			Ekim 12:00-13:00			Ekim 15:00-16:00		
		DA	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
Ölçüm Referans Noktaları	R-1	472	**513**	**690**	213	265	420	81	233	290
	R-2	**625**	**570**	**807**	208	242	379	69	220	266
	R-3	**666**	**630**	**788**	202	287	398	64	259	298
	R-4	**597**	**554**	**752**	179	245	365	52	220	245
	R-5	**728**	**623**	**952**	180	258	419	72	228	270
	R-6	**767**	**658**	1063	260	280	484	75	252	306
	R-7	**765**	**658**	**991**	266	265	464	87	223	306
	R-8	**555**	**632**	**818**	279	292	496	112	250	321
	R-9	1317	**777**	1227	**528**	288	**600**	221	217	467
	R-10	1250	**885**	1473	494	294	**588**	124	239	465
	R-11	1364	**824**	1408	408	315	**621**	156	270	396
	R-12	**952**	**795**	1386	406	275	**566**	145	236	363
	R-13	2758	1488	2850	**797**	387	1012	337	249	**500**
	R-14	2136	1557	2362	**871**	411	1152	440	287	**631**
	R-15	1983	1530	2200	**882**	382	1086	437	266	**590**
	R-16	1905	1432	2100	**769**	434	**972**	306	297	**510**

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 2-8 ve 12 numaralı, yalnızca yapay aydınlatma kullanıldığında 1-12 numaralı, bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 1-5 ve 7,8 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta belirtilen aralıkta olduğu tespit edilmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 9 ve 13-16 numaralı, bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 9-12 ve 16 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenilen aralıkta olduğu tespit edilmiştir. Yapay aydınlatma ölçümlerinde ise hiçbir referans noktasında standarda uygun minimum 500 lx aydınlatma düzeyi değeri ölçülmemiştir.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, günışığı ve yapay aydınlatmanın tek başına kullanılmasıyla hiçbir referans noktasında istenen aydınlatma düzeyi sağlanamazken, bütünleşik aydınlatma ile 13-16 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin 500-1000 lx aralığında olduğu belirlenmiştir (Tablo 15).

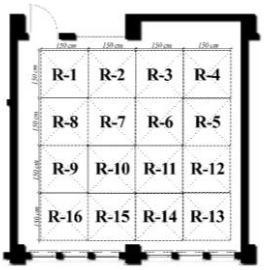
- Derslik 3

Tablo 16. Zemin kat Derslik 3'ün ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 3

KONUMU

ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Ekim								
	$09^{:00}$-$10^{:00}$			$12^{:00}$-$13^{:00}$			$15^{:00}$-$16^{:00}$		
Ölçüm Referans Noktaları	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
R-1	**504**	**565**	**695**	174	267	371	56	240	267
R-2	**592**	**570**	**770**	181	231	393	60	212	256
R-3	**645**	**577**	**823**	172	263	369	56	239	245
R-4	310	**581**	**817**	171	261	385	47	233	255
R-5	**761**	**699**	**960**	223	286	443	63	245	282
R-6	**736**	**670**	1021	209	275	465	75	246	297
R-7	**642**	**666**	**956**	215	286	442	78	227	281
R-8	**561**	**636**	**835**	210	283	429	77	246	293
R-9	**924**	**734**	1148	380	316	**581**	158	259	360
R-10	1200	**820**	1250	416	293	**611**	124	206	372
R-11	1328	**774**	1360	416	318	**648**	237	263	403
R-12	1274	**788**	1240	335	285	**564**	111	224	350
R-13	2728	1549	3083	**815**	376	**973**	**512**	270	**505**
R-14	1995	1435	2442	**773**	382	**998**	382	253	**547**
R-15	1969	1454	2212	**775**	418	**961**	355	284	**533**
R-16	1835	1120	2390	**672**	420	**923**	332	289	**581**

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 1-3 ve 5-9 numaralı, yalnızca yapay aydınlatma kullanıldığında 1-12 numaralı, bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 1-5 ve 7-8 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenilen aralıkta olduğu tespit edilmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 13-16 numaralı, bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 9-13 ve 15-16 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenilen aralıkta olduğu tespit edilmiştir. Yapay aydınlatma ölçümlerinde ise tüm referans noktalarında istenilen 500 lx aydınlatma düzeyinin altında kalmıştır.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, günışığı kullanıldığında yalnızca 13 ve bütünleşik aydınlatma durumunda ise 13-16 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin istenen aralıkta olduğu belirlenmiştir. Yapay aydınlatma ile hiçbir referans noktasında istenen minimum 500 lx aydınlatma düzeyinin sağlanamadığı tespit edilmiştir (Tablo 16).

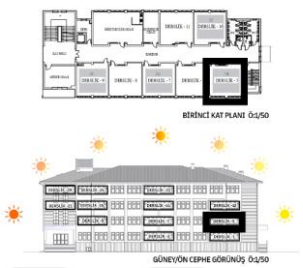
3.2.2. Birinci Kat Derslikler

- Derslik 5

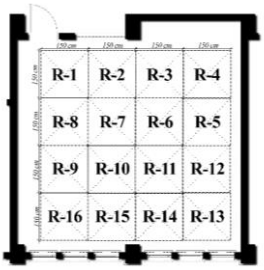
Tablo 17. Birinci kat Derslik 5'in ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 5

KONUMU



ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Ekim								
	$09^{:00}$-$10^{:00}$			$12^{:00}$-$13^{:00}$			$15^{:00}$-$16^{:00}$		
Ölçüm Referans Noktaları	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
R-1	412	432	**632**	180	249	382	92	250	303
R-2	435	424	**627**	160	220	356	92	212	277
R-3	440	426	**644**	148	242	319	71	239	280
R-4	352	365	**562**	136	204	290	59	205	238
R-5	492	416	**708**	178	219	350	85	206	270
R-6	**553**	496	**767**	213	275	421	95	257	317
R-7	**573**	499	**735**	224	245	428	118	231	317
R-8	**528**	475	**719**	241	261	490	119	245	319
R-9	**875**	**570**	1105	324	276	**622**	199	239	360
R-10	**887**	**591**	1182	454	274	**701**	187	246	430
R-11	**1000**	**655**	1204	356	288	**665**	169	265	436
R-12	**910**	**586**	1102	335	240	**564**	150	219	395
R-13	2461	1307	2032	**704**	335	**902**	330	253	**518**
R-14	2043	1029	1955	**752**	331	**969**	385	259	**593**
R-15	1944	**940**	2125	**725**	297	**935**	396	229	**572**
R-16	1915	**936**	1966	**760**	339	**959**	363	253	**612**

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 6-12 numaralı, yalnızca yapay aydınlatma kullanıldığında 9-12 ve 15-16 numaralı, bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 1-8 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenen aralıkta olduğu tespit edilmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 13-16 numaralı, bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 9-16 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenilen aralıkta olduğu tespit edilmiştir. Yapay aydınlatma ölçümlerinde ise istenen 500 lx aydınlatma düzeyi hiçbir noktada sağlanamamıştır.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca bütünleşik aydınlatmada 13-16 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyi istenen aralıkta olduğu belirlenmiştir. Yalnızca günışığı ve yalnızca armatürlerin kullanılmasıyla hiçbir referans noktasında istenen minimum 500 lx aydınlatma düzeyinin sağlanamadığı tespit edilmiştir (Tablo 17).

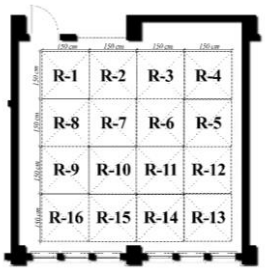
- Derslik 7

Tablo 18. Birinci kat Derslik 7'nin ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 7

KONUMU

ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Ekim								
	09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
Ölçüm Referans Noktaları	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
R-1	**519**	473	**672**	165	259	363	95	231	307
R-2	**556**	475	**699**	178	230	369	91	199	256
R-3	**556**	483	**697**	161	250	369	85	221	216
R-4	**504**	413	**619**	142	217	305	67	185	230
R-5	**518**	476	**724**	201	228	370	91	202	269
R-6	**670**	**535**	**876**	216	263	432	104	240	337
R-7	**657**	**510**	**851**	232	255	412	116	216	298
R-8	**535**	**519**	**780**	218	262	391	125	220	328
R-9	**1000**	**689**	1198	446	289	**612**	240	207	371
R-10	1168	**643**	1257	372	272	**658**	200	243	394
R-11	1161	**627**	1231	387	284	**633**	209	254	472
R-12	1100	**540**	1240	368	255	**591**	157	231	372
R-13	3423	1176	3768	**785**	316	**963**	334	251	**518**
R-14	1266	1192	2367	**773**	311	**951**	414	276	**622**
R-15	2283	1336	2453	**804**	333	**937**	355	244	**511**
R-16	1566	1033	1880	**631**	330	**828**	322	239	**534**

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 1-9, yalnızca yapay aydınlatma kullanıldığında 6-12, bütünleşik aydınlatma durumunda ise 1-8 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenen aralıkta olduğu tespit edilmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 13-16 numaralı, bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 9-16 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenen aralıkta olduğu tespit edilmiştir. Yapay aydınlatma ölçümlerinde ise standarda uygun minimum 500lx aydınlatma düzeyi hiçbir noktada sağlanamamıştır.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca bütünleşik aydınlatmada 13-16 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyi istenen aralıkta olduğu belirlenmiştir. Yalnızca günışığı ve yalnızca armatürlerin kullanılmasıyla hiçbir referans noktasında standartta istenen minimum 500lx aydınlatma düzeyinin sağlanamadığı tespit edilmiştir (Tablo 18).

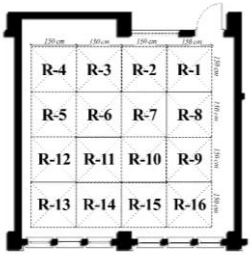
- Derslik 9

Tablo 19. Birinci kat Derslik 9'un ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 9

KONUMU

ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Ekim								
	09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
Ölçüm Referans Noktaları	DA	YA	BA	DA	YA	BA	DA	YA	BA
R-1	**524**	**523**	**670**	168	251	381	77	231	277
R-2	**509**	**507**	**680**	174	239	379	78	213	270
R-3	448	**508**	**667**	176	250	358	94	232	291
R-4	383	420	**551**	153	194	307	90	184	248
R-5	497	**578**	**841**	213	206	366	110	183	275
R-6	**604**	**503**	**852**	216	266	510	112	221	320
R-7	**563**	**556**	**756**	229	249	446	111	224	275
R-8	**648**	440	**665**	214	263	440	105	223	297
R-9	**998**	**623**	1074	435	282	**579**	207	244	381
R-10	**928**	**670**	1137	436	254	**656**	222	188	376
R-11	**865**	**738**	1330	471	308	**581**	235	260	464
R-12	**751**	**735**	1270	450	243	**586**	258	205	385
R-13	1973	1276	2365	**976**	343	1082	397	235	**573**
R-14	2540	1273	2819	**998**	404	1096	378	282	**612**
R-15	2368	1427	3035	**883**	355	1018	337	240	**520**
R-16	2106	1236	2102	**867**	347	1056	382	253	**565**

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 5-12, yalnızca yapay aydınlatma kullanıldığında 1-3, 5-7 ve 9-12, bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 1-8 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenilen aralıkta olduğu tespit edilmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 13-16, bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 6-12 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenilen aralıkta olduğu tespit edilmiştir. Yapay aydınlatma ölçümlerinde ise standarda uygun minimum 500lx aydınlatma düzeyi hiçbir noktada sağlanamamıştır.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca bütünleşik aydınlatma durumunda 13-16 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin istenen aralıkta olduğu belirlenmiştir. Günışığının ve yapay ışık kaynaklarının tek başına kullanılmasıyla hiçbir ölçüm referans noktasında aydınlatma düzeyi minimum 500lx düzeyini sağlayamamıştır (Tablo 19).

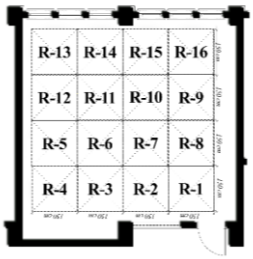
- Derslik 10

Tablo 20. Birinci kat Derslik 10'un ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 10

KONUMU

ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Ekim								
	09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
Ölçüm Referans Noktaları	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
R-1	247	272	453	196	282	441	492	312	**615**
R-2	255	239	421	193	246	407	421	354	**643**
R-3	271	252	450	198	266	359	320	361	**572**
R-4	248	222	387	184	221	368	271	342	453
R-5	295	265	442	225	236	419	331	348	498
R-6	283	223	463	236	261	456	440	374	**571**
R-7	271	267	430	237	250	454	**607**	405	1283
R-8	246	240	446	263	269	457	**880**	420	**940**
R-9	348	276	**529**	274	303	**527**	1132	**546**	1197
R-10	259	270	**543**	360	266	405	**790**	465	1082
R-11	354	303	**571**	330	289	**625**	**709**	433	**956**
R-12	347	238	483	297	228	**504**	**524**	376	**630**
R-13	**559**	362	**687**	**604**	328	**729**	**760**	472	**976**
R-14	**561**	336	**724**	**708**	345	**935**	1122	**643**	1347
R-15	**509**	369	**657**	**624**	343	**801**	1160	**722**	1334
R-16	**536**	330	**573**	**506**	323	**734**	1090	**653**	1348

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 13-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 9-11, 13-16 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenen aralıkta olduğu tespit edilmiştir. Yapay aydınlatma ile hiçbir noktada minimum 500lx aydınlatma düzeyi sağlanamamıştır.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 13-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 9, 11-16 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenilen aralıkta olduğu tespit edilmiştir. Yapay aydınlatma ölçümlerinde ise istenen aydınlatma düzeyi hiçbir noktada sağlanamamıştır.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 7-8 ve 10-13, yapay aydınlatma ile 9, 14-16 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyi istenilen seviyededir. Bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde ise dersliğin genelinde aydınlık düzeyi istenilen aralıkta olup yalnızca 7,9 ve1 6 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenilen 500-1000 lx aralığın üzerinde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 20).

3.2.3. İkinci Kat Derslikler

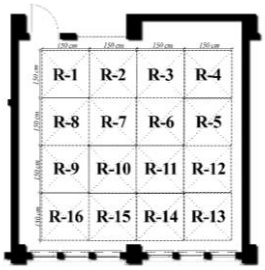
- Derslik 12

Tablo 21. İkinci kat Derslik 12'nin ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 12

KONUMU

ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Ekim								
	09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
Ölçüm Referans Noktaları	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
R-1	238	289	364	168	219	363	22	225	250
R-2	289	233	352	166	224	369	16	200	222
R-3	275	286	370	151	254	369	16	216	239
R-4	217	237	305	127	217	305	22	174	189
R-5	298	295	345	177	242	370	26	146	212
R-6	301	317	383	214	275	432	29	219	255
R-7	304	267	315	208	301	412	37	204	230
R-8	380	331	386	199	245	391	71	227	255
R-9	**507**	429	**826**	351	345	**612**	80	234	287
R-10	**594**	393	**755**	400	284	**658**	72	176	248
R-11	**656**	479	**814**	490	247	**633**	63	226	285
R-12	**672**	356	**684**	335	259	**591**	119	189	240
R-13	2197	1020	2396	**921**	214	**963**	123	183	273
R-14	1997	**856**	1883	**919**	212	1051	151	222	342
R-15	2430	**845**	2122	**905**	335	1137	129	207	298
R-16	1617	**634**	2010	**822**	379	1083	146	236	351

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 9-12 numaralı, yapay aydınlatma durumunda 14-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 9-12 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenen aralıkta olduğu tespit edilmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 13-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 9-13 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenilen aralıkta olduğu tespit edilmiştir. Yapay aydınlatma durumunda ise hiçbir referans noktasında istenen düzey sağlanamamıştır.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, ölçüm durumlarının tamamında, derslikteki ölçüm noktalarının hiçbirinde istenen 500-1000lx aralığında aydınlık düzeyi ölçülmemiştir (Tablo 21).

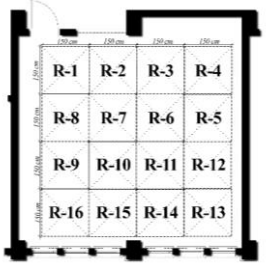
- Derslik 14

Tablo 22. İkinci kat Derslik 14'ün ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 14

KONUMU

ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Ekim								
	09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
Ölçüm Referans Noktaları	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
R-1	244	312	367	159	275	363	32	208	238
R-2	222	291	328	182	241	369	25	202	224
R-3	218	300	371	161	268	369	14	209	258
R-4	187	253	316	129	224	305	19	177	193
R-5	379	287	443	222	239	370	27	193	214
R-6	368	257	457	265	273	432	34	204	249
R-7	383	330	445	260	291	412	42	201	222
R-8	360	307	348	240	284	391	39	213	243
R-9	**711**	459	**723**	**528**	283	**612**	82	221	282
R-10	**605**	418	476	**569**	262	**658**	79	174	244
R-11	**678**	443	**619**	**592**	301	**633**	72	206	275
R-12	**669**	347	**535**	309	287	**591**	54	174	227
R-13	2317	1078	2366	1036	389	**963**	138	188	308
R-14	1521	1013	1789	1128	**559**	**951**	158	203	344
R-15	1825	**982**	2313	1036	493	**937**	148	198	325
R-16	1833	**995**	2056	**782**	213	**828**	197	217	374

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 9-12 numaralı, yapay aydınlatma ile 15-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 9 ve 11-12 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin 500-1000lx aralığında olduğu belirlenmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 9-11 ve 16 numaralı referans noktalarında istenen aydınlık düzeyi sağlandığı belirlenmiştir. Yapay aydınlatma ile yalnızca 14 numaralı ölçüm referans noktasında istenen aydınlık düzeyi sağlanırken, bütünleşik aydınlatma durumunda 9-16 numaralı noktalarda aydınlık düzeyinin istenen aralıkta olduğu saptanmıştır.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, ölçülen üç farklı durumda ve referans noktaların tamamında standarda uygun 500-1000lx aralığında aydınlık düzeyinin sağlanamadığı tespit edilmiştir (Tablo 22).

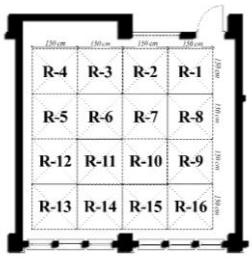
- Derslik 16

Tablo 23. İkinci kat Derslik 16'nın ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK – 16

KONUMU

ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar		Ekim								
		09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
Ölçüm Referans Noktaları		**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
	R-1	211	358	425	152	238	381	74	229	302
	R-2	167	310	420	167	231	379	86	203	276
	R-3	160	325	423	157	290	379	84	234	295
	R-4	121	299	357	103	271	307	99	209	299
	R-5	136	260	386	168	253	340	106	228	321
	R-6	145	334	**516**	152	266	419	100	236	320
	R-7	196	335	497	127	249	446	92	219	307
	R-8	246	363	**594**	112	263	440	94	238	326
	R-9	480	432	**814**	298	272	**579**	131	247	357
	R-10	438	297	**821**	305	254	**656**	153	199	329
	R-11	389	330	**763**	294	260	**581**	129	240	346
	R-12	280	271	499	247	233	**586**	132	225	351
	R-13	1234	**680**	1817	**884**	318	1172	276	263	475
	R-14	1252	**972**	3078	**938**	404	1356	269	255	460
	R-15	1789	**781**	2210	**871**	355	1132	275	274	466
	R-16	1519	**982**	1928	**769**	341	**998**	309	293	**506**

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında hiçbir referans noktasında standarda uygun aydınlık düzeyi sağlanamamıştır. 1-12 numaralı ölçüm referans noktalarında minimum 500lx'ten düşük, 12-16 numaralı ölçüm referans noktalarında ise maksimum 1000lx'ten fazla aydınlık düzeyi ölçülmüştür. Yapay aydınlatma ile 13-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma durumunda ise 6, 8-11 numaralı referans noktalarında istenen aydınlık düzeyinin sağlandığı tespit edilmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 13-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma ile 9-12 ve 16 numaralı öğretmen masası bölgesinde aydınlık düzeyinin standarda uygun olduğu tespit edilmiştir. Yapay aydınlatma ile hiçbir noktada istenen aydınlık düzeyi sağlanamamıştır.

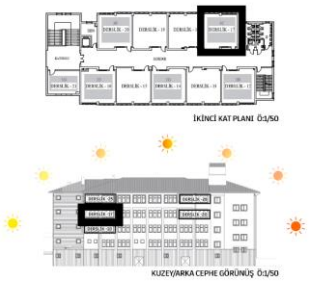
Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca doğal aydınlatma ve yapay aydınlatma durumunda hiçbir referans noktasında aydınlık düzeyi minimum 500lx gerekliliğini sağlayamamıştır. Bütünleşik aydınlatma durumunda ise 16 numaralı referans noktasında istenen düzeyde aydınlık ölçülmüştür (Tablo 23).

- Derslik 17

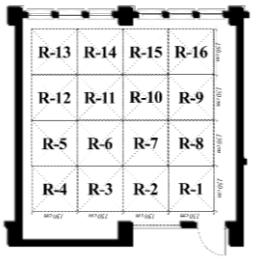
Tablo 24. İkinci kat Derslik 17'nin ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 17

KONUMU



ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar		Ekim								
		$09^{:00}$-$10^{:00}$			$12^{:00}$-$13^{:00}$			$15^{:00}$-$16^{:00}$		
		DA	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
Ölçüm Referans Noktaları	R-1	185	255	433	127	271	297	114	239	334
	R-2	163	138	316	128	242	284	91	118	179
	R-3	152	103	290	126	270	348	73	82	134
	R-4	136	87	267	136	236	352	67	65	114
	R-5	197	110	309	121	237	421	83	84	145
	R-6	206	126	323	161	240	456	101	117	193
	R-7	153	219	382	185	273	469	124	174	274
	R-8	148	276	488	303	278	486	126	234	336
	R-9	211	324	**599**	425	325	**683**	195	245	398
	R-10	238	226	454	441	297	**762**	193	190	347
	R-11	247	283	**578**	386	304	**671**	182	204	342
	R-12	207	240	430	195	407	**637**	122	150	240
	R-13	**998**	275	**954**	**684**	297	**797**	225	201	352
	R-14	**876**	370	1038	**730**	364	1007	335	260	**520**
	R-15	**743**	348	**845**	**709**	290	**876**	260	254	419
	R-16	**946**	375	1049	**775**	213	**890**	346	258	**547**

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ile 13-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 9,11, 13 ve 15 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun aralıkta olduğu tespit edilmiştir. Yapay aydınlatma ile aydınlatılan derslikte çalışma düzleminde 500lx aydınlatma düzeyi hiçbir referans noktasında ölçülmemiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 13-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 9-13 ve 15-16 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenen 500-1000lx aralığında olduğu tespit edilmiştir. Yapay aydınlatma ölçümlerinde ise istenen 500lx aydınlatma düzeyi hiçbir noktada sağlanamamıştır.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, ölçüm durumlarından yalnızca bütünleşik aydınlatma durumunda 14 ve 15 numaralı ölçüm referans noktalarında istenen 500-1000lx aralığında aydınlık düzeyinin sağlandığı tespit edilmiştir. Yalnızca günışığının ve yalnızca yapay ışık kaynaklarının kullanımıyla derslikte istenen düzeyde aydınlık sağlanamadığı belirlenmiştir (Tablo 24).

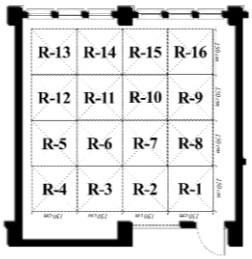
- Derslik 20

Tablo 25. İkinci kat Derslik 20'nin ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 20

KONUMU

ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar		Ekim								
		09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
Ölçüm Referans Noktaları		**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
	R-1	172	268	385	150	242	302	100	254	325
	R-2	194	237	380	136	192	299	99	215	386
	R-3	213	250	382	119	220	351	85	243	307
	R-4	161	239	442	101	219	407	76	204	361
	R-5	197	256	470	115	237	383	76	210	276
	R-6	183	252	470	155	245	408	105	248	331
	R-7	174	208	236	167	189	304	104	238	315
	R-8	168	279	421	174	212	391	108	259	329
	R-9	181	294	480	298	267	482	176	256	389
	R-10	335	221	492	280	210	476	197	201	370
	R-11	284	295	**588**	254	274	475	172	257	383
	R-12	318	280	**505**	194	263	403	144	227	330
	R-13	**620**	336	**730**	467	331	**685**	291	282	452
	R-14	343	358	**717**	**720**	347	**597**	255	272	**527**
	R-15	**621**	351	**707**	**707**	352	**974**	310	265	493
	R-16	**575**	355	**781**	**732**	360	**971**	295	298	**526**

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 13 ve 15-16 numaralı, bütünleşik aydınlatma durumunda ise 11-16 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun olduğu tespit edilmiştir. Yapay aydınlatma durumunda ise hiçbir noktada 500-1000lx aralığında aydınlık düzeyi olmadığı saptanmıştır.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 14-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 13-16 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun aralıkta olduğu tespit edilmiştir. Sabah saati ölçümleriyle benzer biçimde, yapay aydınlatma durumunda ise ışık kaynaklarının derslikte çalışma düzlemi üzerinde hiçbir nokta için yeterli aydınlık sağlamadığı belirlenmiştir.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ve yapay aydınlatmanın tek başına tercih edilmesiyle standartta belirtilen minimum 500lx aydınlık düzeyi gereksinmesi karşılanamamıştır. Bütünleşik aydınlatma durumunda ise dersliğin 14 ve 16 numaralı ölçüm referans noktalarında standarda uygun olarak 500-1000lx aralığında aydınlık düzeyi ölçülmüştür (Tablo 25).

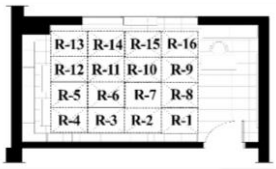
- Derslik 21

Tablo 26. İkinci kat Derslik 21'in ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 21

KONUMU

ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Ekim								
	09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
Ölçüm Referans Noktaları	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
R-1	114	171	261	69	161	201	37	147	150
R-2	158	149	258	68	149	184	36	142	137
R-3	135	232	343	64	212	243	33	201	192
R-4	108	156	289	48	206	232	24	186	176
R-5	154	155	349	67	244	254	30	218	199
R-6	214	275	467	85	153	220	47	159	176
R-7	194	163	413	98	168	222	50	133	157
R-8	157	197	371	90	192	250	45	177	187
R-9	307	266	**602**	160	270	354	69	221	251
R-10	**684**	193	**754**	175	173	282	86	162	210
R-11	**602**	256	**866**	127	274	330	64	233	246
R-12	377	170	**611**	93	217	271	38	192	203
R-13	**791**	304	**985**	170	221	406	32	113	159
R-14	**600**	378	**926**	260	277	418	139	208	276
R-15	**820**	376	**990**	290	260	495	134	199	265
R-16	226	292	**597**	190	220	355	64	209	248

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 10,11 ve 13-15 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun olduğu belirlenmiştir. Yapay aydınlatma hiçbir noktada yeterli olmazken, bütünleşik aydınlatma durumunda 9-16 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta belirtilen 500-1000lx aralığında yeterli olduğu tespit edilmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, hiçbir noktada ve hiçbir durumda istenen düzeyde aydınlık ölçülmemiştir.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, ölçüm durumlarının tamamında hiçbir ölçüm referans noktasında standarda uygun olarak 500-1000lx aralığında aydınlık düzeyi ölçülmemiştir. Doğal aydınlatma durumunda yapılan ölçümlerde, tüm noktalarda aydınlık düzeyinin 150lx seviyesinin altında olduğu saptanmıştır. (Tablo 26).

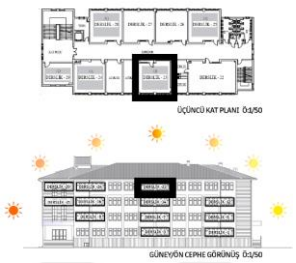
3.2.4. Üçüncü Kat Derslikler

- Derslik 23

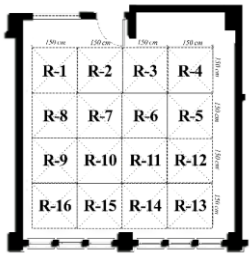
Tablo 27. Üçüncü kat Derslik 23'nin ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 23

KONUMU



ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar		Ekim 09:00-10:00			Ekim 12:00-13:00			Ekim 15:00-16:00		
		DA	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
Ölçüm Referans Noktaları	R-1	246	319	367	173	262	294	12	229	239
	R-2	232	297	328	168	231	294	10	186	199
	R-3	218	305	371	142	247	269	9	218	258
	R-4	194	267	316	109	214	296	8	195	196
	R-5	361	324	443	157	229	371	11	199	211
	R-6	330	329	457	185	248	437	12	213	217
	R-7	349	364	445	192	271	425	8	204	215
	R-8	327	379	348	183	257	340	9	226	238
	R-9	**694**	489	**823**	214	384	**584**	28	192	213
	R-10	**549**	485	**876**	253	348	**596**	34	205	230
	R-11	**597**	481	**879**	255	362	**578**	29	188	213
	R-12	**523**	347	**735**	300	248	**501**	27	198	215
	R-13	2019	1078	2366	1285	**751**	1890	51	204	237
	R-14	1648	1013	1789	1156	**795**	1735	42	200	230
	R-15	1752	**962**	2313	1031	**657**	1374	42	195	224
	R-16	1273	**997**	2056	**760**	**659**	1156	55	229	270

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda ve bütünleşik aydınlatma durumunun her ikisinde de 9-12 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun aralıkta olduğu belirlenmiştir. Yapay aydınlatma durumunda ise 15-16 numaralı ölçüm referans noktalarında 500-1000lx aralığında aydınlık düzeyi ölçülmüştür.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda yalnızca 16 numaralı referans noktasını gösteren öğretmen masasında istenen aydınlık düzeyi sağlanmıştır. Yapay aydınlatma ile 13-16 referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenen aralıkta olduğu tespit edilmiştir. Bütünleşik aydınlatma durumunda dersliğin yarısını kaplayan 9-16 numaralı referans noktalarında 500-1000 lx aydınlatma düzeyi gereksinimi karşılanmıştır.

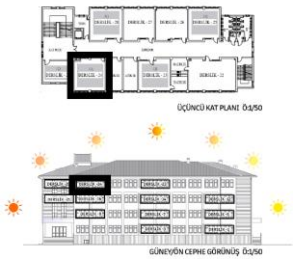
Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, ölçüm durumlarının tamamında çalışma düzlemi üzerinden ölçülen hiçbir ölçüm referans noktasında aydınlık düzeyinin standarda uygun aralıkta olmadığı belirlenmiştir (Tablo 27).

- Derslik 24

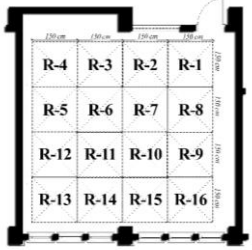
Tablo 28. Üçüncü kat Derslik 24'ün ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 24

KONUMU



ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Ekim								
	09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
Ölçüm Referans Noktaları	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
R-1	234	361	486	188	231	376	97	173	222
R-2	184	312	446	162	219	372	89	207	218
R-3	160	329	479	145	285	362	105	220	311
R-4	137	294	405	121	267	350	96	196	260
R-5	189	271	427	165	269	381	112	209	280
R-6	151	346	468	250	262	402	106	235	306
R-7	204	339	**501**	281	240	416	115	164	240
R-8	254	371	**506**	**625**	248	**641**	107	226	328
R-9	498	446	**698**	**598**	296	**674**	215	209	276
R-10	441	305	**637**	**578**	297	**656**	233	202	315
R-11	420	349	**634**	495	305	**668**	175	219	291
R-12	315	289	**518**	346	275	**589**	167	159	248
R-13	1367	**703**	1741	**647**	**504**	**942**	191	167	365
R-14	1452	1005	1987	1065	**508**	1098	292	200	390
R-15	1890	**998**	2368	**948**	**584**	1203	297	206	391
R-16	1712	**970**	2106	1078	**516**	1185	391	242	485

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda standartta belirtilen minimum 500lx aydınlatma düzeyi gereksinmesi hiçbir ölçüm referans noktasında karşılanmamıştır. Yapay aydınlatma durumunda 13 ve 15-16 numaralı, bütünleşik aydınlatma durumunda ise 7-12 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun olarak 500-1000lx aralığında olduğu belirlenmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığından yararlanıldığında derslikte çalışma düzlemi üzerinde 8-10, 13 ve 16 numaralı ölçüm referans noktalarında standarda uygun aydınlık düzeyi ölçülmüştür. Yapay aydınlatma durumunda 13-16 numaralı ölçüm referans noktaları, bütünleşik aydınlatmada ise 8-13 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun olduğu tespit edilmiştir.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, ölçüm yapılan tüm durumlarda çalışma düzlemi üzerindeki hiçbir ölçüm referans noktasında standartta belirtilen 500-1000lx aralığında aydınlık düzeyi sağlanamamıştır (Tablo 28).

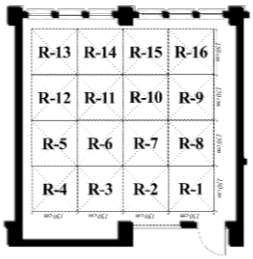
- Derslik 25

Tablo 29. Üçüncü kat Derslik 25'in ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 25

KONUMU

ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Ekim								
	09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
Ölçüm Referans Noktaları	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
R-1	197	256	430	148	284	492	300	321	507
R-2	195	219	422	131	261	456	232	277	414
R-3	189	247	430	123	290	420	203	295	413
R-4	198	211	345	101	245	384	194	281	390
R-5	234	205	324	153	302	401	226	316	451
R-6	276	244	472	158	289	405	251	308	470
R-7	265	197	436	217	254	447	274	302	481
R-8	222	229	378	224	267	462	364	338	**516**
R-9	317	267	**524**	452	291	**507**	476	370	**670**
R-10	385	215	**531**	444	297	**598**	348	317	**535**
R-11	363	278	**566**	380	309	**527**	322	334	**512**
R-12	336	171	460	267	302	439	271	364	419
R-13	**630**	223	**808**	**991**	428	1108	**622**	**507**	**782**
R-14	**540**	322	**824**	**727**	462	1094	**775**	**530**	**934**
R-15	**551**	294	**570**	**667**	498	**986**	**762**	**564**	**977**
R-16	**644**	378	**825**	**729**	493	1031	**983**	**593**	1245

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 13-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 9-11, 13-16 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenilen aralıkta olduğu tespit edilmiştir. Yapay aydınlatma ölçümlerinde ise standarda uygun minimum 500lx aydınlatma düzeyi hiçbir noktada sağlanamamıştır.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 13-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 9-11 ve 15 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenen aralıkta olduğu tespit edilmiştir. Sabah saati ile benzer biçimde, yapay aydınlatmanın tek başına kullanılması hiçbir noktada yeterli aydınlık düzeyi sağlayamamıştır.

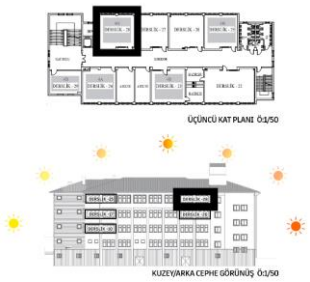
Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ve yapay aydınlatma durumlarının her ikisinde de 13-16 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenen aralıkta olduğu tespit edilmiştir. Bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde ise dersliğin 8-11 ve 13-15 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun aralıkta olduğu tespit edilmiştir (Tablo 29).

- Derslik 28

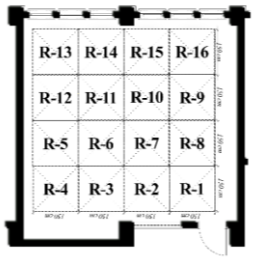
Tablo 30. Üçüncü kat Derslik 28'in ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 28

KONUMU



ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Ekim								
	09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
Ölçüm Referans Noktaları	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
R-1	106	255	376	149	245	289	33	231	251
R-2	122	207	334	125	197	261	32	196	221
R-3	134	257	383	113	241	272	20	232	248
R-4	130	205	310	87	186	199	25	183	203
R-5	159	193	324	138	197	265	27	202	213
R-6	154	263	392	186	255	301	36	238	252
R-7	153	187	315	213	193	300	38	209	236
R-8	140	203	346	221	232	359	38	238	262
R-9	195	266	408	441	235	352	66	219	276
R-10	244	202	422	423	224	350	77	212	278
R-11	252	287	**509**	428	269	357	74	210	269
R-12	249	237	**571**	285	234	323	54	199	257
R-13	**540**	234	**671**	459	219	**591**	98	194	263
R-14	**663**	355	**810**	**718**	236	**736**	140	218	333
R-15	469	287	**636**	**693**	239	**697**	119	193	296
R-16	392	337	**700**	**731**	325	**805**	104	237	320

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 13 ve 14 numaralı numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenilen aralıkta olduğu tespit edilmiştir. Yapay aydınlatma ölçümlerinde ise standartta yer alan minimum 500 lx aydınlatma düzeyi hiçbir noktada sağlanamamıştır. Bütünleşik aydınlatma durumunda ise 11-16 numaralı referans noktalarını kapsayan bölgelerde yeterli aydınlık düzeyinin oluştuğu belirlenmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 13-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 13-16 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenilen aralıkta olduğu tespit edilmiştir. Yapay aydınlatma, istenen aydınlatma düzeyini sağlamakta her noktada yetersiz kalmıştır.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, ışık kaynaklarının hiçbiri derslikte yeterli aydınlık düzeyinin sağlanmasında etkili olmamıştır (Tablo 30).

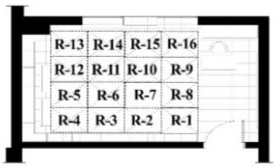
- Derslik 29

Tablo 31. Üçüncü kat Derslik 29'un Ekim ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 29

KONUMU

ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar		Ekim								
		09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
		DA	YA	BA	DA	YA	BA	DA	YA	BA
Ölçüm Referans Noktaları	R-1	219	379	130	58	285	223	45	292	326
	R-2	226	391	435	57	261	302	43	276	315
	R-3	221	379	497	52	262	290	42	268	306
	R-4	154	316	375	40	195	241	29	223	246
	R-5	244	320	378	57	261	295	34	260	285
	R-6	348	444	**556**	70	293	300	48	322	261
	R-7	390	486	425	68	200	346	54	319	365
	R-8	368	495	**542**	68	297	361	52	319	360
	R-9	**670**	620	**740**	109	317	405	82	325	389
	R-10	**816**	617	**730**	131	335	388	98	330	383
	R-11	**628**	391	**643**	108	302	365	63	273	353
	R-12	**730**	467	**908**	78	301	308	46	282	290
	R-13	331	**630**	1020	150	256	353	83	296	318
	R-14	1050	**536**	1477	191	234	420	117	300	364
	R-15	1520	**627**	1653	204	303	387	157	304	392
	R-16	261	334	**587**	68	256	291	24	247	261

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 9-12 numaralı referans noktalarında istenen aydınlık düzeyinin sağlandığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, pencere kenarını gösteren 14 ve 15 numaralı referans noktaları maksimum 1000 lx düzeyinden fazla aydınlık düzeyinde olduğu ölçülmüşken, 16 numaralı referans noktası ise minimum 500 lx düzeyinin altında ölçülmüştür. Yapay aydınlatmanın tek başına kullanılmasıyla, 9-10 ve 12-15 numaralı referans noktalarında istenen aydınlık düzeyi sağlanmıştır. Bütünleşik aydınlatma durumunda ise 6, 8-12 ve 16 numaralı referans noktalarında istenen düzeyde aydınlık düzeyinin olduğu tespit edilmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, ölçüm yapılan doğal aydınlatma, yapay aydınlatma ve bütünleşik aydınlatma durumlarının hiçbiri minimum 500lx aydınlık düzeyini sağlayamamıştır.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, öğle saatlerinde yapılan ölçümlerle benzer biçimde yapılan doğal aydınlatma, yapay aydınlatma ve bütünleşik aydınlatma durumlarının hiçbiri minimum 500lx aydınlık düzeyini sağlayamamıştır (Tablo 31).

3.3. Ocak Ayı Mevcut Aydınlık Düzeyi Ölçümlerine Yönelik Bulgular

3.3.1. Zemin Kat Derslikler

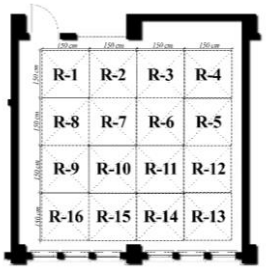
- Derslik 1

Tablo 32. Zemin kat Derslik 1'in ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 1

KONUMU

ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar		Ocak 09:00-10:00			Ocak 12:00-13:00			Ocak 15:00-16:00		
		DA	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
Ölçüm Referans Noktaları	R-1	163	299	352	126	265	321	66	235	268
	R-2	223	268	352	135	245	327	64	208	243
	R-3	211	294	386	127	275	330	60	235	269
	R-4	184	286	367	117	275	341	54	237	267
	R-5	232	339	**455**	163	303	391	74	255	301
	R-6	420	320	**584**	179	281	390	80	252	277
	R-7	**521**	296	**693**	166	275	362	86	227	281
	R-8	**522**	316	**565**	160	291	405	86	222	294
	R-9	**905**	369	1118	438	339	**663**	208	260	407
	R-10	1337	**592**	1650	494	320	**610**	220	237	371
	R-11	**708**	403	**945**	490	362	**652**	197	273	410
	R-12	**985**	355	1064	440	351	**550**	173	259	365
	R-13	2776	**612**	3098	1600	**630**	1612	**628**	358	**710**
	R-14	1813	**600**	3018	1535	**560**	1732	**606**	302	**754**
	R-15	1366	**831**	2058	1738	**630**	1837	**625**	351	**790**
	R-16	2312	**654**	2440	1740	**605**	1940	**616**	360	**831**

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ile 7-16 numaralı, yapay aydınlatma ile 10, 13-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma durumunda ise 6-16 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun olduğu belirlenmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ve yapay aydınlatma durumunda 13-16 numaralı, bütünleşik aydınlatma durumunda 9-16 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyinin 500-1000lx aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 1-16 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin istenen aralıkta olduğu saptanmıştır. Yapay aydınlatma durumunda hiçbir referans noktasında standarda uygun minimum 500lx aydınlık düzeyi sağlanamazken, bütünleşik aydınlatma ile 13-16 numaralı referans noktalarında standarda uygun değerler ölçülmüştür (Tablo 32).

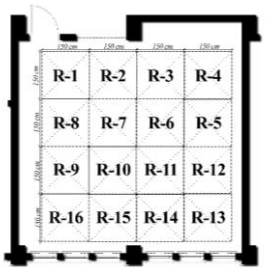
- Derslik 3

Tablo 33. Zemin kat Derslik 3'ün ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 3

KONUMU

ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Ocak								
	09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
Ölçüm Referans Noktaları	DA	YA	BA	DA	YA	BA	DA	YA	BA
R-1	332	329	490	172	287	382	91	250	306
R-2	433	292	**635**	183	247	378	87	232	260
R-3	450	372	**764**	168	271	375	82	234	282
R-4	278	310	**510**	170	266	383	76	236	282
R-5	256	368	**686**	250	292	454	112	262	329
R-6	**716**	345	**792**	246	274	440	110	238	306
R-7	**694**	332	**781**	250	281	431	115	228	301
R-8	365	346	**604**	220	308	450	110	264	340
R-9	1740	390	2387	483	344	**778**	238	277	474
R-10	2064	483	2800	**523**	313	**711**	225	236	414
R-11	**810**	423	1167	**535**	331	**598**	220	271	446
R-12	1336	443	1531	**550**	315	**692**	218	253	426
R-13	2400	**705**	2546	1584	**503**	1791	**878**	358	**876**
R-14	1655	**600**	1874	1275	435	1513	**602**	296	**866**
R-15	2662	**628**	2115	1493	**533**	1724	**680**	342	**885**
R-16	2790	**669**	3498	1575	**579**	1691	**637**	368	**866**

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 6,7 ve 11 numaralı, yapay aydınlatma durumunda 13-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma durumunda ise 2-8 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun aralıkta (500-1000lx) olduğu tespit edilmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, günışığının tercih edilmesiyle 10-12 numaralı ölçüm referans noktaları, yapay aydınlatma kullanıldığında 13, 15-16 numaralı referans noktalarında 500-1000lx aralığında aydınlık düzeyi sağlanmıştır. Bütünleşik aydınlatma durumunda ise 9-12 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenen aralıkta olduğu tespit edilmiştir.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında, 13-16 numaralı referans noktalarında istenen aydınlık düzeyi sağlanmaktadır. Yalnızca yapay ışık kaynaklarının kullanımıyla çalışma düzlemi üzerindeki hiçbir ölçüm referans noktasında standarda uygun aydınlık düzeyi ölçülmemiştir. Bütünleşik aydınlatma durumunda ise 13-16 numaralı referans noktalarında 500-1000lx aralığında aydınlık düzeyi sağlanmıştır (Tablo 33).

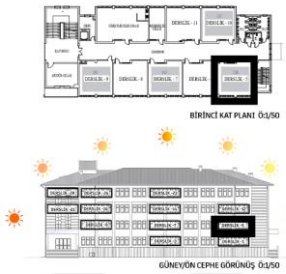
3.3.2. Birinci Kat Derslikler

- Derslik 5

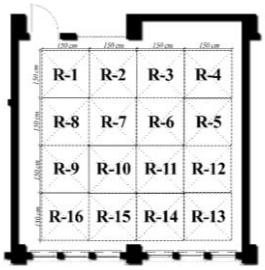
Tablo 34. Birinci kat Derslik 5'in ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 5

KONUMU



ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Ocak 09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
Ölçüm Referans Noktaları	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
R-1	272	347	**515**	142	244	320	93	250	330
R-2	358	300	**528**	146	213	290	87	215	290
R-3	360	322	**587**	147	233	323	81	230	311
R-4	322	281	**501**	138	204	288	79	220	275
R-5	464	311	**641**	202	224	364	106	234	329
R-6	**539**	362	**721**	209	253	396	90	246	347
R-7	446	338	**717**	191	249	361	108	235	336
R-8	435	349	**589**	174	241	336	124	255	330
R-9	1384	460	1865	**508**	309	**645**	255	271	492
R-10	2471	**664**	2950	**601**	280	**750**	283	270	484
R-11	1732	**652**	2922	**642**	292	**843**	304	273	**520**
R-12	2273	**529**	3015	**595**	272	**749**	270	246	**512**
R-13	2803	**798**	4000	1166	389	2170	**786**	303	**834**
R-14	2710	**762**	4000	1522	381	1634	**691**	306	**862**
R-15	4000	**706**	4000	1395	370	1385	**615**	280	**780**
R-16	4000	**806**	4000	1264	411	1134	**567**	280	**740**

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 6 numaralı, yapay aydınlatma durumunda 10-16 numaralı, bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 1-8 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenen 500-1000lx aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ve bütünleşik aydınlatma durumunda 9-12 numaralı ölçüm referans noktalarında minimum 500lx aydınlık düzeyi sağlanmıştır. Yapay aydınlatma durumunda ise çalışma düzlemi üzerinde ve on altı farklı noktadan yapılan aydınlık düzeyi ölçüm değerlerinin hiçbirinin standarda uygun olmadığı belirlenmiştir.

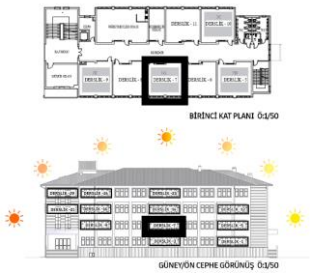
Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 13-16 numaralı referans noktalarında istenen aralıkta aydınlık düzeyi saptanmıştır. Yapay aydınlatma durumunda hiçbir referans noktasında istenen minimum 500lx aydınlatma düzeyinin sağlanamadığı tespit edilmiştir. Bütünleşik aydınlatma durumunda 11-16 numaralı referans noktalarında standarda uygun aydınlık düzeyi ölçülmüştür. (Tablo 34).

- Derslik 7

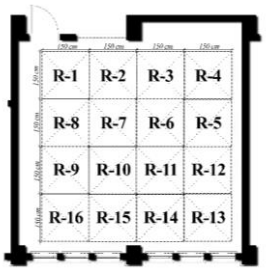
Tablo 35. Birinci kat Derslik 7'nin ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 7

KONUMU



ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Ocak								
	09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
Ölçüm Referans Noktaları	DA	YA	BA	DA	YA	BA	DA	YA	BA
R-1	265	330	479	156	275	352	84	224	288
R-2	315	335	**506**	155	256	318	78	224	303
R-3	321	342	**527**	150	271	359	73	226	277
R-4	247	296	**530**	127	261	303	65	183	235
R-5	415	351	**597**	177	255	312	90	215	288
R-6	399	437	**631**	205	303	412	105	243	327
R-7	391	421	**634**	220	298	429	115	254	318
R-8	444	449	**642**	203	291	427	117	226	329
R-9	1125	**592**	1443	**554**	353	**782**	247	264	454
R-10	1322	**722**	1975	**616**	370	**801**	253	247	458
R-11	1505	**504**	1760	**601**	365	**875**	212	263	440
R-12	1223	490	1374	**507**	308	**639**	196	224	384
R-13	2996	**1000**	3382	1813	**645**	2298	**720**	287	**860**
R-14	3415	**783**	3460	1743	**573**	2040	**673**	313	**906**
R-15	3472	1025	3664	1638	**587**	1460	**627**	299	**907**
R-16	2776	1129	3142	1331	**703**	1774	**744**	361	**932**

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda çalışma düzlemi üzerinden yapılan aydınlık düzeyi değerlerinin hiçbiri 500-1000lx aralığında olmadığı belirlenmiştir. Dersliğin 1-8 numaralı referans noktalarını kapsayan bölgelerde 500lx düzeyinden daha az, 8-16 numaralı referans noktalarını kapsayan bölgede ise 1000lx düzeyinden daha fazla aydınlık düzeyi ölçülmüştür. Yapay aydınlatma durumunda 9-13 numaralı ve bütünleşik aydınlatma durumunda 2-8 numaralı ölçüm referans noktalarında standarda uygun aydınlık düzeyi sağlanmıştır.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ve bütünleşik aydınlatma durumlarında 9-12 numaralı referans noktalarında standartta istenen aralıkta aydınlık düzeyi sağlanmaktadır. Yapay aydınlatma durumunda 13-16 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyi standarda uygun olduğu belirlenmiştir.

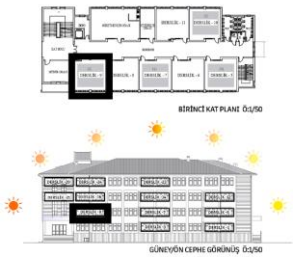
Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ve bütünleşik aydınlatma durumlarında 9-12 numaralı referans noktalarında standarda uygun aydınlık düzeyi sağlanırken, yapay aydınlatma durumunda ölçülen aydınlık düzeyi değerlerinin hiçbirinin standarda uygun olmadığı tespit edilmiştir (Tablo 35).

- Derslik 9

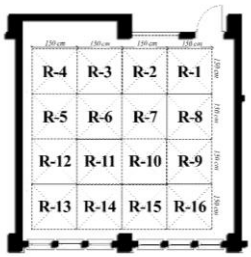
Tablo 36. Birinci kat Derslik 9'un ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 9

KONUMU



ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar		Ocak								
		09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
Ölçüm Referans Noktaları		DA	YA	BA	DA	YA	BA	DA	YA	BA
	R-1	164	253	373	132	230	279	75	201	277
	R-2	184	264	388	150	245	310	65	215	282
	R-3	162	258	373	148	248	313	75	213	276
	R-4	140	242	320	140	197	275	72	179	237
	R-5	182	261	363	156	238	335	90	184	260
	R-6	203	308	497	183	285	415	101	247	310
	R-7	226	271	475	199	246	384	104	225	290
	R-8	129	266	**513**	221	255	365	103	233	315
	R-9	**530**	226	**950**	487	262	**645**	221	235	412
	R-10	**578**	335	1100	**539**	296	**706**	245	237	440
	R-11	**580**	329	**885**	**545**	293	**675**	250	241	450
	R-12	480	286	**711**	485	248	**584**	207	205	363
	R-13	1695	412	2048	1255	342	1275	**588**	232	**690**
	R-14	2570	**577**	3115	1843	444	1949	**754**	285	**907**
	R-15	1880	**526**	2220	1477	417	1568	**642**	267	**815**
	R-16	2171	410	2659	1107	312	1302	**664**	245	**627**

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 9-11 numaralı, yapay aydınlatma ile 14 ve 15 numaralı ve bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 8,9,11 ve 12 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun aralıkta olduğu tespit edilmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 10 ve 11 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun aralıkta (500-1000lx) olduğu tespit edilmiştir. Yapay aydınlatma durumunda ise hiçbir ölçüm referans noktasında standarda uygun aralıkta aydınlık düzeyi sağlanamamıştır. Bütünleşik aydınlatma ile 9-12 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyi 500-1000 lx aralığında olduğu belirlenmiştir.

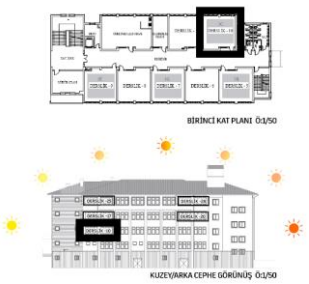
Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ve bütünleşik aydınlatma durumlarının her ikisinde de 13-16 numaralı referans noktalarında 500-1000lx aralığında aydınlık düzeyi sağlanmıştır. Yapay aydınlatma durumunda ise çalışma düzlemi üzerinden ölçüm yapılan hiçbir referans noktasında istenen minimum 500lx aydınlık düzeyinin sağlanamadığı tespit edilmiştir (Tablo 36).

- Derslik 10

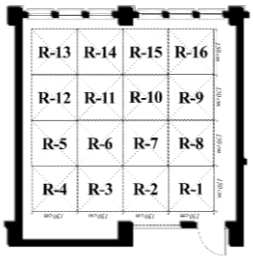
Tablo 37. Birinci kat Derslik 10'un ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 10

KONUMU



ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Ocak								
	09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
Ölçüm Referans Noktaları	DA	YA	BA	DA	YA	BA	DA	YA	BA
R-1	148	272	385	266	296	**504**	302	360	**577**
R-2	163	236	374	271	265	**512**	307	316	**554**
R-3	152	248	385	258	269	**524**	291	327	**545**
R-4	155	241	378	245	461	**561**	317	320	**521**
R-5	199	224	425	303	218	**586**	414	342	**649**
R-6	203	247	427	323	283	**585**	418	268	**591**
R-7	194	261	428	319	288	**580**	417	308	**635**
R-8	173	272	412	299	297	**569**	399	316	**604**
R-9	376	300	**619**	**722**	381	**993**	1050	440	1224
R-10	415	280	**624**	**770**	361	1051	1054	336	1249
R-11	404	283	**662**	**683**	351	1400	**900**	338	1074
R-12	409	255	**622**	**590**	317	**871**	**794**	324	**881**
R-13	**740**	324	**928**	1636	474	2008	2003	490	2230
R-14	**673**	347	**852**	1499	**571**	1435	3258	**511**	3475
R-15	**598**	345	**775**	1333	**534**	1551	1977	476	2138
R-16	**521**	348	**662**	**845**	434	1133	1364	405	1536

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı ile 13-16 numaralı7+, bütünleşik aydınlatma ile 9-16 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun aralıkta olduğu tespit edilmiştir. Yapay aydınlatma ile hiçbir ölçüm referans noktasında standarda uygun minimum 500lx aydınlık düzeyi ölçülmemiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 9-11 ve 16 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeylerinin standarda uygun aralıkta olduğu belirlenmiştir. Yapay aydınlatma durumunda ise yalnızca 14 ve 15 numaralı ölçüm referans noktalarında standarda uygun aralıkta aydınlık düzeyi sağlanmıştır. Bütünleşik aydınlatma ile 1-9 ve 12 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyi, 500-1000lx aralığında standarda uygun olarak tespit edilmiştir.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 11 ve 12 numaralı, yapay aydınlatma ile 14 numaralı referans ölçüm noktasında standarda uygun aralıkta aydınlık düzeyi ölçülmüştür. Bütünleşik aydınlatmada ise öğle saatiyle benzer biçimde 1-8 ve 12 numaralı referans noktalarını kapsayan bölgelerde istenen aydınlık düzeyinin sağlandığı belirlenmiştir (Tablo 37).

3.3.3. İkinci Kat Derslikler

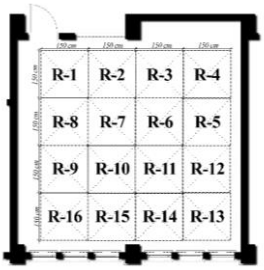
- Derslik 12

Tablo 38. İkinci kat Derslik 12'nin ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 12

KONUMU

ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Ocak 09:00-10:00			Ocak 12:00-13:00			Ocak 15:00-16:00		
Ölçüm Referans Noktaları	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
R-1	**449**	446	**645**	178	203	340	45	192	244
R-2	**504**	452	**765**	166	169	292	44	137	259
R-3	**552**	428	**779**	124	224	323	42	187	193
R-4	**594**	402	**651**	119	155	248	32	151	175
R-5	**744**	**600**	**976**	218	262	214	45	132	170
R-6	**780**	**506**	**945**	248	216	417	51	140	162
R-7	**662**	**542**	**762**	255	237	428	64	172	217
R-8	**515**	432	**681**	249	259	445	67	190	246
R-9	**740**	**806**	**932**	467	358	**762**	69	226	317
R-10	**978**	**660**	1040	324	333	**575**	139	165	224
R-11	1270	**732**	1452	330	290	**576**	102	226	295
R-12	2041	461	2233	280	257	395	92	130	273
R-13	4000	1358	4000	1115	317	1125	306	208	468
R-14	2106	1290	2144	1110	261	1184	373	220	479
R-15	2028	1262	2169	1134	272	1311	324	232	**513**
R-16	4000	1144	3904	1139	412	1303	350	256	**550**

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 2-10 numaralı, yapay aydınlatma ile 5-7 ve 9-11 numaralı ve bütünleşik aydınlatma durumunda 1-9 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenen aralıkta olduğu tespit edilmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında ve yalnızca yapay ışık kaynaklarının kullanımıyla hiçbir ölçüm referans noktasında standarda uygun aralıkta aydınlık düzeyi tespit edilememiştir. Bütünleşik aydınlatma durumunda ise 1-8 numaralı noktalar minimum 500lx'ten daha az, 9-11 numaralı noktalar standarda uygun ve 13-16 numaralı noktalarda ise maksimum 1000lx'ten daha yüksek aydınlık düzeyi ölçülmüştür.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca bütünleşik aydınlatma durumunda 14-16 numaralı referans noktalarında standarda uygun aralıkta (500-1000lx) aydınlık düzeyi sağlandığı belirlenmiştir (Tablo 38).

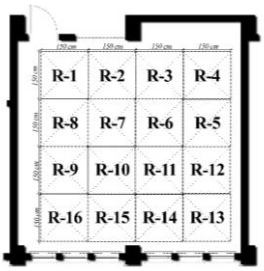
- Derslik 14

Tablo 39. İkinci kat Derslik 14'ün ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 14

KONUMU

ÖLÇÜMREFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar		Ocak 09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
		DA	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
Ölçüm Referans Noktaları	R-1	**607**	495	**852**	172	154	245	130	195	214
	R-2	**560**	454	**798**	133	199	245	100	198	236
	R-3	**570**	**507**	**792**	116	173	265	97	219	256
	R-4	**444**	346	**579**	83	128	261	80	181	232
	R-5	**843**	445	**844**	182	132	299	158	242	241
	R-6	**866**	**616**	1004	231	210	358	175	228	302
	R-7	**871**	**530**	**925**	242	196	363	186	242	317
	R-8	**756**	**580**	**929**	256	245	**554**	205	253	381
	R-9	1051	**846**	1342	**520**	303	**571**	367	295	423
	R-10	**811**	**710**	**961**	372	270	455	271	258	450
	R-11	1260	**757**	1526	394	284	452	273	289	462
	R-12	1093	**540**	1579	273	217	372	221	246	385
	R-13	3540	1170	4000	1052	386	1190	**933**	389	1159
	R-14	1819	1307	2052	1029	443	1216	**999**	423	1288
	R-15	1833	1443	2182	1084	424	1257	**960**	414	1191
	R-16	2220	1032	2362	1200	432	1441	1151	406	1238

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 1-3, 5-8 ve 10 numaralı, yapay aydınlatma kullanıldığında 3 ve 6-12 numaralı, bütünleşik aydınlatma durumunda ise 1-5, 7-8 ve 10 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun aralıkta olduğu tespit edilmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 9 numaralı ve bütünleşik aydınlatma durumunda 8-9 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta belirtilen minimum 500lx'ten yüksek değerde olduğu tespit edilmiştir. Yalnızca yapay ışık kaynaklarının kullanımıyla çalışma düzlemi üzerindeki hiçbir referans noktasında standarda uygun aralıkta aydınlık düzeyi ölçülmemiştir.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığından yararlanılan durumunda 13-15 numaralı referans noktalarında 500-1000 lx aralığı sağlanmıştır. Yapay aydınlatma armatürleriyle aydınlık düzeyi 500 lx seviyesine ulaşamamış, bütünleşik aydınlatma durumunda da 1-12 numaralı referans noktalarında benzer durum olduğu saptanmıştır (Tablo 39).

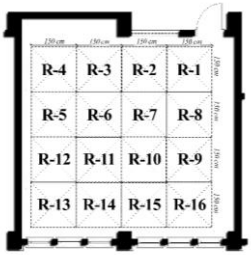
- Derslik 16

Tablo 40. İkinci kat Derslik 16'nın ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 16

KONUMU

ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Ocak 09:00-10:00			Ocak 12:00-13:00			Ocak 15:00-16:00		
Ölçüm Referans Noktaları	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
R-1	**552**	437	**527**	199	258	380	111	245	295
R-2	446	361	**573**	190	238	357	108	189	267
R-3	425	395	**545**	197	273	413	107	251	314
R-4	277	320	**554**	183	234	359	98	210	368
R-5	358	385	**573**	222	276	423	257	260	301
R-6	507	405	**655**	230	246	381	136	280	280
R-7	**785**	**535**	**891**	212	244	380	123	225	302
R-8	**870**	**557**	**967**	193	183	382	123	246	287
R-9	**515**	**772**	1507	**540**	295	**706**	407	255	**513**
R-10	425	**522**	**952**	**538**	255	**644**	319	215	456
R-11	**716**	457	**792**	**514**	305	**791**	268	251	452
R-12	414	303	**963**	428	372	**602**	269	162	453
R-13	1325	**542**	1349	1302	478	1342	1025	385	1064
R-14	1549	**873**	1559	1296	463	1435	1003	314	1150
R-15	1142	1224	1210	1113	417	1268	**915**	303	1166
R-16	2330	1655	4000	**651**	319	**782**	**594**	265	1265

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 1, 6-9 ve 11 numaralı ölçüm referans noktalarında standarda uygun aralıkta aydınlık düzeyi ölçülmüştür. Yapay aydınlatma durumunda 7-10 ve 13-14 numaralı ölçüm referans noktalarında 500-1000lx aralığında standarda uygun değerler elde edilmiştir. Bütünleşik aydınlatma durumunda 1-8 ve 10-12 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenilen aralıkta olduğu tespit edilmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında ve bütünleşik aydınlatma durumunda 9-12 ve 16 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenilen aralıkta olduğu tespit edilmiştir. Yalnızca yapay aydınlatma armatürlerinin kullanımıyla istenilen minimum 500lux aydınlık düzeyi sağlanamamıştır.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığından yararlanılan durumunda 15-16 numaralı referans noktalarında istenilen düzeyde aydınlık sağlanmıştır (Tablo 40).

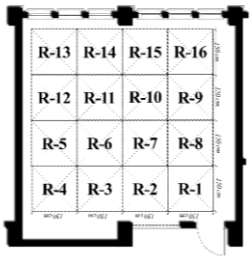
- Derslik 17

Tablo 41. İkinci kat Derslik 17'nin ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 17

KONUMU

ÖLÇÜMREFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Ocak								
	09:00-10:00			**12:00-13:00**			**15:00-16:00**		
Ölçüm Referans Noktaları	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
R-1	176	292	387	175	221	336	181	264	362
R-2	183	155	322	178	251	292	172	198	301
R-3	172	200	364	174	203	312	132	217	333
R-4	169	160	262	140	155	240	118	219	297
R-5	251	233	441	206	170	334	179	231	313
R-6	231	242	447	212	209	373	234	210	375
R-7	206	221	438	218	211	387	261	234	439
R-8	169	246	400	205	244	403	270	264	440
R-9	317	288	**517**	332	288	462	452	308	**676**
R-10	290	189	451	266	209	429	395	255	**562**
R-11	280	266	473	287	259	432	400	290	**598**
R-12	250	144	467	231	252	355	255	256	433
R-13	445	303	481	**525**	303	**694**	**701**	359	**902**
R-14	476	276	**682**	**615**	398	**800**	**998**	385	1297
R-15	405	300	**641**	**534**	304	**719**	**957**	367	1147
R-16	489	313	**767**	**586**	317	**815**	**909**	387	1146

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ve yapay aydınlatma durumunda çalışma düzlemi üzerinden ölçüm yapılan referans noktalarının hiçbirinde standarda uygun aydınlık düzeyi ölçülmemiştir. Yalnızca bütünleşik aydınlatma durumunda 14-16 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun aralıkta (500-1000lx) olduğu tespit edilmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ile bütünleşik aydınlatma durumunda benzer biçimde 13-16 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun olduğu belirlenmiştir. Yalnızca yapay ışık kaynaklarının kullanımıyla standarda uygun aydınlık düzeyi sağlanamamıştır.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 13-16 numaralı ölçüm referans noktalarında standarda uygun aydınlık düzeyi sağlanmıştır. Yapay aydınlatma durumunda ise hiçbir ölçüm referans noktasında standartta belirtilen minimum 500lx değeri karşılanamamıştır. Bütünleşik aydınlatma durumunda da 9-11 ve 13 numaralı referans noktalarında standarda uygun aralıkta (500-1000lx) aydınlık düzeyi sağlanmıştır (Tablo 41).

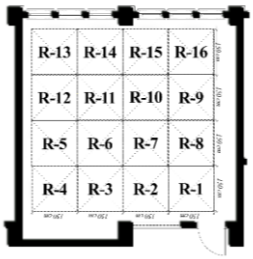
- Derslik 20

Tablo 42. İkinci kat Derslik 20'nin ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 20

KONUMU

ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Ocak								
	09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
Ölçüm Referans Noktaları	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
R-1	152	263	318	109	205	294	142	232	351
R-2	157	159	272	119	261	222	166	151	308
R-3	144	204	341	111	251	288	154	227	324
R-4	147	219	323	122	178	285	123	225	301
R-5	228	251	363	172	266	366	202	261	413
R-6	235	172	389	179	197	310	243	192	356
R-7	288	231	250	155	248	325	211	238	400
R-8	167	189	246	147	197	299	208	206	379
R-9	292	272	435	275	290	448	464	305	**694**
R-10	247	212	384	235	225	333	416	251	**580**
R-11	299	283	455	275	298	405	378	351	**558**
R-12	250	288	382	218	243	335	304	363	**501**
R-13	**505**	346	**604**	387	358	**700**	**880**	389	**509**
R-14	485	319	**512**	388	352	**690**	1424	475	1305
R-15	480	290	**652**	**565**	351	**696**	1063	436	1266
R-16	**544**	299	**603**	**659**	310	**745**	1337	324	1490

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 13 ve 16 numaralı ölçüm referans noktalarında standarda uygun aydınlık düzeyi sağlanmıştır. Bunun aksine yapay aydınlatma durumunda ise çalışma düzlemi üzerinde yer alan hiçbir referans noktasında standarda uygun aydınlık düzeyi ölçülmemiştir. Bütünleşik aydınlatma durumunda 13-16 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyi minimum 500lx değerini karşılandığından standarda uygun olduğu belirlenmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 15-16 numaralı, bütünleşik aydınlatma durumunda ise 13-16 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin 500-1000lx değerleri arasında olduğu saptanmıştır. Yapay ışık kaynaklarının kullanımıyla ise hiçbir referans noktasında standarda uygun aydınlık düzeyi değeri ölçülmemiştir.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda yalnızca 13 numaralı, bütünleşik aydınlatma durumunda ise 13-16 numaralı ölçüm referans noktalarında standarda uygun değerler ölçülmüştür. Yapay ışık kaynakları derslikte çalışma düzlemi üzerinde hiçbir ölçüm referans noktasında standarda uygun aydınlık düzeyi sağlayamadığı tespit edilmiştir (Tablo 42).

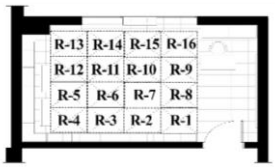
- Derslik 21

Tablo 43. İkinci kat Derslik 21'in ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 21

KONUMU

ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Ocak								
	$09^{:00}$-$10^{:00}$			$12^{:00}$-$13^{:00}$			$15^{:00}$-$16^{:00}$		
Ölçüm Referans Noktaları	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
R-1	51	113	68	73	127	182	61	110	102
R-2	21	102	110	54	126	163	48	114	110
R-3	35	170	162	77	160	210	36	181	141
R-4	32	115	122	60	95	152	35	93	133
R-5	65	231	242	113	234	316	76	227	205
R-6	88	190	168	138	186	212	32	151	277
R-7	49	135	166	143	173	236	104	125	153
R-8	43	163	176	133	194	265	86	156	173
R-9	192	188	270	277	260	416	291	204	276
R-10	168	176	193	192	215	308	131	271	206
R-11	159	238	299	174	281	370	149	241	238
R-12	107	195	176	148	190	389	96	213	233
R-13	240	170	395	**501**	305	**563**	312	220	461
R-14	197	208	339	**657**	333	**751**	333	253	422
R-15	265	242	464	**534**	389	**704**	309	273	453
R-16	78	206	241	267	280	439	138	225	250

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, tüm ölçüm durumlarının derslikte çalışma düzlemi üzerinden 16 farkı noktadan yapılan aydınlık düzeyi ölçüm değerlerinin tamamının standarda uygun olmadığı belirlenmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda pencere kenarını kapsayan 13-16 numaralı ölçüm referans noktalarında standarda uygun aydınlık düzeyi sağlanmıştır. Yapay ışık kaynakları ise derslikte standartta belirtilen düzeyde (minimum 500lx) aydınlık sağlayamamış, yetersiz kalmıştır. Bütünleşik aydınlatma durumunda 13-15 numaralı referans noktalarında istenilen minimum 500lx aydınlık düzeyi ölçülmüştür.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, tüm ölçüm durumlarının derslikte çalışma düzlemi üzerinden 16 farkı noktadan yapılan aydınlık düzeyi ölçüm değerlerinin tamamının standarda uygun olmadığı belirlenmiştir (Tablo 43).

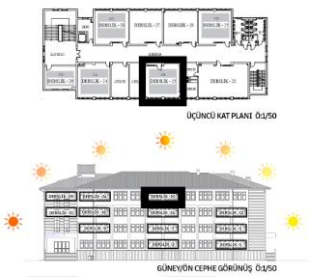
3.3.4. Üçüncü Kat Derslikler

- Derslik 23

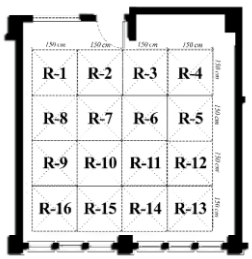
Tablo 44. Üçüncü kat Derslik 23'ün ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 23

KONUMU



ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Ocak 09:00-10:00			Ocak 12:00-13:00			Ocak 15:00-16:00		
Ölçüm Referans Noktaları	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
R-1	383	379	**573**	89	232	300	45	192	244
R-2	446	352	**600**	82	156	236	44	137	159
R-3	452	397	**623**	90	200	277	41	187	293
R-4	344	265	**590**	72	181	215	32	151	175
R-5	330	**556**	**867**	125	248	327	45	132	170
R-6	**612**	**512**	**704**	140	201	282	51	140	162
R-7	**585**	**508**	**738**	146	196	326	64	172	217
R-8	**509**	**517**	**649**	135	228	338	67	190	246
R-9	**998**	**757**	1303	287	279	436	69	226	317
R-10	**900**	**700**	1180	199	295	383	139	265	224
R-11	**914**	**703**	1179	210	257	437	102	226	295
R-12	**761**	**619**	1156	183	122	348	92	130	173
R-13	1397	1595	1584	**777**	382	**897**	53	208	468
R-14	2013	1404	2229	**718**	393	**981**	306	207	479
R-15	3000	1348	4000	**760**	358	**995**	373	232	**513**
R-16	2326	1367	2448	**677**	373	**940**	324	256	**550**

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 6-12 numaralı, yapay aydınlatma durumunda 5-12 numaralı ve bütünleşik aydınlatma durumunda 1-8 numaralı referans ölçüm noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun aralıkta olduğu tespit edilmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ile bütünleşik aydınlatma durumunda benzer biçimde 13-16 numaralı referans noktasında 500lx aydınlık düzeyi sağlanmıştır. Yapay aydınlatma durumunda ise referans noktalarının hiçbirinde aydınlık düzeyinin standarda uygun olmadığı belirlenmiştir.

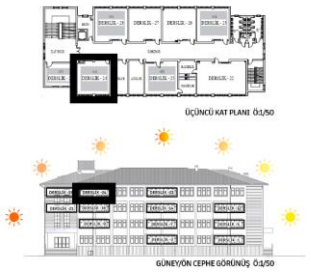
Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca bütünleşik aydınlatma durumunda 15 ve 16 numaralı referans ölçüm noktasında 500lx aydınlık düzeyi sağlanmıştır. Doğal ve yapay aydınlatma durumunda ölçüm referans noktalarının hiçbirinde standarda uygun aralıkta (500-1000lx) aydınlık düzeyi değeri ölçülmemiştir (Tablo 44).

- Derslik 24

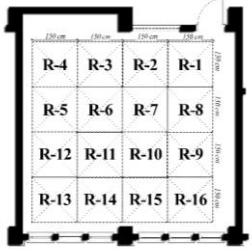
Tablo 45. Üçüncü kat Derslik 24'ün ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 24

KONUMU



ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar		Ocak 09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
		DA	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
Ölçüm Referans Noktaları	R-1	477	300	**565**	114	113	203	65	65	117
	R-2	435	272	**535**	117	141	284	61	165	169
	R-3	422	240	**539**	123	150	298	67	178	182
	R-4	367	408	487	111	134	283	69	184	179
	R-5	340	380	487	142	180	323	85	202	224
	R-6	433	346	**535**	75	73	247	84	131	269
	R-7	481	342	**525**	122	99	294	75	97	128
	R-8	**521**	433	**644**	141	153	259	65	161	89
	R-9	**1000**	**730**	**760**	331	177	245	191	155	285
	R-10	**816**	**681**	1209	356	178	498	190	142	279
	R-11	**700**	**567**	**948**	300	182	471	299	192	299
	R-12	**526**	**569**	**697**	311	118	357	215	172	204
	R-13	2137	1248	2182	**851**	257	**871**	**524**	108	**542**
	R-14	2903	1843	2913	**854**	266	**796**	442	103	450
	R-15	2014	1266	2133	**834**	314	**695**	394	204	481
	R-16	2309	1391	2390	**740**	243	**755**	420	160	468

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 8-12 numaralı, yapay aydınlatma durumunda 9-12 numaralı ölçüm referans noktalarında standarda uygun aydınlık düzeyi ölçülmüştür. Bütünleşik aydınlatma durumunda 1-3, 6-9 ve 11-12 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta belirtilen aralıkta (500-1000lx) olduğu tespit edilmiştir. Doğal, yapay ve bütünleşik aydınlatma durumlarının tamamında 13-16 numaralı referans noktalarını kapsayan pencere kenarında çalışma düzlemi üzerinde maksimum 1000lx değerinden fazla değerler ölçülmüştür.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ve bütünleşik aydınlatma durumunda benzer biçimde 13-16 numaralı referans noktasında standarda uygun aydınlık düzeyi sağlanmıştır. Yapay ışık kaynakları derslikteki çalışma düzlemi üzerinde hiçbir noktada minimum aydınlık düzeyi değerini (500lx) karşılamamıştır.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ve bütünleşik aydınlatma durumunda benzer biçimde 13 numaralı referans noktasında standarda uygun aydınlık düzeyi sağlanmıştır. (Tablo 45).

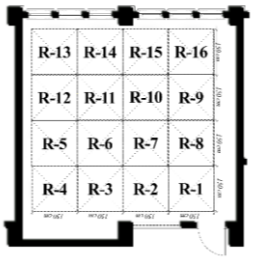
- Derslik 25

Tablo 46. Üçüncü kat Derslik 25'in ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 25

KONUMU

ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Ocak								
	09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
Ölçüm Referans Noktaları	DA	YA	BA	DA	YA	BA	DA	YA	BA
R-1	195	152	365	194	149	341	157	192	266
R-2	173	181	312	174	272	302	136	173	265
R-3	164	227	361	173	207	340	123	215	290
R-4	165	162	315	170	186	329	116	184	254
R-5	202	260	395	208	212	338	158	251	360
R-6	160	262	358	218	167	336	206	162	325
R-7	196	210	438	238	199	371	223	201	372
R-8	190	248	406	239	235	412	226	240	418
R-9	310	292	**535**	362	303	**576**	404	286	**580**
R-10	256	215	359	310	254	**507**	308	213	445
R-11	274	215	466	293	274	**504**	299	275	**502**
R-12	164	261	344	313	333	336	230	276	379
R-13	467	144	**725**	**557**	316	**704**	**635**	332	**761**
R-14	475	258	**626**	**732**	309	**920**	**690**	359	**821**
R-15	462	314	**659**	**669**	290	**814**	**659**	324	**809**
R-16	**586**	358	**684**	**507**	375	**900**	**815**	305	1034

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma durumunda ise 13-16 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin istenilen aralıkta olduğu tespit edilmiştir. Yapay ışık kaynaklarının tek başına kullanılmasıyla standarda uygun aydınlık düzeyi sağlanamadığı tespit edilmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 13-16 numaralı, bütünleşik aydınlatma durumunda 9-11 ve 13-16 numaralı ölçüm referans noktasında standarda uygun aydınlık düzeyi sağlanmıştır. Buna karşın, yapay aydınlatma armatürlerinin tek başına kullanılması derslikte minimum aydınlık düzeyi değerini (500lx) karşılamamıştır.

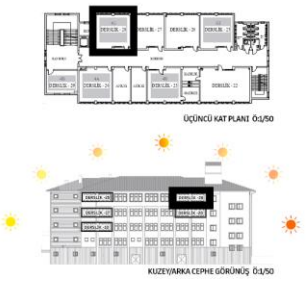
Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 13-16 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyi istenilen seviyedeyken, yapay aydınlatma kaynakları bu saat aralığında da yetersiz kalmıştır. Bütünleşik aydınlatma durumunda ise 9,11 ve 13-15 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin istenilen aralıkta olduğu tespit edilmiştir (Tablo 46).

- Derslik 28

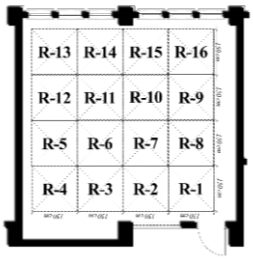
Tablo 47. Üçüncü kat Derslik 28'in ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 28

KONUMU



ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Ocak								
	$09^{:00}$-$10^{:00}$			$12^{:00}$-$13^{:00}$			$15^{:00}$-$16^{:00}$		
Ölçüm Referans Noktaları	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
R-1	133	202	289	110	245	309	136	190	300
R-2	149	181	286	114	135	235	101	134	255
R-3	171	213	310	106	197	392	107	203	303
R-4	159	188	290	103	184	273	113	191	258
R-5	234	264	466	107	240	346	144	228	360
R-6	200	179	348	143	168	303	180	175	308
R-7	188	216	376	142	228	309	196	213	374
R-8	163	242	389	137	276	331	194	247	403
R-9	260	276	460	257	193	454	437	288	**595**
R-10	266	208	379	258	142	363	362	256	**501**
R-11	245	259	433	221	276	403	294	290	**527**
R-12	234	185	362	276	289	318	201	242	244
R-13	430	335	**600**	410	295	**575**	**618**	**502**	**817**
R-14	**529**	330	**698**	**592**	289	**770**	1230	460	1529
R-15	474	297	**648**	401	305	**742**	**956**	285	1238
R-16	465	314	**671**	**558**	335	**715**	1058	326	1218

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 14 numaralı, bütünleşik aydınlatma durumunda 14-16 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun aralıkta olduğu tespit edilmiştir. Yapay aydınlatma durumunda hiçbir referans noktasında 500-1000lx aralığında aydınlık düzeyi değeri ölçülmemiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ile 14 ve 16 numaralı, bütünleşik aydınlatma durumunda 13-16 numaralı referans noktasında istenen aydınlık düzeyinin olduğu saptanmıştır. Yapay ışık kaynaklarının tek başına kullanılması derslikte minimum aydınlık düzeyi değerini karşılamamıştır.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 13 ve 15 numaralı, yapay aydınlatma durumunda yalnızca 13 ve bütünleşik aydınlatma durumunda 9-11 ve 13 numaralı referans noktasında 500 lx aydınlık düzeyi sağlanmıştır (Tablo 47).

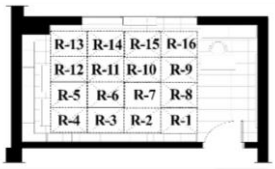
- Derslik 29

Tablo 48. Üçüncü kat Derslik 29'un ocak ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 29

KONUMU

ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar		Ocak 09:00-10:00			Ocak 12:00-13:00			Ocak 15:00-16:00		
		DA	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
Ölçüm Referans Noktaları	R-1	213	337	402	51	282	316	7	223	258
	R-2	190	297	353	56	205	123	21	221	179
	R-3	223	300	410	65	195	213	22	137	201
	R-4	201	253	332	35	165	150	17	265	90
	R-5	268	446	**622**	87	292	332	40	184	297
	R-6	370	404	**548**	93	245	262	48	222	291
	R-7	318	383	**554**	86	267	306	46	234	274
	R-8	252	354	437	60	255	242	33	232	245
	R-9	**544**	**550**	**804**	150	245	356	38	268	331
	R-10	461	**565**	1017	158	285	366	75	268	348
	R-11	418	487	1036	131	284	310	49	200	338
	R-12	288	354	**768**	36	238	302	43	183	351
	R-13	1188	**648**	1690	242	239	464	93	216	261
	R-14	1127	**705**	1243	308	280	492	145	259	326
	R-15	1248	**848**	1300	317	356	447	145	174	367
	R-16	334	**517**	**594**	83	249	291	28	157	218

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 9 numaralı, yapay aydınlatma ile 9-10 ve 13-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma durumunda 5-7, 9, 12 ve 16 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta istenilen aralıkta olduğu tespit edilmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal, yapay ve bütünleşik aydınlatma durumlarının tamamında aydınlık düzeyinin istenen aralıkta olmadığı belirlenmiştir.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal, yapay ve bütünleşik aydınlatma durumlarının tamamında aydınlık düzeyinin istenen aralıkta olmadığı tespit edilmiştir. Doğal aydınlatma durumunda dersliğin koridor tarafını kapsayan 1-8 numaralı ölçüm referans noktalarında 50lx değerinin altında aydınlık düzeyi ölçülmüştür. Bununla birlikte dersliğin pencere kenarını kapsayan 13-15 numaralı referans ölçüm noktalarında 150lx değerinin altında aydınlık düzeyi değeri ölçülmüştür (Tablo 48).

3.4. Nisan Ayı Mevcut Aydınlık Düzeyi Ölçümlerine Yönelik Bulgular

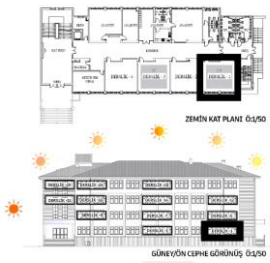
3.4.1. Zemin Kat Derslikler

- **Derslik 1**

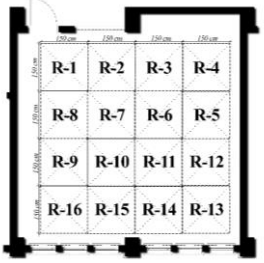
Tablo 49. Zemin kat Derslik 1'in nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 1

KONUMU



ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar		Nisan 09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
		DA	YA	BA	DA	YA	BA	DA	YA	BA
Ölçüm Referans Noktaları	R-1	**836**	413	**871**	392	331	**624**	149	293	**577**
	R-2	**697**	470	**670**	336	361	**518**	128	278	**596**
	R-3	**705**	430	**700**	328	345	**519**	107	269	**553**
	R-4	455	454	**596**	261	309	410	89	228	266
	R-5	**591**	423	1024	355	370	**504**	113	248	279
	R-6	**939**	458	1023	485	305	**569**	152	256	**567**
	R-7	**911**	**558**	1037	**502**	396	**580**	160	216	350
	R-8	1041	**632**	1156	**504**	393	**686**	166	305	**592**
	R-9	1559	**777**	1391	**825**	489	**946**	274	302	**696**
	R-10	1087	**885**	1324	**930**	494	**988**	260	298	**570**
	R-11	1098	**824**	1142	**833**	447	**878**	195	401	**605**
	R-12	**789**	**795**	**805**	**622**	469	**946**	**579**	236	358
	R-13	4000	**988**	4000	**980**	411	1002	**513**	249	**750**
	R-14	4000	**957**	4000	1208	**503**	1337	**515**	287	**831**
	R-15	4000	1050	4000	1888	**506**	2018	**591**	266	**706**
	R-16	4000	1574	4000	1652	**591**	2063	**538**	297	**994**

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 1-3, 5-7 ve 12 numaralı, yapay aydınlatmada 7-14 numaralı, bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde ise 1-4 ve 12 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun aralıkta olduğu tespit edilmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, günışığı ile 7-13 numaralı, yapay aydınlatma kullanıldığında 14-16 numaralı, bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 1-3, 5-12 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyi 500-1000 lx aralığında olduğu belirlenmiştir.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 12-16 numaralı referans noktalarında standarda uygun aydınlık düzeyi ölçülmüştür. Bütünleşik aydınlatma durumunda ise 8-11 ve 13-16 numaralı referans ölçüm noktalarında standartta belirtilen minimum 500lx aydınlık düzeyi sağlanmıştır. Yapay aydınlatma ile hiçbir referans noktasında yeterli aydınlık düzeyi ölçülmemiştir (Tablo 49).

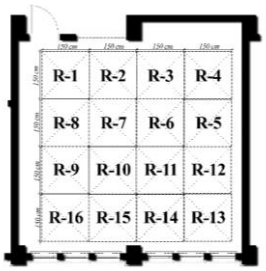
- Derslik 3

Tablo 50. Zemin kat Derslik 3'in nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 3

KONUMU

ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar		Nisan								
		$09^{:00}$-$10^{:00}$			$12^{:00}$-$13^{:00}$			$15^{:00}$-$16^{:00}$		
		DA	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
Ölçüm Referans Noktaları	R-1	**916**	**565**	**964**	385	367	**614**	222	342	**505**
	R-2	**783**	**598**	**847**	327	341	**626**	222	340	408
	R-3	**625**	**567**	**874**	328	358	**561**	200	339	385
	R-4	470	**591**	**733**	244	297	**518**	178	263	288
	R-5	**638**	483	**765**	347	279	**501**	203	245	273
	R-6	**892**	459	**927**	453	225	**582**	238	246	308
	R-7	1007	**523**	1026	472	286	**698**	246	227	358
	R-8	1131	**636**	**875**	486	263	**672**	252	246	**530**
	R-9	1706	**742**	**958**	**798**	301	**961**	363	259	**665**
	R-10	1617	**820**	1409	**813**	250	**941**	352	206	**544**
	R-11	1480	**774**	1263	**791**	318	**829**	150	263	**583**
	R-12	1106	**868**	1381	**621**	385	**809**	279	224	496
	R-13	4000	1217	4000	2023	**686**	2060	**662**	370	**788**
	R-14	4000	1398	4000	1844	**672**	1922	**677**	353	**732**
	R-15	4000	1454	4000	1657	**638**	1933	**665**	364	**737**
	R-16	4000	1026	4000	1660	**520**	1994	**601**	389	**964**

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ile 1-3 ve 5-6 numaralı, yapay aydınlatma durumunda 1-4 ile 7-12 numaralı, bütünleşik aydınlatma durumunda ise 1-6, 8-9 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun aralıkta olduğu tespit edilmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 9-12 numaralı, yapay aydınlatma durumunda 13-16 numaralı ölçüm referans noktalarında standarda uygun aralıkta aydınlık düzeyi ölçülmüştür. Bütünleşik aydınlatma durumunda 1-12 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta belirtilen 500-1000lx aralığında olduğu belirlenmiştir.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 13-16 numaralı ölçüm referans noktalarında standarda uygun aralıkta aydınlık düzeyi ölçülmüştür. Bütünleşik aydınlatma durumunda ise 1, 8-11 ve 13-16 numaralı referans noktalarında 500-1000lx aralığında aydınlık değeri tespit edilmiştir. Yapay ışık kaynakları çalışma düzlemi üzerinde yer alan referans noktalarının hiçbirinde standarda uygun aydınlık düzeyi ölçülmemiştir (Tablo 50).

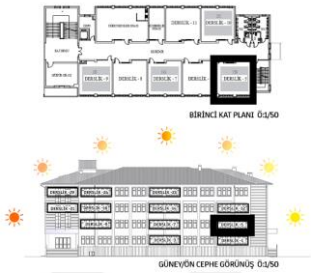
3.4.2. Birinci Kat Derslikler

- Derslik 5

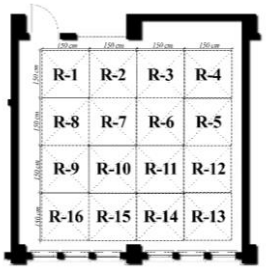
Tablo 51. Birinci kat Derslik 5'in nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 5

KONUMU



ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Nisan 09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
Ölçüm Referans Noktaları	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
R-1	**798**	444	**825**	332	349	**626**	133	212	415
R-2	**752**	462	**704**	342	321	**646**	127	239	432
R-3	**644**	426	**682**	320	298	**543**	108	205	414
R-4	461	436	**554**	252	275	**577**	97	206	392
R-5	**630**	**524**	**595**	349	319	**532**	112	357	479
R-6	**901**	**582**	**837**	466	368	483	151	331	424
R-7	**987**	**599**	**903**	475	352	**610**	158	344	476
R-8	1070	**550**	1021	465	361	**578**	266	339	447
R-9	1639	**570**	1530	**779**	376	**895**	274	346	**510**
R-10	1477	**591**	1562	**847**	374	**944**	265	365	**525**
R-11	1433	**655**	1556	**846**	488	1002	254	319	**526**
R-12	**971**	**586**	1142	**612**	440	**848**	193	293	457
R-13	3011	1307	3380	1999	**535**	2026	**586**	459	**747**
R-14	2986	1029	3096	1670	**531**	1696	**544**	329	**990**
R-15	3587	**940**	3788	1623	**597**	2255	**595**	353	**704**
R-16	2107	**936**	2501	1608	**539**	2052	**746**	334	**996**

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 1-3, 5-7 ve 12 numaralı, yapay aydınlatma kullanıldığında 5-12 ve 15-16 numaralı, bütünleşik aydınlatma durumunda ise 1-7 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun aralıkta olduğu saptanmıştır.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 9-12 numaralı, yapay aydınlatma durumunda 13-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma durumunda da 1-5, 7-10 ve 12 numaralı ölçüm referans noktalarında standartta belirtilen minimum 500lx aydınlık düzeyi karşılanmıştır.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ile 13-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma durumunda 9-11 ve 13-16 numaralı referans noktalarında 500-1000lx aralığında aydınlık düzeyi değeri tespit edilmiştir. Yapay ışık kaynakları ise yeterli aydınlık düzeyinin sağlanmasında etkili olmamıştır (Tablo 51).

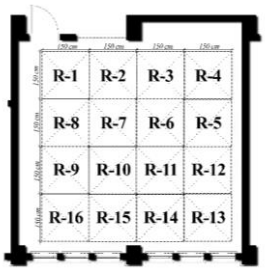
- Derslik 7

Tablo 52. Birinci kat Derslik 7'nin nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 7

KONUMU

ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar		Nisan								
		$09^{:00}$-$10^{:00}$			$12^{:00}$-$13^{:00}$			$15^{:00}$-$16^{:00}$		
		DA	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
Ölçüm Referans Noktaları	R-1	**901**	**573**	**945**	351	359	**568**	131	287	482
	R-2	**812**	**575**	**949**	398	310	**569**	110	259	445
	R-3	**673**	**583**	**935**	320	315	**582**	107	261	497
	R-4	**539**	417	**830**	231	283	487	63	199	265
	R-5	**594**	425	**865**	331	337	**570**	133	295	273
	R-6	**835**	438	**853**	438	329	**532**	155	347	497
	R-7	**942**	421	**935**	444	317	**512**	186	345	439
	R-8	1023	452	1037	461	310	491	189	322	479
	R-9	1540	428	1697	**719**	371	**712**	369	360	**677**
	R-10	1369	**571**	1569	**765**	408	**798**	370	306	**552**
	R-11	1389	**589**	1518	**778**	419	**723**	352	294	357
	R-12	**987**	**553**	1068	**587**	394	**736**	276	259	349
	R-13	1862	**857**	2083	1836	**851**	1982	**591**	471	**848**
	R-14	4000	**985**	4000	1710	**765**	1958	**552**	467	**793**
	R-15	4000	**924**	4000	1567	**792**	1625	**516**	464	**694**
	R-16	4000	**901**	4000	1509	**689**	1695	**560**	389	**841**

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 1-7 ve 12 numaralı, yapay aydınlatma kullanıldığında 1-3 ve 10-16 numaralı, bütünleşik aydınlatma durumunda ise 1-7 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun aralıkta olduğu saptanmıştır. Bütünleşik aydınlatma durumunda 8-16 numaralı referans noktalarının, istenen 500-1000lx aydınlatma düzeyi değerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 9-12 numaralı, yapay aydınlatma durumunda 13-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma durumunda da 1-3, 5-7 ve 9-12 numaralı referans noktalarında standartta belirtilen minimum 500lx aydınlık düzeyine uygun gereksinme karşılanmıştır.

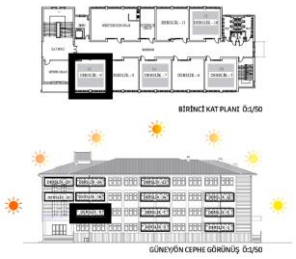
Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ile 13-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma durumunda 9-10 ve 13-16 numaralı referans noktalarında 500-1000lx aralığında aydınlık düzeyi değeri tespit edilmiştir. Yapay ışık kaynakları ise çalışma düzlemi üzerinde yer alan referans noktalarının hiçbirinde standarda uygun aydınlık düzeyi sağlayamamıştır (Tablo 52).

- Derslik 9

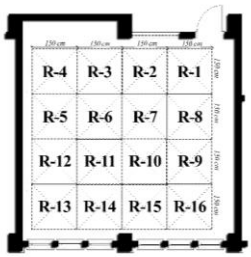
Tablo 53. Birinci kat Derslik 9'un nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 9

KONUMU



ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar		Nisan								
		$09^{:00}$-$10^{:00}$			$12^{:00}$-$13^{:00}$			$15^{:00}$-$16^{:00}$		
Ölçüm Referans Noktaları		**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
	R-1	**856**	378	**919**	405	278	**596**	134	291	**570**
	R-2	**794**	374	**925**	373	302	**593**	133	295	393
	R-3	**776**	369	**840**	333	347	**581**	125	293	388
	R-4	**676**	324	**689**	324	293	**605**	141	279	369
	R-5	**690**	386	**752**	328	317	**554**	148	294	318
	R-6	**952**	413	1108	447	348	**574**	162	317	**560**
	R-7	1086	**581**	1101	487	346	**596**	163	315	406
	R-8	1132	475	1182	499	354	**612**	302	323	**566**
	R-9	1742	**516**	2134	**831**	468	**980**	288	325	**678**
	R-10	1525	**575**	1858	**812**	**594**	**989**	298	377	**607**
	R-11	1424	**539**	2038	**710**	**591**	**786**	198	381	**569**
	R-12	1094	**524**	1458	**543**	446	**575**	**553**	295	**668**
	R-13	2027	**612**	4000	1439	**644**	1466	**639**	422	**767**
	R-14	1976	**678**	3006	1900	**543**	1964	**570**	425	1046
	R-15	2292	**726**	2546	1586	**516**	1697	**629**	486	**818**
	R-16	3141	**610**	3159	1914	417	1988	**623**	387	1038

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 1-6 numaralı, yapay aydınlatma kullanıldığında 7, 9-16 numaralı, bütünleşik aydınlatma durumunda ise 1-5 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun aralıkta olduğu belirlenmiştir. Bütünleşik aydınlatma durumunda 6-16 numaralı referans noktalarının maksimum gereksinme olan 1000 lx aydınlatma düzeyi değerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 9-12 numaralı, yapay aydınlatma durumunda 10,11 ve 13-15 numaralı ve bütünleşik aydınlatma durumunda da 1-12 numaralı referans noktalarında minimum 500 lx aydınlık düzeyi sağlanmıştır.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ile 12-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma durumunda 1,6, 8-13 ve 15 numaralı referans noktalarında 500-1000 lx aralığında aydınlık düzeyi değeri tespit edilmiştir. Yapay ışık kaynakları ise standarda uygun aydınlık düzeyi sağlamada yetersiz kalmıştır (Tablo 53).

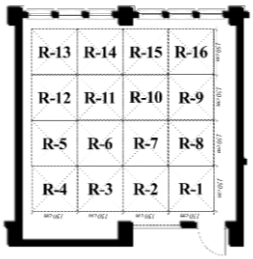
- Derslik 10

Tablo 54. Birinci kat Derslik 10'un nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 10

KONUMU

ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar		Nisan								
		$09^{:00}$-$10^{:00}$			$12^{:00}$-$13^{:00}$			$15^{:00}$-$16^{:00}$		
Ölçüm Referans Noktaları		**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
	R-1	320	482	**919**	405	392	**596**	442	412	**852**
	R-2	324	499	**925**	373	349	**593**	405	354	**851**
	R-3	312	486	**840**	333	368	**581**	381	361	**778**
	R-4	238	423	**553**	324	301	**605**	316	302	**680**
	R-5	346	474	**552**	328	338	**554**	407	348	**889**
	R-6	342	**512**	**627**	447	331	**574**	**516**	374	**978**
	R-7	371	**523**	**735**	487	357	**596**	**568**	405	**912**
	R-8	467	**547**	**734**	**501**	369	**612**	**962**	420	**925**
	R-9	494	**579**	**865**	**831**	373	**980**	**832**	**546**	1021
	R-10	479	**581**	**854**	**812**	366	**989**	**823**	465	1267
	R-11	458	**604**	1038	**710**	389	**786**	**514**	433	**839**
	R-12	372	**574**	**958**	**543**	328	**575**	**752**	376	2025
	R-13	**647**	1257	2390	1439	**623**	1466	1297	472	1111
	R-14	**759**	1126	3006	1900	**647**	1964	1266	**643**	1698
	R-15	**793**	**985**	2546	1586	**747**	1697	1339	**722**	2841
	R-16	**685**	**846**	3159	1914	**615**	1988	2418	**653**	4000

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 1-6 numaralı, yapay aydınlatma kullanıldığında 6-12 ve 15-16 numaralı, bütünleşik aydınlatma durumunda ise 1-5 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun aralıkta (500-1000lx) olduğu tespit edilmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 9-12 numaralı, yapay aydınlatma durumunda 13-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma durumunda da 1-12 numaralı referans ölçüm noktalarında standartta belirtilen minimum 500lx aydınlık düzeyi sağladığı belirlenmiştir.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 6-12 numaralı, yapay aydınlatma durumunda 14-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma durumunda ise 1-8 ve 12 numaralı referans noktalarında 500-1000lx aralığında aydınlık düzeyi değeri ölçülmüştür (Tablo 54).

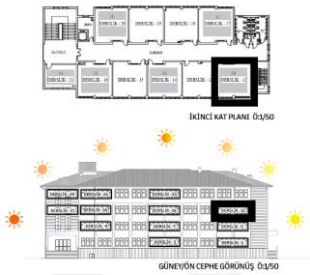
3.4.3. İkinci Kat Derslikler

- Derslik 12

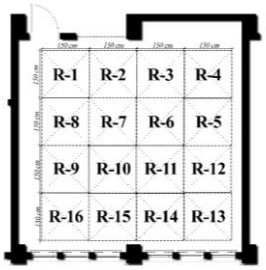
Tablo 55. İkinci kat Derslik 12'un nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 12

KONUMU



ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Nisan								
	09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
Ölçüm Referans Noktaları	DA	YA	BA	DA	YA	BA	DA	YA	BA
R-1	**801**	475	**819**	349	419	**631**	144	228	421
R-2	**757**	483	**702**	342	424	**640**	126	225	387
R-3	**630**	486	**711**	313	454	**512**	103	216	396
R-4	483	437	451	252	317	**575**	96	196	289
R-5	**622**	**595**	**586**	350	442	**529**	111	246	463
R-6	**891**	**617**	**926**	462	475	487	149	269	**523**
R-7	**985**	467	**904**	467	487	**609**	162	274	448
R-8	1070	**631**	1036	464	445	**574**	172	291	**547**
R-9	1637	**729**	1471	**704**	495	**743**	271	304	**692**
R-10	1469	**893**	1351	**844**	**501**	**882**	273	326	457
R-11	1406	**879**	1324	**920**	483	**975**	270	347	**503**
R-12	1028	**756**	1288	**796**	428	**895**	193	225	357
R-13	1450	1120	1380	1176	**512**	1320	**578**	488	**686**
R-14	4000	1285	4000	1172	**546**	1542	**504**	496	**885**
R-15	4000	1589	4000	1883	**578**	1922	**518**	420	**758**
R-16	2807	1025	3035	1599	484	2028	**643**	408	**993**

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 1-3 ve 5-7 numaralı, yapay aydınlatma kullanıldığında 5,6 ve 8-12 numaralı, bütünleşik aydınlatma durumunda ise 1-3 ve 5-7 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun olduğu belirlenmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 9-12 numaralı, yapay aydınlatma durumunda 10, 13-15 numaralı ve bütünleşik aydınlatma durumunda da 1-5 ve 7-12 numaralı referans noktalarında ölçülen aydınlık düzeyinin 500-1000lx aralığında standarda uygun olduğu saptanmıştır.

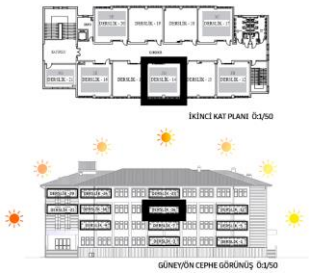
Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ile 13-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma durumunda 6, 8-9, 11 ve 13-16 numaralı referans noktalarında istenen düzeyde aydınlık sağlandığı görülmüştür. Yapay aydınlatma durumunda ise yapay ışık kaynaklarının standartta belirtilen aralıkta (500-1000lx) aydınlık düzeyi sağlayamadığından yetersiz olduğu tespit edilmiştir (Tablo 55).

- Derslik 14

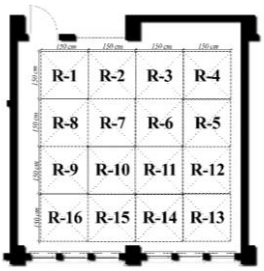
Tablo 56. İkinci kat Derslik 14'un nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 14

KONUMU



ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar		Nisan 09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
		DA	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
Ölçüm Referans Noktaları	R-1	**885**	482	**901**	347	375	**632**	147	210	331
	R-2	**813**	451	**911**	393	341	**655**	146	204	364
	R-3	**619**	460	**658**	323	368	**559**	117	224	308
	R-4	453	423	**610**	231	324	306	69	193	240
	R-5	**610**	**504**	**654**	329	339	468	138	231	279
	R-6	**859**	**527**	**966**	435	373	**582**	197	214	318
	R-7	**949**	**530**	**953**	458	391	477	192	221	367
	R-8	1001	**547**	1079	447	484	**608**	194	263	445
	R-9	1473	**549**	1551	**715**	483	**726**	254	241	390
	R-10	1339	**540**	1575	**765**	462	**854**	256	254	360
	R-11	1323	**563**	1385	**775**	401	**846**	253	263	369
	R-12	1001	**577**	1078	**577**	387	**855**	138	194	352
	R-13	4000	1187	4000	1871	**689**	2004	**563**	388	**695**
	R-14	1876	1267	2196	1731	**753**	1932	**597**	373	**795**
	R-15	4000	1982	4000	1566	**791**	1958	**516**	398	**743**
	R-16	1687	1495	2857	1496	**671**	2012	**623**	387	**970**

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 1-3 ve 5-7 numaralı, yapay aydınlatma kullanıldığında 5-12 numaralı, bütünleşik aydınlatma durumunda ise 1-7 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun olduğu belirlenmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 9-12 numaralı, yapay aydınlatma durumunda 13-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma durumunda da 1-3,6 ve 8-12 numaralı referans noktalarında ölçülen aydınlık düzeyinin 500-1000 lx aralığında olduğu saptanmıştır.

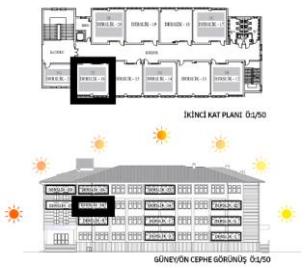
Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ve bütünleşik aydınlatma durumunda 13-16 numaralı referans noktalarında istenen düzeyde aydınlık sağlandığı görülmüştür. Yapay aydınlatma durumunda ise yapay ışık kaynaklarının istenen düzeyde aydınlık sağlayamadığından yetersiz olduğu tespit edilmiştir.

- Derslik 16

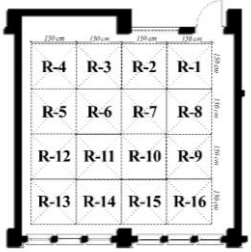
Tablo 57. İkinci kat Derslik 16'nın nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 16

KONUMU



ÖLÇÜMREFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar		Nisan 09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
		DA	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
Ölçüm Referans Noktaları	R-1	**812**	482	**942**	368	375	**595**	235	210	422
	R-2	**765**	451	**924**	346	341	**592**	233	204	423
	R-3	**765**	460	**685**	353	368	**580**	225	224	416
	R-4	**690**	423	**693**	321	324	353	196	193	349
	R-5	**683**	**504**	**754**	332	339	456	224	231	392
	R-6	**935**	**527**	**853**	448	373	**599**	361	214	**503**
	R-7	1039	**530**	**834**	467	391	**618**	363	221	**505**
	R-8	1081	**547**	1193	476	484	**735**	370	263	**518**
	R-9	1677	**549**	1751	**787**	483	**982**	476	241	**871**
	R-10	1496	**540**	1575	**777**	462	**988**	365	354	**660**
	R-11	1443	**563**	1585	**705**	401	**975**	455	397	**863**
	R-12	1039	**577**	1378	**533**	387	**583**	309	294	**535**
	R-13	4000	1187	4000	1383	**689**	1472	**549**	488	**767**
	R-14	2063	1267	2859	1880	**753**	1995	**638**	473	**1054**
	R-15	1954	1982	2504	1581	**791**	1636	**596**	**598**	**912**
	R-16	3051	1495	3214	1861	**671**	1990	**727**	**587**	**1044**

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ile 1-6 numaralı, yapay aydınlatma durumunda 5-12 numaralı ve bütünleşik aydınlatma durumunda da 1-7 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun olduğu belirlenmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 9-12 numaralı, yapay aydınlatma durumunda ile 13-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma durumunda 1-3 ve 6-12 numaralı ölçüm referans noktalarını kapsayan bölgelerde standartta belirtilen aralıkta (500-1000lx) ve yeterli aydınlık düzeyi ölçülmüştür.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 13-16, yapay aydınlatma durumunda 15-16 ve bütünleşik aydınlatma durumunda 6-16 numaralı ölçüm referans noktalarında 500-1000lx aralığında standarda uygun aydınlık düzeyi sağlanmıştır (Tablo 57).

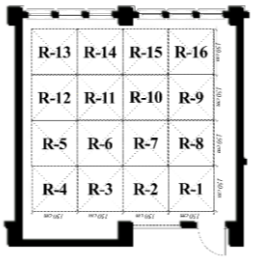
- Derslik 17

Tablo 58. İkinci kat Derslik 17'nin nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 17

KONUMU

ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Nisan								
	09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
Ölçüm Referans Noktaları	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
R-1	294	382	432	168	382	469	301	312	496
R-2	276	399	430	192	379	488	267	354	494
R-3	234	386	338	149	368	482	246	345	490
R-4	225	323	382	133	351	358	181	299	405
R-5	226	474	425	128	369	430	360	348	491
R-6	264	312	465	170	427	496	**530**	374	**649**
R-7	281	323	489	180	333	491	**609**	455	**765**
R-8	290	347	**602**	193	367	**632**	**607**	450	**867**
R-9	389	279	**627**	308	365	**673**	**639**	446	**943**
R-10	377	381	**678**	301	373	**674**	**606**	465	**880**
R-11	373	304	**759**	292	389	**685**	**912**	433	**973**
R-12	295	478	**684**	205	318	**674**	360	376	**607**
R-13	**547**	**504**	**842**	**513**	407	**586**	1025	472	1128
R-14	**679**	**553**	**869**	**712**	**526**	**882**	1025	**643**	2059
R-15	**603**	**567**	**905**	**823**	**678**	**848**	1490	**722**	1752
R-16	**685**	**501**	**982**	**931**	**598**	1319	1899	**653**	2238

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ile 13-16 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun aralıkta olduğu tespit edilmiştir. Yapay aydınlatma durumunda 13-16 numaralı referans noktalarını kapsayan bölgelerde 500-1000lx aralığında standarda uygun aydınlık değeri ölçülmüştür. Bütünleşik aydınlatma ile 8-16 numaralı referans noktaları standarda uygun aydınlık düzeyindeyken, 1-7 numaralı ölçüm referans noktalarını kapsayan bölgelerde 500lx değerinden düşük aydınlık düzeyi değeri ölçülmüştür.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 13-16 ve yapay aydınlatma durumunda 14-16 numaralı referans noktalarında istenen düzeyde aydınlık değeri ölçülmüştür. Bütünleşik aydınlatma durumunda ise 8-15 numaralı referans noktalarında minimum 500lx aydınlatma gereksinimi karşılanmıştır.

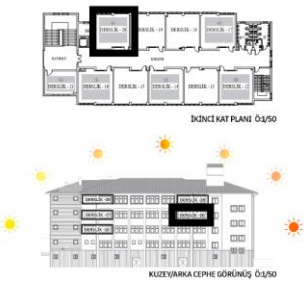
Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ile 6-12 numaralı ve yapay aydınlatma ile 14-16 numaralı ölçüm referans noktalarında, bütünleşik aydınlatma ile 6-12 numaralı ölçüm referans noktalarında standarda uygun düzeyde aydınlık değeri ölçülmüştür (Tablo 58).

- Derslik 20

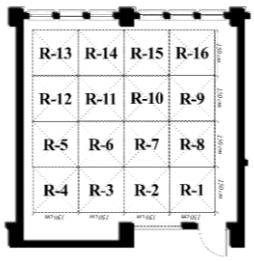
Tablo 59. İkinci kat Derslik 20'nin nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 20

KONUMU



ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar		Nisan								
		$09^{:00}$-$10^{:00}$			$12^{:00}$-$13^{:00}$			$15^{:00}$-$16^{:00}$		
Ölçüm Referans Noktaları		**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
	R-1	292	372	420	190	270	370	299	380	**580**
	R-2	248	373	423	178	278	321	281	340	**593**
	R-3	225	318	415	134	202	332	263	342	**573**
	R-4	222	301	381	135	196	385	165	199	424
	R-5	221	324	447	126	212	392	248	296	445
	R-6	263	340	438	167	256	477	361	340	**669**
	R-7	281	345	481	180	251	487	437	345	**634**
	R-8	289	351	434	191	235	**510**	456	333	**743**
	R-9	372	298	458	304	352	**645**	**507**	386	**604**
	R-10	322	336	**539**	298	361	**504**	**518**	398	**686**
	R-11	367	302	**558**	296	375	**620**	**501**	390	**630**
	R-12	394	297	491	205	360	378	**528**	287	**776**
	R-13	**525**	325	**550**	494	347	**521**	**544**	405	**818**
	R-14	**673**	**558**	**795**	**710**	423	**779**	**957**	**594**	**918**
	R-15	**665**	**532**	**783**	**616**	431	**782**	1575	**631**	1735
	R-16	**688**	**562**	**805**	**727**	464	1290	1901	**762**	2202

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 13-16 numaralı, yapay aydınlatma durumunda 14-16 numaralı, bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 10,11 ve 13-16 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun aralıkta olduğu tespit edilmiştir.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ile 14-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma durumunda 8-12 ve 13-15 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun aralıkta (500-1000lx) olduğu tespit edilmiştir. Yalnızca yapay ışık kaynaklarının kullanımıyla standartta belirtilen düzeyde aydınlık düzeyi değerlerinin sağlanamadığı belirlenmiştir.

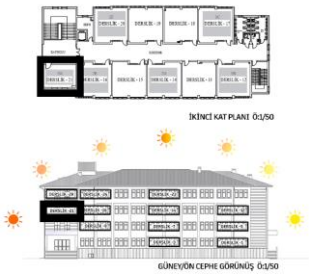
Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 9-14 numaralı referans noktalarında 500-1000lx aralığı sağlanmış, bütünleşik aydınlatma durumunda da 4-5 numaralı referans noktalarında benzer durum olduğu saptanmıştır. Bütünleşik aydınlatma durumunda 15-16 numaralı referans noktalarında ise istenen aydınlık düzeyinden daha yüksek değerde aydınlık ölçülmüştür Yapay aydınlatma durumunda ise çalışma düzlemi üzerinde ölçüm yapılan referans noktalarının hiçbirinde standarda uygun aydınlık düzeyi değeri ölçülmemiştir (Tablo 59).

- Derslik 21

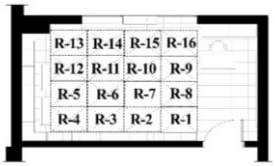
Tablo 60. İkinci kat Derslik 21'in nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 21

KONUMU



ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar		Nisan								
		$09^{:00}$-$10^{:00}$			$12^{:00}$-$13^{:00}$			$15^{:00}$-$16^{:00}$		
		DA	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
Ölçüm Referans Noktaları	R-1	**617**	358	**671**	213	258	401	115	171	291
	R-2	**625**	320	**685**	275	238	413	133	149	297
	R-3	**695**	345	**723**	264	273	465	117	232	240
	R-4	**590**	302	**642**	194	234	371	98	156	248
	R-5	**625**	394	**713**	324	276	421	155	155	297
	R-6	**737**	441	**885**	390	246	433	226	275	464
	R-7	**786**	475	**864**	408	244	**526**	227	163	354
	R-8	**789**	486	**851**	404	183	**553**	196	197	390
	R-9	**773**	463	**839**	478	295	**696**	157	266	309
	R-10	**798**	444	**820**	451	255	**673**	180	193	405
	R-11	**704**	397	**793**	420	305	**631**	323	256	401
	R-12	**558**	304	**684**	368	372	465	119	170	391
	R-13	**654**	401	**732**	**547**	478	**793**	497	304	**595**
	R-14	1063	**572**	1106	**935**	463	1176	492	378	**622**
	R-15	1112	**581**	1190	**924**	417	1255	449	376	**627**
	R-16	1229	**682**	1354	477	319	**755**	242	292	**682**

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 1-13 numaralı, yapay aydınlatma durumunda 14-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 1-13 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun aralıkta olduğu saptanmıştır.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 13-15 numaralı ve bütünleşik aydınlatmada ise 7-11, 13 ve 16 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta belirtilen (500-1000lx) aralığında olduğu tespit edilmiştir. Yapay aydınlatma durumunda çalışma düzlemi üzerindeki hiçbir referans noktasında standartta belirtilen minimum 500lx aydınlık düzeyinin sağlanamadığı tespit edilmiştir.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ve yapay aydınlatma durumunda çalışma düzlemi üzerindeki hiçbir referans noktasında standarda uygun düzeyde aydınlık değeri ölçülmemiştir. Bütünleşik aydınlatma durumunda 13-16 numaralı referans noktalarını kapsayan pencere kenarı bölgesinde 500-1000lx değeri sağlandığı belirlenmiştir (Tablo 60).

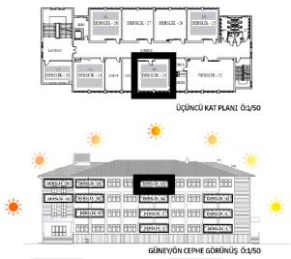
3.4.4. Üçüncü Kat Derslikler

- Derslik 23

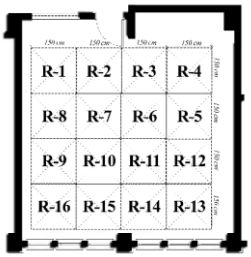
Tablo 61. Üçüncü kat Derslik 23'ün nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK – 23

KONUMU



ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Nisan 09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
Ölçüm Referans Noktaları	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
R-1	**816**	482	**901**	348	319	**625**	162	244	377
R-2	**862**	451	**911**	349	297	**632**	153	213	303
R-3	**787**	460	**658**	312	305	**563**	112	233	345
R-4	**508**	423	**610**	261	267	**513**	75	204	273
R-5	**538**	404	**654**	348	324	**579**	102	224	295
R-6	**602**	427	**966**	456	329	**517**	139	253	328
R-7	**713**	**530**	**953**	476	364	**645**	152	249	322
R-8	**722**	**547**	1079	474	379	**639**	160	241	331
R-9	1043	**549**	1551	**782**	489	**935**	254	399	**545**
R-10	1181	**540**	1575	**894**	485	**642**	252	380	**544**
R-11	1248	**563**	1385	**799**	481	**835**	248	392	**541**
R-12	**941**	**577**	1078	**604**	447	**892**	177	272	461
R-13	1960	1187	4000	1949	1078	2002	494	389	**555**
R-14	4000	1267	4000	1619	1013	1909	500	381	**868**
R-15	4000	1982	4000	1587	**962**	1921	509	370	**669**
R-16	2868	1495	4000	1623	**997**	2014	553	411	**977**

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 1-8 ve 12 numaralı, yapay aydınlatma durumunda 7-12 numaralı, bütünleşik aydınlatma durumunda 1-7 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun aralıkta olduğu tespit edilmiştir. Doğal aydınlatma ve bütünleşik aydınlatma durumunda 13-16 numaralı referans noktalarında cihazın ölçüm aralığından fazla (>4000lx) değerler ölçülmüştür.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ile 9-12 numaralı, yapay aydınlatma ile 15-16 ve bütünleşik aydınlatma durumunda 1-12 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyinin standartta belirtilen aralıkta (500-1000lx) olduğu tespit edilmiştir.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 13-16 numaralı ölçüm referans noktalarında standartta belirtilen minimum 500lx gereksinme karşılanmıştır. Yapay aydınlatma armatürleriyle aydınlık düzeyi 500lux seviyesine ulaşamamış, bütünleşik aydınlatma durumunda da 1-8 ve 12 numaralı ölçüm referans noktalarında da benzer durum tespit edilmiştir (Tablo 61).

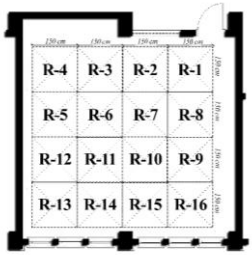
- Derslik 24

Tablo 62. Üçüncü kat Derslik 16'nın nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 24

KONUMU

ÖLÇÜMREFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar		Nisan 09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
		DA	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
Ölçüm Referans Noktaları	R-1	**779**	**565**	**994**	380	432	**583**	227	267	425
	R-2	**730**	**570**	**967**	371	424	**584**	232	281	421
	R-3	**717**	**577**	**897**	331	426	**577**	222	263	403
	R-4	**681**	**581**	**783**	326	365	**600**	191	240	348
	R-5	**786**	**699**	**823**	327	416	**559**	230	286	302
	R-6	**756**	**670**	**896**	453	496	**573**	219	321	**510**
	R-7	**873**	**666**	**953**	482	499	**590**	251	286	405
	R-8	**820**	**636**	**969**	**510**	475	**612**	260	283	**512**
	R-9	**840**	**734**	**951**	**828**	**570**	**978**	259	316	**763**
	R-10	**918**	**820**	1275	**792**	**591**	**758**	372	293	**557**
	R-11	1053	**774**	1385	**710**	**655**	**970**	362	318	**740**
	R-12	1084	**788**	1378	**522**	**586**	**924**	453	285	**529**
	R-13	4000	1549	4000	1396	1307	2464	**547**	376	**763**
	R-14	2087	1435	4000	1917	1029	2992	**630**	382	1045
	R-15	2001	1454	2563	1612	**940**	2682	**565**	418	**798**
	R-16	3150	1120	3475	1875	**936**	2951	**617**	420	1024

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ile 1-10 numaralı, yapay aydınlatma durumunda 1-12 numaralı ve bütünleşik aydınlatma durumunda da 1-9 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun olduğu belirlenmiştir. Doğal ve bütünleşik aydınlatma durumunda 13 numaralı referans ölçüm noktasında cihazın ölçüm aralığından fazla (>4000lx) değerde aydınlık düzeyi ölçülmüştür.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, yalnızca günışığı kullanıldığında 8-12 numaralı, yapay ışık kaynakları ile 9-12 ve 15-16 numaralı, bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 1-12 numaralı referans noktalarını kapsayan bölgelerde standarda uygun düzeyde aydınlık düzeyi ölçülmüştür.

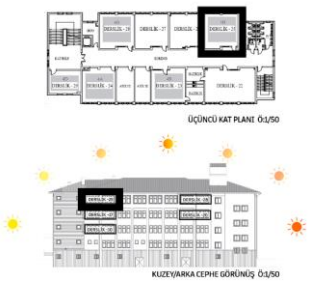
Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 13-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma durumunda 6, 8-13 ve 14 numaralı referans noktalarında 500-1000 lx aralığında aydınlık düzeyi sağlanmıştır. Yapay ışık kaynakları standartta belirtilen minimum 500lx aydınlık gereksinmesini karşılayamamıştır (Tablo 62).

- Derslik 25

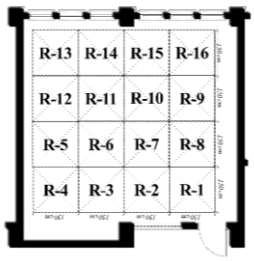
Tablo 63. Üçüncü kat Derslik 25'in nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 25

KONUMU



ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar	Nisan								
	09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
Ölçüm Referans Noktaları	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
R-1	302	382	419	197	282	481	267	312	**568**
R-2	294	399	425	176	279	479	269	354	**594**
R-3	256	386	440	138	268	573	236	345	**579**
R-4	234	323	397	132	251	325	169	299	457
R-5	247	474	452	130	269	303	262	348	**575**
R-6	298	312	458	171	227	324	365	374	**743**
R-7	301	323	491	185	233	385	421	455	**758**
R-8	314	347	**582**	292	397	478	467	450	**963**
R-9	407	279	**634**	376	365	**584**	**639**	446	**871**
R-10	396	381	**658**	383	373	**597**	**605**	465	**874**
R-11	381	304	**738**	391	389	**580**	**586**	433	**847**
R-12	306	478	**758**	308	318	**576**	492	476	**774**
R-13	**597**	**504**	**750**	514	407	**742**	1016	472	1448
R-14	**696**	**573**	**816**	716	**523**	**885**	1643	**795**	1940
R-15	**684**	**564**	**866**	623	**662**	**747**	1560	**801**	1893
R-16	**705**	**501**	**869**	733	**598**	1311	1888	**787**	2150

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ile 13-16 numaralı ve yapay aydınlatma durumunda 13-16 numaralı referans noktalarını kapsayan bölgelerde istenen düzeyde aydınlık değeri ölçülmüştür. Bütünleşik aydınlatma ile 8-16 numaralı referans noktaları standarda uygun aydınlık düzeyindeyken, 1-7 numaralı ölçüm referans noktalarını kapsayan bölgelerde 500lx değerinden düşük aydınlık düzeyi değeri ölçülmüştür.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 13-16 ve yapay aydınlatma durumunda 14-16 numaralı referans noktalarında istenen düzeyde aydınlık değeri ölçülmüştür. Bütünleşik aydınlatma durumunda ise 8-15 numaralı ölçüm referans noktalarında standartta belirtilen minimum 500lx aydınlatma gereksinimi karşılanmıştır.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ile 6-12 numaralı ve yapay aydınlatma ile 14-16 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyi istenen değerlerde olduğu belirlenmiştir. Bütünleşik aydınlatma durumunda 1-3 ve 5-12 numaralı referans noktalarında 500-1000 lx aralığında aydınlık düzeyi değerleri elde edilmiştir (Tablo 63).

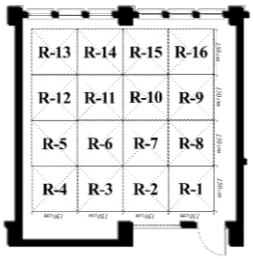
- Derslik 28

Tablo 64. Üçüncü kat Derslik 28'in nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 28

KONUMU

ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar		Nisan								
		09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
		DA	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
Ölçüm Referans Noktaları	R-1	290	372	420	179	267	**425**	418	432	**525**
	R-2	278	373	423	193	231	442	352	424	**773**
	R-3	231	318	415	142	263	431	357	426	**700**
	R-4	212	301	381	128	261	394	248	365	479
	R-5	261	324	447	127	286	451	340	416	**555**
	R-6	363	340	438	168	275	456	490	496	**789**
	R-7	374	345	481	181	286	485	**530**	499	**850**
	R-8	389	351	434	194	283	492	**456**	475	**901**
	R-9	379	298	458	306	316	498	**999**	**570**	1447
	R-10	442	336	**539**	297	293	**547**	**902**	**591**	1342
	R-11	467	302	**558**	285	318	**594**	**982**	**655**	1397
	R-12	494	297	491	206	285	475	**731**	**586**	1082
	R-13	425	325	**550**	489	376	**556**	**944**	1307	1518
	R-14	**573**	**558**	**795**	**706**	382	**864**	1643	1029	2661
	R-15	**565**	**532**	**783**	**608**	418	**891**	1568	**940**	2739
	R-16	**588**	**562**	**805**	**721**	420	**997**	1900	**936**	4000

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ile 13-16 numaralı ve yapay aydınlatma durumunda 13-16 numaralı referans noktalarını kapsayan bölgelerde istenen düzeyde aydınlık değeri ölçülmüştür. Bütünleşik aydınlatma ile 8-16 numaralı ölçüm referans noktaları standarda uygun aralıkta (500-1000lx) aydınlık düzeyindeyken, 1-7 numaralı referans noktalarını kapsayan bölgelerde 500lx değerinden düşük aydınlık düzeyi değeri ölçülmüştür.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 13-16 ve yapay aydınlatma durumunda 14-16 numaralı referans noktalarında istenen düzeyde aydınlık değeri ölçülmüştür. Bütünleşik aydınlatma durumunda ise 8-15 numaralı ölçüm referans noktalarında standartta belirtilen minimum 500lx aydınlatma gereksinimi karşılanmıştır.

Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma ile 6-12 numaralı ve yapay aydınlatma ile 14-16 numaralı referans noktalarında aydınlık düzeyi istenen değerlerde olduğu belirlenmiştir. Bütünleşik aydınlatma durumunda 1-3 ve 5-12 numaralı ölçüm referans noktalarında 500-1000lx aralığında aydınlık düzeyi değerleri ölçülmüştür (Tablo 64).

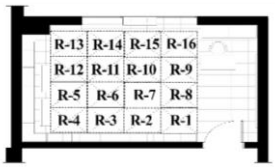
- Derslik 29

Tablo 65. Üçüncü kat Derslik 29'un nisan ayı aydınlık düzeyi ölçüm verileri

DERSLİK - 29

KONUMU

ÖLÇÜM REFERANS NOKTALARI



AYDINLIK DÜZEYİ ÖLÇÜM VERİLERİ

Ölçülen Durumlar		Nisan 09:00-10:00			12:00-13:00			15:00-16:00		
		DA	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**	**DA**	**YA**	**BA**
Ölçüm Referans Noktaları	R-1	**917**	348	**721**	**366**	**235**	**702**	169	171	404
	R-2	**872**	335	**734**	362	227	**714**	150	149	439
	R-3	**895**	335	**768**	380	247	**604**	136	232	343
	R-4	**690**	322	**678**	352	214	**641**	124	156	391
	R-5	**577**	387	**785**	435	258	**715**	189	155	411
	R-6	1026	358	**894**	515	275	**689**	255	275	**501**
	R-7	1164	342	**951**	481	287	**691**	259	163	**545**
	R-8	1122	365	**893**	414	254	**752**	235	197	**569**
	R-9	1173	374	**902**	**579**	276	**811**	210	266	**575**
	R-10	1765	402	**925**	**927**	237	**943**	228	193	**567**
	R-11	1104	405	**918**	**954**	302	1059	371	256	**881**
	R-12	**658**	410	**842**	**750**	278	**872**	330	170	**749**
	R-13	1163	455	**986**	1081	**570**	1359	234	304	**598**
	R-14	4000	**547**	1354	2386	**675**	2568	**539**	378	**998**
	R-15	2012	**687**	1289	1987	**785**	2105	**575**	376	1021
	R-16	1129	497	1458	**693**	403	**861**	296	292	**606**

DA: Doğal Aydınlatma **YA:** Yapay Aydınlatma **BA:** Bütünleşik Aydınlatma

Sabah 09:00-10:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 1-5 ve 12 numaralı, yapay aydınlatma durumunda 14-16 numaralı ve bütünleşik aydınlatma tercih edildiğinde 1-13 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun aralıkta olduğu saptanmıştır.

Öğle 12:00-13:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 9-12 numaralı, yapay aydınlatma durumunda 13-15 ve bütünleşik aydınlatma durumunda ise 1-10 ve 16 numaralı ölçüm referans noktalarında aydınlık düzeyinin standarda uygun aralıkta (500-1000lx) olduğu tespit edilmiştir.

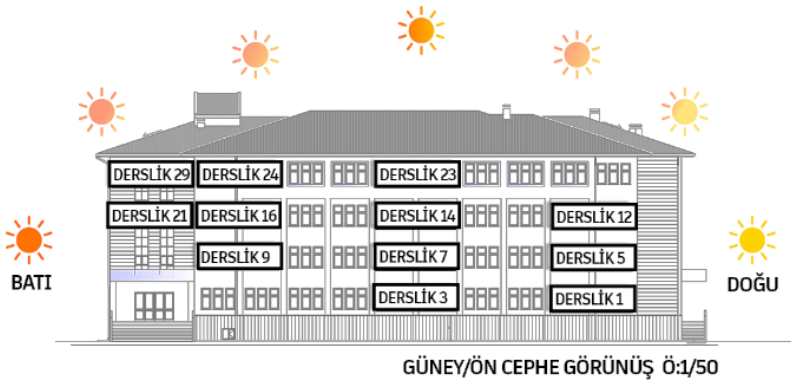
Öğleden sonra 15:00-16:00 saatleri arasında yapılan ölçüm verilerine göre, doğal aydınlatma durumunda 14-15 numaralı ve bütünleşik aydınlatma durumunda 6-14 ve 16 numaralı referans noktalarını kapsayan bölgede standarda uygun aralıkta (500-1000lx) aydınlık düzeyi değeri ölçülmüştür. Yapay aydınlatma durumunda çalışma düzlemi üzerinde yer alan referans noktalarının hiçbirinde standarda uygun aydınlık düzeyi değeri tespit edilmemiştir (Tablo 65).

3.5. Dersliklerin Bulunduğu Kat Bağlamında Aydınlık Düzeyi İrdelemeleri

Bu bölümde, dersliklerin bulunduğu katın aydınlık düzeyine etkisi incelenmiştir. Yapılan ölçümler, çeşitli katlarda bulunan dersliklerin aydınlık düzeylerini karşılaştırmak amacıyla sistematik bir şekilde yapılmıştır. Aydınlık düzeyleri, dersliklerin bulunduğu kat ile ilişkilendirilerek değerlendirilmiş ve bu ilişkilerin farklı zaman dilimleri ve mevsimlerde nasıl değiştiği araştırılmıştır.

Ahmet Saka İlkokulu güney cephesinde Derslik 1,5 ve 12 birbirleri ile aynı hizada farklı katlarda, Derslik 3,7,14 ve 23 birbirleri ile aynı hizada farklı katlarda, Derslik 9,16, ve 24 birbirleri ile aynı hizada farklı katlarda ve Derslik 21 ve 29 da aynı hizada farklı katlardadır. Ahmet Saka İlkokulu kuzey cephesinde Derslik 20 ve 28 birbirleri ile aynı hizada farklı katlarda ve Derslik 10,17 ve 25 de aynı hizada farklı katlardadır.

3.5.1. Güney/Ön Cephedeki Dersliklerin Aydınlık Düzeylerinin İrdelenmesi



Şekil 22. Güney/ön cephede ölçüm yapılan derslikler

- Güneydoğu Yönündeki Derslikler

Güneydoğu yönünde yer alan Derslik 1, Derslik 5 ve Derslik 12'nin doğal aydınlatma durumundaki verilerine göre;

Bu cephede Sabah saatlerinde Ekim, Ocak, Nisan aylarında yapılan ölçümlerde aydınlık düzeyi ağırlıklı olarak TSE standardında istenen düzeyde ve üzerindedir.

Sadece Ocak ve Nisan aylarında öğle saatlerinde de yapılan ölçümlerde aydınlık düzeyi TS EN 12464-1:2021'e uygun istenen düzeyi sağlamıştır. Ölçüm yapılan tüm aylarda öğleden sonra yapılan ölçümlerde aydınlık düzeyi standardın oldukça altındadır.

Özellikle sabah saatlerinde istenen aydınlık düzeyinin elde edilebiliyor olmasın da bu cephenin güneydoğu yönüne bakıyor olması ve dersliklerin sabah güneşini alıyor olması etkili olduğu düşünülmektedir.

Aydınlık düzeylerinin katlar arasında farklılık gösterip göstermediği değerlendirildiğinde, kat yüksekliğine bağlı olarak aydınlık düzeylerinde bir fark söz konusudur. Bu fark, her mevsim için sabah ve öğleden sonraki ölçülen değerler arasında yaklaşık 200 lx'dür. Kat yüksekliği arttıkça, sabah ve öğleden saatlerindeki ölçüm değerlerinin genellikle düştüğü görülmüştür (Tablo 66).

Tablo 66. Derslik 1, Derslik 5 ve Derslik 12'nin günışığına bağlı ortalama aydınlık düzeyi (lx) değeri

			Ölçüm Durumları								
			Ekim			Ocak			Nisan		
			09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00
Kat	2. Kat	*D-12*	**811lx**	410lx	70lx	**1373lx**	466lx	134lx	**1499lx**	**778lx**	291lx
	1. Kat	*D-5*	**989lx**	368lx	182lx	**1536lx**	**565lx**	284lx	**1542lx**	**812lx**	288lx
	Zemin Kat	*D-1*	**1178lx**	434lx	174lx	**917lx**	**603lx**	240lx	**1699lx**	**756lx**	283lx

Güneydoğu yönünde yer alan Derslik 1, Derslik 5 ve Derslik 12'nin bütünleşik aydınlatma durumundaki verilerine göre;

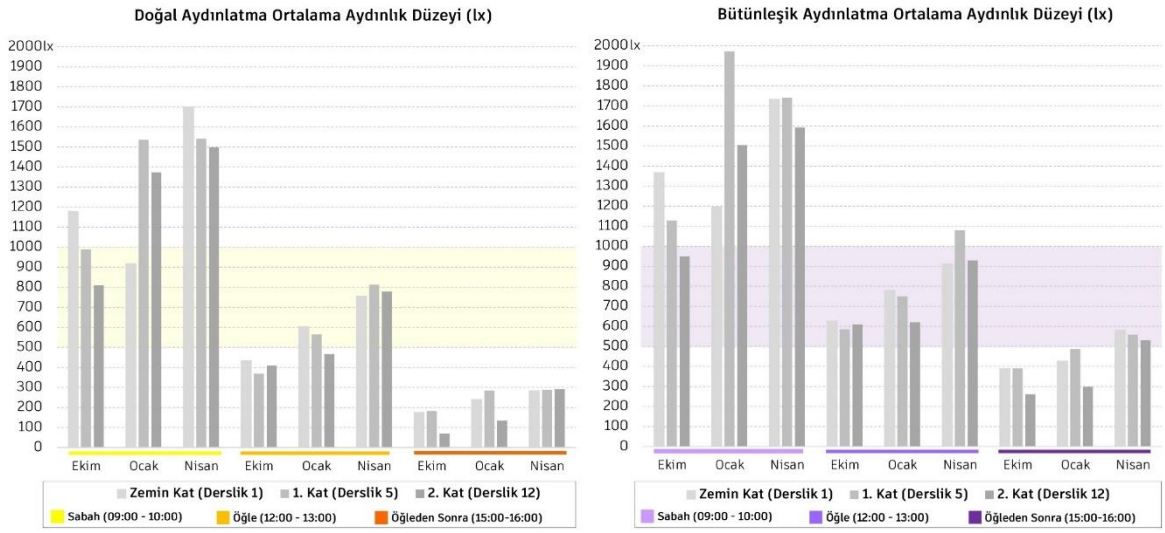
Her mevsimde öğle saatinde aydınlık düzeyleri TS EN 12464-1:2021'e uygun uygun değerlerdeyken, sabah saatlerindeki değer standardın üzerindedir.

Sadece güneşlenme süresi az olan ekim ve ocak ayında öğleden sonra aydınlık düzey değerleri istenen düzeyin altındadır. Bunun sebebi de dersliğin bu saatlerde ışığı daha az alıyor olması ve dersliklerde kullanılan yapay ışık kaynaklarının yetersiz olmasıyla ilişkilidir.

Aydınlık düzeylerinin katlar arasında farklılık gösterip göstermediği değerlendirildiğinde, kat yüksekliğine bağlı olarak aydınlık düzeylerinde bir fark (>75lx) söz konusudur. En belirgin fark tüm mevsimlerde sabah saatlerindedir. Ocak ayında kat yüksekliği arttıkça aydınlık düzeyi artarken, ekim ve nisan aylarında zemin katlarda aydınlık düzeyi üst katlara oranla daha fazladır (Tablo 67).

Tablo 67. Derslik 1, Derslik 5 ve Derslik 12'nin bütünleşik aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi (lx) değeri

			Ölçüm Durumları								
			Ekim			Ocak			Nisan		
			09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00
Kat	2. Kat	*D-12*	**949lx**	**609lx**	261lx	1505lx	**621lx**	299lx	**1592lx**	**929lx**	**530lx**
	1. Kat	*D-5*	**1129lx**	**585lx**	390lx	1972lx	**749lx**	486lx	**1741lx**	1079lx	**558lx**
	Zemin Kat	*D-1*	**1367lx**	**626lx**	389lx	1197lx	**779lx**	427lx	**1733lx**	**911lx**	**580lx**



Şekil 23. Derslik 1, Derslik 5 ve Derslik 12'nin aydınlık düzeyi değerleri

Güneydoğu yönündeki üç farklı katta yer alan dersliklerin sabah saatlerinde aydınlık düzeyi hem günışığında hem de bütünleşik aydınlatma durumunda istenen düzeyde veya üzerindedir. Öğle saatlerinde ise doğal ayqdınlatma ile istenen düzey sadece nisan ayında sağlanırken, bütünleşik aydınlatma durumunda ise her mevsimde sağlanmıştır. Öğleden sonra ölçüm değerleri ise hem doğal aydınlatma hem de bütünleşik aydınlatma durumunda elde edilememiştir.

Üç derslikte hem günışığı hem de bütünleşik aydınlatma durumunda en yüksek değerler nisan ayında ölçülürken, en düşük değerler ise ekim ayında ölçülmüştür. Doğal aydınlatma ve bütünleşik aydınlatma durumundaki aydınlık düzeyine ilişkin eğrileri benzer eğilim göstermekte, tüm katlardaki dersliklerin aynı tip derslik olması ve aynı yapay armatürlerin kullanılmasına bağlı olduğu düşünülmüştür (Şekil 23).

- Güney Yönündeki Derslikler

Güney yönünde yer alan Derslik 1, Derslik 5 ve Derslik 12'nin doğal aydınlatma durumundaki verilerine göre;

Bu cephede sabah saatlerinde ekim, ocak ve nisan aylarında yapılan ölçümlerde aydınlık düzeyi ağırlıklı olarak TSE standardında istenen düzeyde ve üzerindedir.

Nisan ayında öğle saatlerinde de yapılan ölçümlerde tüm katlarda aydınlık düzeyi TS EN 12464-1:2021'e uygun istenen düzeyi sağlanırken, ekim ve ocak ayında ise sağlanamamıştır. Sadece ocak ayında zemin kat ve 1.katta istenen düzeyde aydınlık düzeyi değeri ölçülmüştür. Ölçüm yapılan tüm aylarda öğleden sonra yapılan ölçümlerde aydınlık düzeyi standardın oldukça altındadır.

Özellikle sabah saatlerinde istenen aydınlık düzeyinin ve fazlasının elde edilebiliyor olması da bu cephenin direkt olarak güney yönüne bakıyor olması ve dersliklerin sabah güneşini alış açısının doğu yön ile kıyaslandığında daha dik alıyor olmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Aydınlık düzeylerinin katlar arasında farklılık gösterip göstermediği değerlendirildiğinde, kat yüksekliğine bağlı olarak aydınlık düzeylerinde bir fark söz konusudur. Bu fark, özellikle her mevsim için sabah ölçülen değerlerde 150 ila 400 lx'dür. Kat yüksekliği arttıkça tüm mevsimlerde sabah ve öğleden sonra saatlerinde genellikle düştüğü görülmüştür (Tablo 68). Katlar arasında özellikle 3.kattaki dersliğin ölçüm değerlerinin düşük olması, derslik tipine bağlı olarak koridor tarafındaki bant pencerenin diğer dersliklerden farklı yerde konumlanmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Tablo 68. Derslik 3, Derslik 7, Derslik 14 ve Derslik 23'ün günışığına bağlı ortalama aydınlık düzeyi (lx) değeri

			Ölçüm Durumları								
			Ekim			Ocak			Nisan		
			09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00
Kat	3. Kat	*D-23*	**707lx**	410lx	24lx	**998lx**	293lx	115lx	**1424lx**	**805lx**	253lx
	2. Kat	*D-14*	**783lx**	475lx	73lx	**1197lx**	459lx	394lx	**1431lx**	**778lx**	275lx
	1. Kat	*D-7*	**1093lx**	380lx	188lx	**1289lx**	**637lx**	275lx	**1592lx**	**777lx**	291lx
	Zemin Kat	*D-3*	**1125lx**	384lx	170lx	**1186lx**	**605lx**	280lx	**1773lx**	**828lx**	248lx

Güney yönünde yer alan Derslik 3, Derslik 7, Derslik 14 ve Derslik 23'ün bütünleşik aydınlatma durumundaki verilerine göre;

Her mevsimde sabah ve öğle saatinde aydınlık düzeyleri TS EN 12464-1:2021'e uygun uygun veya üzerinde değerdeyken, öğleden sonraki saatlerde ise genellikle standardın altında değerdedir.

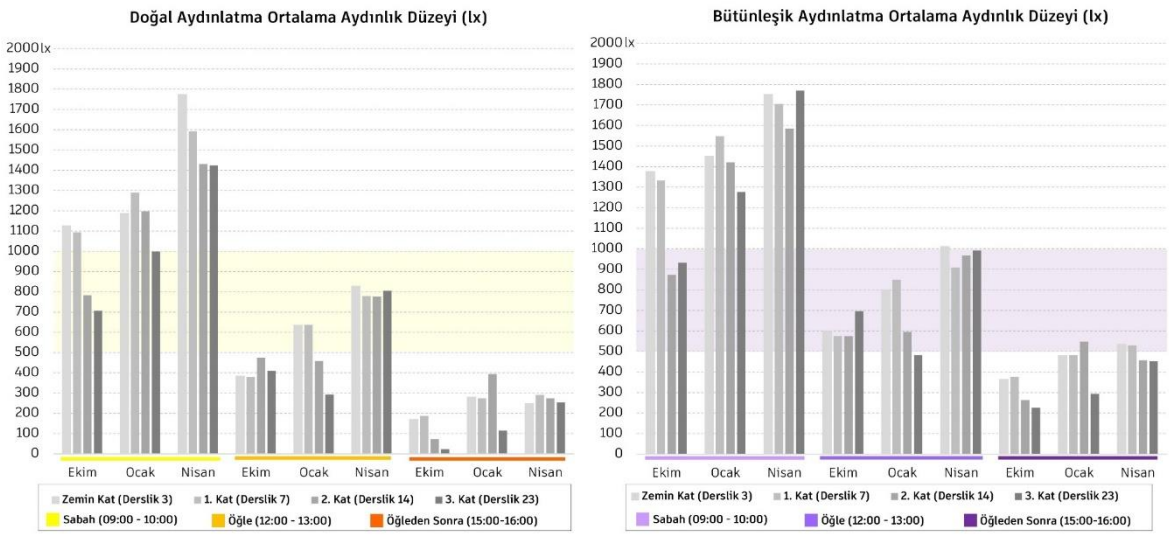
Özellikle güneşlenme süresi az olan ekim ayında öğleden sonra aydınlık düzey değerleri istenen düzeyin altındadır. Bunun sebebi de dersliğin bu saatlerde ışığı daha az alıyor olması ve dersliklerde kullanılan yapay ışık kaynaklarının yetersiz olmasıyla ilişkilidir.

Aydınlık düzeylerinin katlar arasında farklılık gösterip göstermediği değerlendirildiğinde, kat yüksekliğine bağlı olarak aydınlık düzeylerinde önemli farklar görülmüştür. En belirgin fark ekim ayında sabah saatlerinde yaklaşık 400 lx ve ocak ayında ölçüm yapılan tüm saatlerde yaklaşık 150 ile 300 lx aralığındadır. Tüm mevsimlerde kat yüksekliği arttıkça aydınlık düzeyi azalmıştır (Tablo 69).

Tablo 69. Derslik 3, Derslik 7, Derslik 14 ve Derslik 23'ün bütünleşik aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi (lx) değeri

			Ölçüm Durumları								
			Ekim			Ocak			Nisan		
			09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00
Kat	3. Kat	*D-23*	**932lx**	**696lx**	225lx	**1276lx**	482lx	293lx	**1770lx**	**991lx**	453lx
	2. Kat	*D-14*	**872lx**	**574lx**	264lx	**1420lx**	**596lx**	**548lx**	**1585lx**	**967lx**	457lx
	1. Kat	*D-7*	**1332lx**	**574lx**	377lx	**1547lx**	**849lx**	482lx	**1705lx**	**908lx**	**530lx**
	Zemin Kat	*D-3*	**1375lx**	**597lx**	364lx	**1449lx**	**799lx**	479lx	**1751lx**	**1011lx**	**535lx**

Güneydoğu yönündeki dört farklı katta yer alan dersliklerin sabah saatlerinde aydınlık düzeyi hem günışığında hem de bütünleşik aydınlatma durumunda istenen düzeyde veya üzerindedir. Öğle saatlerinde ise doğal aydınlatma ile istenen düzey sadece nisan ayında sağlanırken, bütünleşik aydınlatma durumunda ise her mevsimde sağlanmıştır. Öğleden sonra ölçüm değerleri ise hem doğal aydınlatma hem de bütünleşik aydınlatma durumunda elde edilememiştir.



Şekil 24. Derslik 3, Derslik 7, Derslik 14 ve Derslik 23'ün aydınlık düzeyi değerleri

Üç derslikte hem günışığı hem de bütünleşik aydınlatma durumunda en yüksek değerler nisan ayında ölçülürken, en düşük değerler ise ekim ayında ölçülmüştür. Doğal aydınlatma ve bütünleşik aydınlatma durumundaki aydınlık düzeyine ilişkin eğrileri benzer eğilim göstermekte, tüm katlardaki dersliklerin aynı tip derslik olması ve aynı yapay armatürlerin kullanılmasına bağlı olduğu düşünülmüştür. Güneydoğu yönündeki dersliklerin aydınlık düzeylerine kıyasla ölçülen değerlerin birbirlerine yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir (Şekil 24).

- Güneybatı Yönündeki Derslikler

Güneybatı yönünde yer alan Derslik 9, Derslik 16 ve Derslik 24'ün doğal aydınlatma durumundaki verilerine göre;

Bu cephede sabah saatlerinde ekim, ocak ve nisan aylarında yapılan ölçümlerde aydınlık düzeyi ağırlıklı olarak TSE standardında istenen düzeyde ve üzerindedir.

Ocak ve nisan aylarında öğle saatlerinde yapılan ölçümlerde aydınlık düzeyi değerleri genellikle istenen düzeyi sağlamış yalnızca ekim ayında istenen düzeyi sağlamamıştır. Ölçüm yapılan tüm aylarda öğleden sonra yapılan ölçümlerde aydınlık düzeyi standardın oldukça altındadır.

Sabah ve öğle saatlerinde istenen aydınlık düzeyinin elde edilebiliyor olmasın da bu cephenin güneybatı yönüne bakıyor olması ve dersliklerin sabahtan öğleye kadar güneşi yeterli miktarda alıyor olmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Aydınlık düzeylerinin katlar arasında farklılık gösterip göstermediği değerlendirildiğinde, kat yüksekliğine bağlı olarak aydınlık düzeylerinde bir fark söz konusudur. Bu fark, her mevsim için sabah ve öğleden sonraki ölçülen değerler arasında yaklaşık 200lx'tür. Kat yüksekliği arttıkça sabah saatlerinde ölçüm değerlerinin ekim ayında düştüğü, ocak ayında yükseldiği ve nisan ayında ise aynı düzeylerde olduğu görülmüştür (Tablo 70).

Tablo 70. Derslik 9, Derslik 16 ve Derslik 24'ün günışığına bağlı ortalama aydınlık düzeyi değeri

			Ekim			**Ocak**			**Nisan**		
			09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00
Kat	3. Kat	*D-24*	**600lx**	481lx	174lx	**992lx**	345lx	203lx	**1329lx**	**802lx**	352lx
	2. Kat	*D-16*	**547lx**	359lx	151lx	**789lx**	**501lx**	366lx	**1468lx**	**768lx**	395lx
	1. Kat	*D-9*	**1044lx**	441lx	200lx	**742lx**	**567lx**	266lx	**1386lx**	**808lx**	319lx

Güneybatı yönünde yer alan Derslik 9, Derslik 16 ve Derslik 24'ün bütünleşik aydınlatma durumundaki verilerine göre;

Nisan aylarında ölçüm yapılan tüm saatlerde aydınlık düzeyleri TS EN 12464-1:2021'e uygun uygun veya üzerinde değerdeyken, ekim ve ocak ayında ise öğle saatlerinde genellikle standarda uygun değerdedir.

Özellikle güneşlenme süresi az olan ekim ve ocak ayında öğleden sonra aydınlık düzey değerleri istenen düzeyin altındadır. Bunun sebebi de dersliğin bu saatlerde ışığı daha az alıyor olmasıyla ilişkilidir.

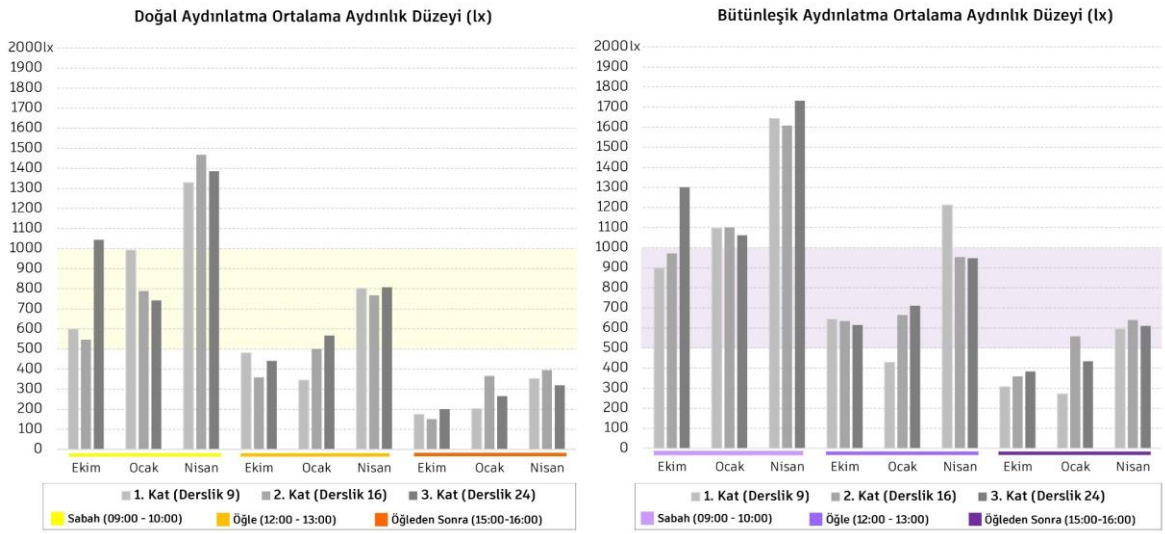
Aydınlık düzeylerinin katlar arasında farklılık gösterip göstermediği değerlendirildiğinde, kat yüksekliğine bağlı olarak aydınlık düzeylerinde farklar söz konusudur. En belirgin fark ekim ayında sabah saatlerinde yaklaşık 400 lx ve ocak ayında ise öğle saatinde yaklaşık 300lx'tür. Tüm mevsimlerde kat yüksekliği arttıkça aydınlık düzeyi genellikle azalmıştır (Tablo 71).

Tablo 71. Derslik 9, Derslik 16 ve Derslik 24'ün bütünleşik aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi değeri

			Ekim			**Ocak**			**Nisan**		
			09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00
Kat	3. Kat	*D-24*	**900lx**	**644lx**	307lx	**1097lx**	429lx	272lx	**1644lx**	**1212lx**	**596lx**
	2. Kat	*D-16*	**971lx**	**634lx**	359lx	**1101lx**	**665lx**	**558lx**	**1609lx**	**953lx**	**639lx**
	1. Kat	*D-9*	**1301lx**	**615lx**	383lx	**1062lx**	**711lx**	434lx	**1732lx**	**947lx**	**610lx**

Güneybatı yönündeki üç farklı katta yer alan dersliklerin sabah saatlerinde aydınlık düzeyi hem günışığında hem de bütünleşik aydınlatma durumunda istenen düzeyde veya üzerindedir. Öğle saatlerinde ise doğal aydınlatma ile istenen düzey sadece nisan ayında sağlanırken, bütünleşik aydınlatma durumunda ise her mevsimde sağlanmıştır. Öğleden sonra ölçüm değerleri ise hem doğal aydınlatma ile istenen düzeyde aydınlık sağlanamazken, bütünleşik aydınlatma ile nisan ayında istenen düzeyde aydınlık sağlanmıştır.

Üç derslikte hem günışığı hem de bütünleşik aydınlatma durumunda en yüksek değerler nisan ayında ölçülürken, en düşük değerler ise ekim ayında ölçülmüştür. Doğal aydınlatma ve bütünleşik aydınlatma durumundaki aydınlık düzeyine ilişkin eğrileri benzer eğilim göstermekte, tüm katlardaki dersliklerin aynı tip derslik olması ve aynı yapay armatürlerin kullanılmasına bağlı olduğu düşünülmüştür. Güneybatı yönündeki dersliklerin ekim ve ocak aydında birbirine yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir (Şekil 25).



Şekil 25. Derslik 9, Derslik 16 ve Derslik 24'ün aydınlık düzeyi değerleri

Güneybatı yönünde yer alan Derslik 21 ve Derslik 29'ün doğal aydınlatma durumundaki verilerine göre;

Ekim ve ocak ayında tüm ölçüm durumlarında genellikle TS EN 12464-1:2021'e uygun aydınlık düzeyi sağlanırken, nisan ayında ise sabah ve öğle saatindeki istenen veya üzerinde aydınlık düzeyi sağlanmıştır.

Yalnızca nisan ayında sabah ve öğlede istenen aydınlık düzeyinin elde edilebiliyor olmasının nedenleri; dersliklerin baktığı yöne bağlı olarak güneş ışınlarını alma açısı, dersliklerin pencere yüzeyinin yapı cephesinden 150 cm içerde olması, pencere sayısı ve boyutlarının farklı olması ve koridor tarafında duvar yüzeyinde bant pencerenin bulunmaması ile ilişkilendirilmiştir.

Aydınlık düzeylerinin katlar arasında farklılık gösterip göstermediği değerlendirildiğinde, kat yüksekliğine bağlı olarak aydınlık düzeylerinde farklar söz konusudur. 3. Kattaki derslikte ölçülen aydınlık düzeyleri 2.kat ile kıyaslandığında her mevsimde sabah saatindeki fark yaklaşık 200lx ile 500 lx aralığında iken, öğlede ve öğleden sonra bu fark önemli bir farklılık (<75lx) olarak görülmemiştir. Kat yüksekliğine bağlı olarak aydınlık düzeyi de artmıştır. Bu dersliklerde güney cephede yer alan dersliklerden farklı bir durumun gözlemlenme nedeni ise dersliklerin duvar yüzey renklerinin, donatı çeşitliliğinin ve yapay ışık kaynaklarının farklı olmasıyla ilişkili olduğu düşünülmüştür (Tablo 72).

Tablo 72. Derslik 21 ve Derslik 29'un günışığına bağlı ortalama aydınlık düzeyi değeri

			Ekim			**Ocak**			**Nisan**		
			09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00
Kat	3. Kat	*D-29*	**511lx**	94lx	63lx	477lx	122lx	53lx	**1267lx**	**791lx**	268lx
	2. Kat	*D-21*	352lx	128lx	58lx	112lx	221lx	140lx	**772lx**	442lx	232lx

Güneybatı yönünde yer alan Derslik 21 ve Derslik 29'ün bütünleşik aydınlatma durumundaki verilerine göre;

Ekim, ocak ve nisan aylarında sabah saatinde genellikle TS EN 12464-1:2021'e uygun aydınlık düzeyi sağlanırken, nisan ayında öğle saatinde de istenen veya üzerinde aydınlık düzeyi sağlanmıştır.

Dersliklerin öğle ve öğleden sonra saatlerde aydınlık düzeyinin de genellikle TS EN 12464-1:2021 standardına uygun olmamasının nedeni; dersliklerin sabah güneşini alıyor olmasıyla ilişkilidir. Bununla birlikte, doğal aydınlatma durumu ile aynı şekilde bütünleşik

aydınlatma durumunda da aydınlık düzeylerinin yetersiz olması, yapay ışık kaynaklarının yanlış seçimiyle ilişkili olduğu düşünülmektedir.

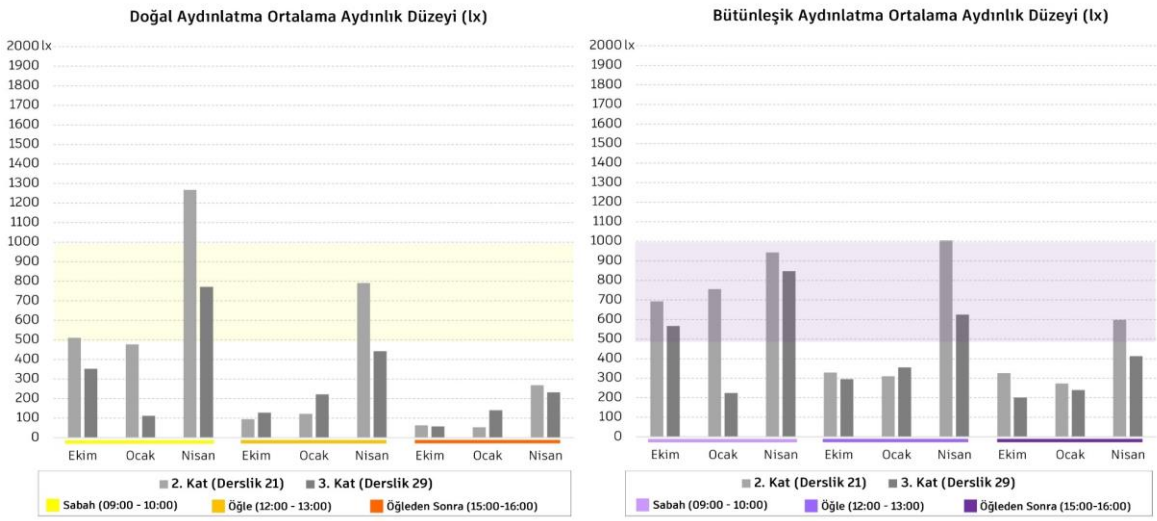
Aydınlık düzeylerinin katlar arasında farklılık gösterip göstermediği değerlendirildiğinde, kat yüksekliğine bağlı olarak aydınlık düzeylerinde farklar söz konusudur. 3. Kattaki derslikte ölçülen aydınlık düzeyleri 2. Kat ile karşılaştırıldığında ekim ve nisan ayında sabah saatinde yaklaşık 100lx iken, ocak ayında ise yaklaşık 500 lx farklılık görülmüştür. Bunun nedeni ise 2.kattaki derslikte günışığı az miktarda alındığı durumlarda kullanılan yapay armatürlerin de yetersiz kalmasıyla ilişkilendirilebilir.

Kat yüksekliğine bağlı olarak aydınlık düzeyi de artmıştır. Bu dersliklerde güney cephede yer alan dersliklerden farklı bir durumun gözlemlenme nedeni ise dersliklerin duvar yüzey renklerinin, donatı çeşitliliğinin ve yapay ışık kaynaklarının farklı olmasıyla ilişkili olduğu düşünülmüştür (Tablo 73).

Tablo 73. Derslik 21 ve Derslik 29'un bütünleşik aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi değeri

			Ekim			**Ocak**			**Nisan**		
			09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00
Kat	3. Kat	*D-29*	**693lx**	329lx	326lx	**756lx**	310lx	273lx	**943lx**	**1005lx**	599lx
	2. Kat	*D-21*	**567lx**	295lx	202lx	224lx	355lx	240lx	**847lx**	**626lx**	413lx

Güneybatı yönündeki iki katta yer alan dersliklerden üst kattaki derslik sabah saatindeki aydınlık düzeyi genellikle hem günışığında hem de bütünleşik aydınlatma durumunda istenen düzeydedir. Alt kattaki derslik ise ekim ve nisan ayında sabah saatlerinde bütünleşik aydınlatma durumunda istenen düzeydedir. Öğle saatlerinde ise doğal aydınlatma ile istenen düzey sadece nisan ayında hem günışığında hem de bütünleşik aydınlatma durumunda sağlanmıştır. Öğleden sonra ölçüm değerleri ise hem doğal aydınlatma ile istenen düzeyde aydınlık sağlanamazken, bütünleşik aydınlatma ile nisan ayında 3.kattaki derslikte istenen düzeyde aydınlık sağlanmıştır.



Şekil 26. Derslik 9, Derslik 16 ve Derslik 24'ün aydınlık düzeyi değerleri

İki derslikte hem günışığı hem de bütünleşik aydınlatma durumunda en yüksek değerler nisan ayında ölçülürken, en düşük değerler ise ekim ve ocak ayında ölçülmüştür. Doğal aydınlatma ve bütünleşik aydınlatma durumundaki aydınlık düzeyine ilişkin eğrileri benzer eğilim göstermemektedir. Bu durum dersliklerin mekan boyutları ve pencere açıklıklarının aynı olmasına rağmen iç mekan tasarımlarının ve yapay aydınlatma kaynaklarının farklı olmasıyla ilişkilendirilebilir. Güneybatı yönündeki dersliklerin ekim ve ocak aydında birbirine yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir (Şekil 26).

3.5.2. Kuzey/Arka Cephedeki Dersliklerin Aydınlık Düzeylerinin İrdelenmesi

Şekil 27. Kuzey/arka cephede ölçüm yapılan derslikler

- Kuzeydoğu Yönündeki Derslikler

Kuzeydoğu yönünde yer alan Derslik 10, Derslik 17 ve Derslik 25'in doğal aydınlatma durumundaki verilerine göre;

Bu cephede öğleden sonra saatlerinde ekim, ocak ve nisan aylarında yapılan ölçümlerde aydınlık düzeyi ağırlıklı olarak TS EN 12464-1:2021'e uygun veya altındadır.

Sadece nisan ayında öğleden sonra saatlerin de yapılan ölçümlerde aydınlık düzeyi TS EN 12464-1:2021'e uygun düzeyi sağlamıştır. Ölçüm yapılan ekim ve ocak ayında ise öğleden sonra yapılan ölçümlerde aydınlık düzeyi standartta istenen düzeyin altındadır.

Özellikle öğleden sonraki saatlerde istenen aydınlık düzeyinin elde edilebiliyor olmasın da bu cephenin kuzeydoğu yönüne bakıyor olması ve dersliklerin güneş batmadan hemen önce güneş alıyor olmasının etkili olduğu düşünülmektedir. Ölçüm tarihlerinde güneşin ekim ayında 17:33, ocak ayında 17:21 ve nisan ayında ise 19:07'de batmasıyla ilişkilidir. Saat 15:00-16:00 aralığında yapılan ölçümlerde güneşin etkinliği yalnızca nisan ayında devam etmesi ile ilişkili olarak özellikle nisan ayında öğle ve öğleden sonra ortalama aydınlık düzeylerinin arttığı düşünülmüştür.

Aydınlık düzeylerinin katlar arasında farklılık gösterip göstermediği değerlendirildiğinde, kat yüksekliğine bağlı olarak aydınlık düzeylerinde bir fark söz konusudur. Ancak bu fark, her mevsim ve ölçüm durumunda 75lx'e yakın değerler olduğundan önemli bir farklılık olarak görülmemiştir. Kat yüksekliği arttıkça, tüm ölçüm durumlarında ölçüm değerlerinin genellikle düştüğü görülmüştür (Tablo 74).

Tablo 74. Derslik 10, Derslik 17 ve Derslik 25'in günışığına bağlı aydınlık düzeyi değeri

		Ekim			**Ocak**			**Nisan**		
		09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00
3. Kat	*D-25*	346lx	370lx	413lx	277lx	335lx	337lx	401lx	341lx	**680lx**
2. Kat	*D-17*	363lx	352lx	165lx	282lx	305lx	413lx	377lx	337lx	**691lx**
1. Kat	*D-10*	349lx	340lx	**691lx**	345lx	**648lx**	**954lx**	462x	**808lx**	**827lx**

Kuzeydoğu yönünde yer alan Derslik 10, Derslik 17 ve Derslik 25'in bütünleşik aydınlatma durumundaki verilerine göre;

Bu cephede ekim, ocak ve nisan aylarında yapılan ölçümlerde tüm ölçüm saatlerinde aydınlık düzeyi ağırlıklı olarak TS EN 12464-1:2021'e uygun veya üzerindedir.

Sadece nisan ayında öğleden sonra saatlerin de yapılan ölçümlerde aydınlık düzeyi TS EN 12464-1:2021'e uygun düzeyi sağlamıştır. Ölçüm yapılan ekim ve ocak ayında ise öğleden sonra yapılan ölçümlerde aydınlık düzeyi standartta istenen düzeyin altındadır.

Yalnızca günışığı kullanımının yetersiz kaldığı sabah saatlerinde ise bütünleşik aydınlatma ile bu yöndeki tüm dersliklerde aydınlık düzeyi istenen değerlerdedir. Bu durumda dersliklerde kullanılan yapay ışık kaynaklarının bu yöndeki derslikler için yeterli olduğu düşünülmüştür. Bunun nedeni Nisan ayında güneşin geliş açısının daha yüksek aydınlık düzeyi oluşturmasının yanında dersliklerde kullanılan armatürlerin de etkisiyle derslikte aydınlık bölgelerin artmasıyla ilişkilendirilebilir.

Aydınlık düzeylerinin katlar arasında farklılık gösterip göstermediği değerlendirildiğinde, kat yüksekliğine bağlı olarak aydınlık düzeylerinde bir fark söz konusudur. Ancak bu fark, her mevsim ve ölçüm durumunda 75lx'e yakın değerler olduğundan önemli bir farklılık olarak görülmemiştir. Yalnızca nisan ayında sabah saatlerinde 1.kat ile 3.kat arasında yaklaşık 600lx düzeyinde farklılık vardır. Kat yüksekliği arttıkça, ölçüm değerlerinin genellikle düştüğü görülmüştür (Tablo 75).

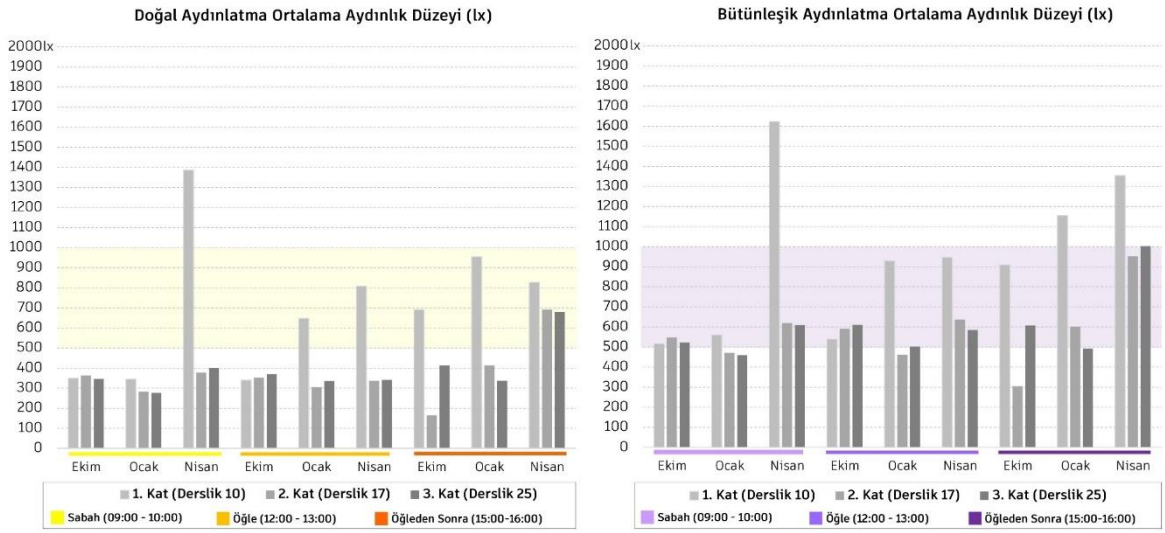
Tablo 75. Derslik 10, Derslik 17 ve Derslik 25'in bütünleşik aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi değeri

		Ekim			**Ocak**			**Nisan**		
		09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00
3. Kat	*D-25*	**522lx**	**610lx**	**607lx**	459lx	**502lx**	493lx	**609lx**	**585lx**	**1002lx**
2. Kat	*D-17*	**547lx**	**590lx**	305lx	471lx	461lx	**601lx**	**619lx**	**636lx**	**952lx**
1. Kat	*D-10*	**516lx**	**539lx**	**909lx**	**560lx**	**929lx**	**1155lx**	**1293lx**	**947lx**	**1354lx**

Kuzeydoğu yönündeki üç farklı katta yer alan dersliklerden yalnızca 1.kattaki dersliğin sabah saatlerinde aydınlık düzeyi hem günışığında hem de bütünleşik aydınlatma durumunda istenen düzeyde veya üzerindedir. 2. ve 3.kattaki dersliklerde ise hem günışığı durumunda hem de bütünleşik aydınlatma durumunda yalnızca nisan ayında TS EN 12464-1:2021'e uygun değerdedir. 2. Ve 3.kattaki dersliklerde doğal aydınlatma ile istenen düzeyde aydınlık sağlanamazken, bütünleşik aydınlatma ile istenen düzeyde aydınlık sağlanabilmiştir.

Üç derslikte hem günışığı hem de bütünleşik aydınlatma durumunda en yüksek değerler nisan ayında ölçülürken, en düşük değerler ise ekim ayında ölçülmüştür. Doğal

aydınlatma ve bütünleşik aydınlatma durumundaki aydınlık düzeyine ilişkin eğrileri benzer eğilim göstermekte, tüm katlardaki dersliklerin aynı tip derslik olması ve aynı yapay armatürlerin kullanılmasına bağlı olduğu düşünülmüştür. Kuzeydoğu yönündeki dersliklerin her mevsimde birbirine yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir (Şekil 28).



Şekil 28. Derslik 10, Derslik 17 ve Derslik 25'in ortalama aydınlık düzeyleri

- Kuzeybatı Yönündeki Derslikler

Kuzeybatı yönünde yer alan Derslik 20 ve Derslik 28'in doğal aydınlatma durumundaki verilerine göre;

Bu cephede öğleden sonra saatlerinde yalnızca nisan aylarında yapılan ölçümlerde aydınlık düzeyleri TS EN 12464-1:2021'e uygundur.

Ölçüm yapılan tüm aylarda ve tüm saatlerdeki aydınlık düzeyleri ise genel olarak TS EN 12464-1:2021'de istenen düzeyin oldukça altında değerlerdir.

Özellikle öğleden sonraki saatlerde istenen aydınlık düzeyinin elde edilebiliyor olmasın da bu cephenin kuzeydoğu yönüne bakıyor olması ve dersliklerin güneş batmadan hemen önce güneş alıyor olmasının etkili olduğu düşünülmektedir. Ölçüm tarihlerinde güneşin ekim ayında 17:33, ocak ayında 17:21 ve nisan ayında ise 19:07'de batmasıyla ilişkilidir. Saat 15:00-16:00 aralığında yapılan ölçümlerde güneşin etkinliği yalnızca nisan ayında devam etmesi ile ilişkili olarak özellikle nisan ayında öğle ve öğleden sonra ortalama aydınlık düzeylerinin arttığı düşünülmüştür.

Aydınlık düzeylerinin katlar arasında farklılık gösterip göstermediği değerlendirildiğinde, kat yüksekliğine bağlı olarak aydınlık düzeylerinde bir fark söz

konusudur. Ancak bu fark, her mevsim ve ölçüm durumunda 75lx'e yakın değerler olduğundan önemli bir farklılık olarak görülmemiştir. Kat yüksekliği arttıkça, tüm ölçüm durumlarında ölçüm değerlerinin genellikle düştüğü görülmüştür (Tablo 76).

Tablo 76. Derslik 20 ve Derslik 28'in günışığına ortalama aydınlık düzeyi (lx) değeri

		Ekim			**Ocak**			**Nisan**		
		09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00
3. Kat	*D-28*	256lx	338lx	62lx	269lx	246lx	395lx	395lx	308lx	**803lx**
2. Kat	*D-20*	296lx	298lx	162lx	289lx	257lx	482lx	377lx	309lx	**596lx**

Kuzeybatı yönünde yer alan Derslik 10 ve Derslik 28'in bütünleşik aydınlatma durumundaki verilerine göre;

Bu cephede ekim, ocak ve nisan aylarında yapılan ölçümlerde tüm ölçüm saatlerinde aydınlık düzeyi ağırlıklı olarak TS EN 12464-1:2021'e uygun veya üzerindedir.

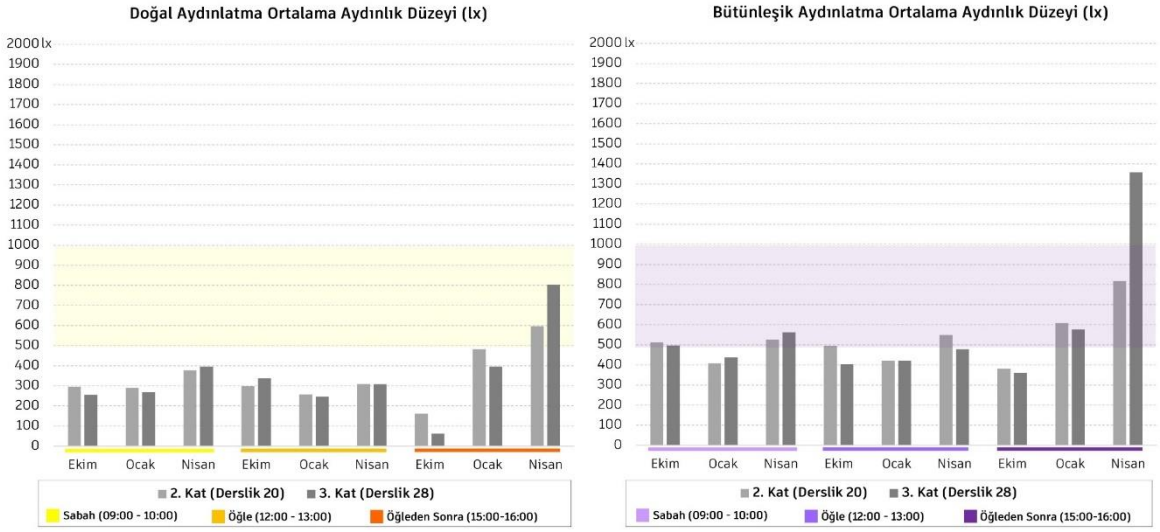
Sadece nisan ayında öğleden sonra saatlerin de yapılan ölçümlerde aydınlık düzeyi TS EN 12464-1:2021'e uygun düzeyi sağlamıştır. Ölçüm yapılan ekim ve ocak ayında ise öğleden sonra yapılan ölçümlerde aydınlık düzeyi standartta istenen düzeyin altındadır.

Yalnızca günışığı kullanımının yetersiz kaldığı sabah saatlerinde ise bütünleşik aydınlatma ile bu yöndeki tüm dersliklerde aydınlık düzeyi istenen değerlerdedir. Bu durumda dersliklerde kullanılan yapay ışık kaynaklarının bu yöndeki derslikler için yeterli olduğu düşünülmüştür. Bunun nedeni Nisan ayında güneşin geliş açısının daha yüksek aydınlık düzeyi oluşturmasının yanında dersliklerde kullanılan armatürlerin de etkisiyle derslikte aydınlık bölgelerin artmasıyla ilişkilendirilebilir.

Aydınlık düzeylerinin katlar arasında farklılık gösterip göstermediği değerlendirildiğinde, kat yüksekliğine bağlı olarak aydınlık düzeylerinde bir fark söz konusudur. Ancak bu fark, her mevsim ve ölçüm durumunda 75lx'e yakın değerler olduğundan önemli bir farklılık olarak görülmemiştir. Yalnızca nisan ayında sabah saatlerinde 1.kat ile 3.kat arasında yaklaşık 600lx düzeyinde farklılık vardır. Kat yüksekliği arttıkça, ölçüm değerlerinin genellikle düştüğü görülmüştür (Tablo 77).

Tablo 77. Derslik 20 ve Derslik 28'in bütünleşik aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi değeri

		Ekim			**Ocak**			**Nisan**		
		09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00
3. Kat	*D-28*	469lx	404lx	261lx	438lx	422lx	**577x**	**562lx**	478lx	1359lx
2. Kat	*D-20*	**512lx**	494lx	381lx	408lx	421lx	**608lx**	**526lx**	**549lx**	**814lx**



Şekil 29. Derslik 20 ve Derslik 28'in ortalama aydınlık düzeyleri

Kuzeybatı yönündeki iki farklı katta yer alan dersliklerin aydınlık düzeyleri günışığı durumunda ve bütünleşik aydınlatma durumunda benzer eğilimler göstermiştir. Ölçüm yapılan tüm durumlarda yalnızca ocak ve nisan ayında öğleden sonraki aydınlık düzeyi değerleri TS EN 12464-1:2021 standardına uygundur. Dersliklerin her ikisi de hem doğal aydınlatma durumunda hem de bütünleşik aydınlatma durumunda sabah ve öğle saatlerinde istenen düzeyde aydınlık düzeyini sağlayamamıştır.

İki derslikte hem günışığı hem de bütünleşik aydınlatma durumunda en yüksek değerler nisan ayında ölçülürken, en düşük değerler ise ekim ayında ölçülmüştür. Kuzeydoğu yönündeki dersliklerin her mevsimde birbirine yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir, yalnızca nisan ayında öğleden sonraki değerler diğer değerlere kıyasla fazla yüksektir (Şekil 29). Doğal aydınlatma ile sağlanan aydınlık düzeyi değerleri, kuzeybatı yönündeki dersliklerle karşılaştırıldığında, doğu yönündeki dersliklerin aydınlık düzeylerinin TS EN 12464-1:2021 Standardına daha uygun olduğu görülmektedir.

3.6. Dersliklerin Cephe Yönlenmesi Bağlamında Aydınlık Düzeyi İrdelemeleri

Çalışmanın bu bölümünde, dersliklerin cephe yönlenmesinin aydınlık düzeyi üzerindeki etkileri ele alınmıştır. Bu kapsamda farklı yönlenmelere sahip dersliklerdeki aydınlık düzeyleri arasındaki ilişki, zaman dilimleri ve mevsimsel değişkenler dikkate alınarak irdelenmiştir.

- Birinci Kat Derslikler

Derslik 5 ve Derslik 10'un doğal aydınlatma durumundaki verileri irdelendiğinde,

Güney yöndeki dersliğin ekim ayında sabah, ocak ve nisan aylarında öğleye kadar aydınlık seviyesinin TS EN 12464-1:2021 standardına uygun ve üstü değerlerde iken öğleden sonra aydınlık düzeyi standardın altındadır. Kuzey cephesine bakan Derslik 10 da ise öğle ve öğleden sonra aydınlık düzeyi standartta belirtilen aralıktaki değerlerdedir. Bu durum dersliklerde doğal aydınlık düzeyinin yeterli olduğu saatlerin cephenin güneşi doğrudan aldığı zaman dilimi ile ilişkili olarak değiştiğini göstermektedir. Bu anlamda farklı cephelerdeki dersliklerin sabah ve öğleden sonraki saatlerde aydınlık düzeyleri arasında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir (Tablo 78).

Tablo 78. Birinci kat dersliklerin bulundukları cephe bağlamında doğal aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi değerleri

		Ekim			**Ocak**			**Nisan**		
		09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00
Kuzeydoğu	*D-10*	349lx	339lx	**690lx**	345lx	**647lx**	**954lx**	**1386 lx**	**808lx**	**827lx**
Güneydoğu	*D-5*	**998lx**	368lx	182lx	**1535lx**	**565lx**	283lx	**1465lx**	**811lx**	288lx

Yalnızca nisan ayında sabah saatindeki ölçüm verilerinin birbirleri ile yakın değerde olduğu görülmektedir. Her iki dersliğin tüm ölçüm aylarında öğle saatindeki ortalama aydınlık düzeyi değerinin neredeyse birbiri ile aynı olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum mevsimlere göre değişmediğinden, yapının mevcut konumu ile ilgili olarak güneşin geliş açısının daha dik ya da her iki yönde de eşit olması ile ilişkilendirilebilir.

Derslik 5 ve Derslik 10'un bütünleşik aydınlatma durumundaki verileri irdelendiğinde,

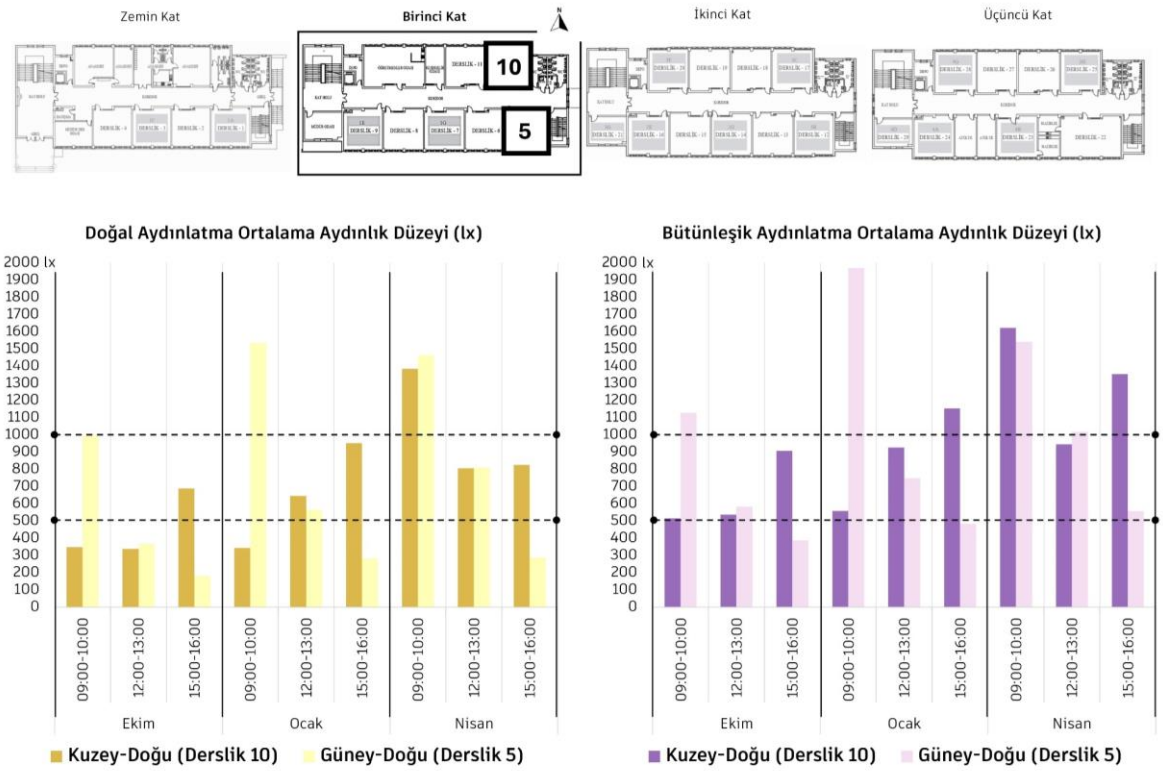
Güney yöndeki dersliğin ekim ve ocak aylarında sabah ve öğle saatlerinde; nisan ayında ise tüm ölçüm saatlerinde aydınlık seviyesinin TS EN 12464-1:2021 standardına uygun değerlerdedir.

Kuzey cephesine bakan Derslik 10 da ise tüm ölçüm ayları ve saatlerinde standartta belirtilen aralıktaki değerlerde aydınlık düzeyi sağlanmıştır. Bu durum dersliklerde doğal aydınlık düzeyinin yeterli olduğu saatlerin cephenin güneşi doğrudan aldığı zaman dilimi ile ilişkili olarak değiştiğini göstermektedir.

Bu anlamda farklı cephelerdeki dersliklerin ekim ve ocak ayında sabah; ekim, ocak ve nisan aylarında ise öğleden sonraki saatlerde aydınlık düzeyleri arasında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. Bu farklılık güney ve kuzey cephede sabah ve öğleden sonra saatlerinde 600-1300 lx değerlerindedir (Tablo 79).

Tablo 79. Birinci kat dersliklerin bulundukları cephe bağlamında bütünleşik aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi değerleri

		Ekim			**Ocak**			**Nisan**		
		09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00
Kuzeydoğu	*D-10*	**516lx**	**538lx**	**909lx**	**559lx**	**928lx**	**1155lx**	**1623lx**	**947lx**	**1354lx**
Güneydoğu	*D-5*	**1129lx**	**584lx**	389lx	**1971lx**	**749lx**	485lx	**1542lx**	**1019lx**	**558lx**



Şekil 30. Birinci kattaki Derslik 5 ve Derslik 10'un doğal ve bütünleşik aydınlatma verileri

Gün ışığının alındığı saatler ve güneşin geliş açısına bağlı olarak kuzey-güney cephelerindeki dersliklerin hem doğal hem de bütünleşik aydınlatmada aydınlık düzeyleri arasında öğle saatlerinde yakın değerlerde iken, sabah ve öğleden sonraki saatlerde anlamlı farklar söz konusudur. Her iki derslikte de aynı özellikli ve aynı sayıda yapay armatürlerin kullanılması her iki durum arasındaki farklılığı ortaya koymakta yardımcı olmaktadır (Şekil 30).

- İkinci Kat Derslikler

Derslik 12 ve Derslik 17'nin doğal aydınlatma durumundaki verileri irdelendiğinde,

Güney yöndeki dersliğin ekim, ocak ve nisan ayında sabah saatleri ölçüm değerleri TS EN 12464-1:2021 standardına uygun ve üstü değerlerde iken öğle ve öğleden sonra aydınlık düzeyi standardın altındadır. Kuzey cephesine bakan Derslik 10 da ise yalnızca nisan ayında öğleden sonraki aydınlık standartta belirtilen aralıktaki değerdedir. Bu durum dersliklerde doğal aydınlık düzeyinin yeterli olduğu saatlerin cephenin güneşi doğrudan aldığı zaman dilimi ile ilişkili olarak değiştiğini göstermektedir.

Bu anlamda farklı cephelerdeki dersliklerin sabah ve öğleden sonraki saatlerde aydınlık düzeyleri arasında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir (Tablo 80). Bu farklılık sabah ve akşam saatlerinde yaklaşık 1000 lx düzeyine çıkabilirken, öğle saatlerinde ise nisan ayında maksimum 400 lx düzeyindedir.

Tablo 80. İkinci kat dersliklerin bulundukları cephe bağlamında doğal aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi değerleri

		Ekim			**Ocak**			**Nisan**		
		09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00
Kuzeydoğu	*D-17*	362lx	352lx	164lx	281lx	305lx	413lx	377lx	337lx	**691lx**
Güneydoğu	*D-12*	**810lx**	409lx	70lx	**1322lx**	466lx	134lx	**1502lx**	**755lx**	269lx

Her iki dersliğin tüm ölçüm aylarında öğle saatindeki ortalama aydınlık düzeyi değerinin neredeyse birbiri ile aynı olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum yalnızca nisan ayında değişkenlik gösterdiğinden, nisan ayında yüksek ışık yoğunluğunun neden olduğu düşünülmektedir. Ekim ve ocak ayında ise öğle saatlerindeki ölçüm verilerinin birbirlerine yakın değerlerde olması, yapının mevcut konumu ile ilgili olarak güneşin geliş açısının öğle saatlerinde daha dik ya da her iki yönde de eşit olması ile ilişkilendirilebilir.

Derslik 12 ve Derslik 17'nin bütünleşik aydınlatma durumundaki verileri irdelendiğinde,

Güney yöndeki dersliğin ekim ve ocak aylarında sabah ve öğle saatlerinde; nisan ayında ise tüm ölçüm saatlerinde aydınlık seviyesinin TS EN 12464-1:2021 standardına uygun değerlerdedir.

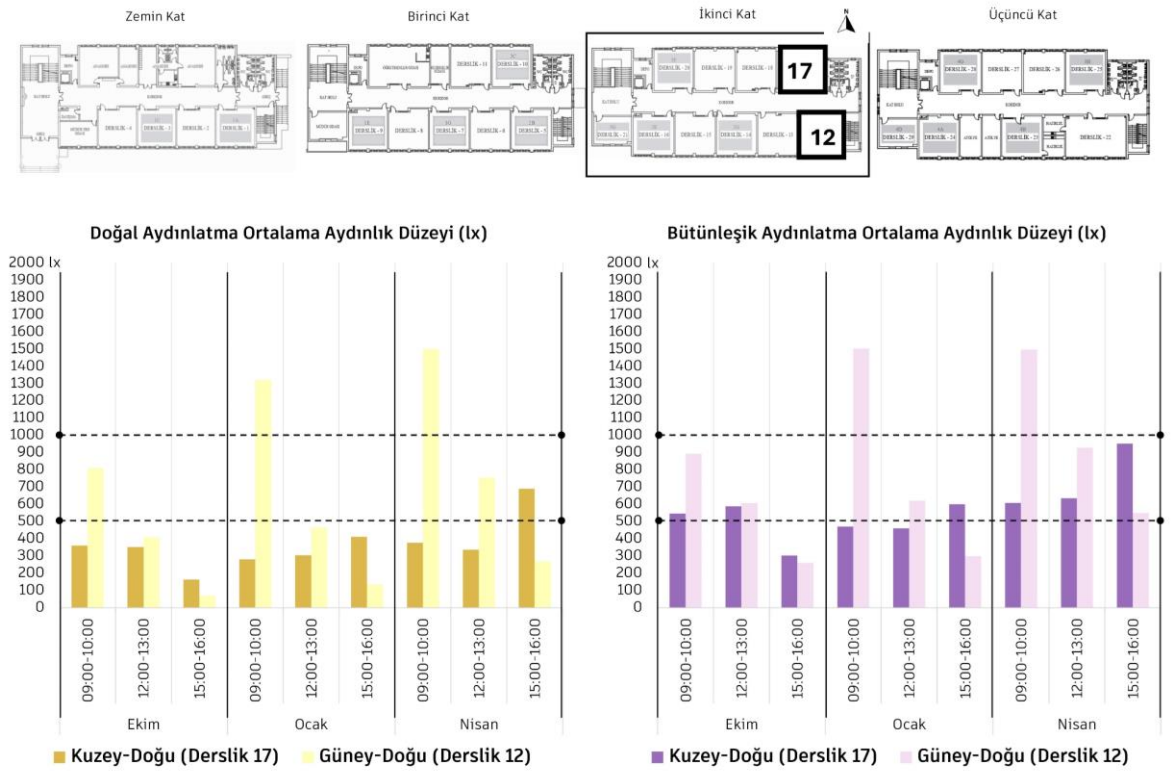
Kuzey cephesine bakan Derslik 10 da ise tüm ölçüm ayları ve saatlerinde standartta belirtilen aralıktaki değerlerde aydınlık düzeyi sağlanmıştır. Bu durum dersliklerde doğal aydınlık düzeyinin yeterli olduğu saatlerin cephenin güneşi doğrudan aldığı zaman dilimi ile ilişkili olarak değiştiğini göstermektedir.

Bu anlamda farklı cephelerdeki dersliklerin ekim ve ocak ayında sabah; ekim, ocak ve nisan aylarında ise öğleden sonraki saatlerde aydınlık düzeyleri arasında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. Bu farklılık güney ve kuzey cephede sabah ve öğleden sonra saatlerinde 600-1300 lx değerlerindedir (Tablo 81).

Tablo 81. İkinci kat dersliklerin bulundukları cephe bağlamında bütünleşik aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi değerleri

		Ekim			**Ocak**			**Nisan**		
		09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00
Kuzeydoğu	*D-17*	**547lx**	**589lx**	304lx	471lx	461lx	**601lx**	**609lx**	**636lx**	**952lx**
Güneydoğu	*D-12*	**894lx**	**608lx**	261lx	**1504lx**	**621lx**	299lx	**1499lx**	**929lx**	**550lx**

Gün ışığının alındığı saatler ve güneşin geliş açısına bağlı olarak kuzey-güney cephelerindeki dersliklerin hem doğal hem de bütünleşik aydınlatmada aydınlık düzeyleri arasında öğle saatlerinde yakın değerlerde iken, sabah ve öğleden sonraki saatlerde anlamlı farklar söz konusudur (Şekil 31). Her iki derslikte de aynı özellikli ve aynı sayıda yapay armatürlerin kullanılması her iki durum arasındaki farklılığı ortaya koymakta yardımcı olmaktadır.



Şekil 31. İkinci kattaki Derslik 12 ve Derslik 17'nin doğal ve bütünleşik aydınlatma verileri

Derslik 16 ve Derslik 20'nin doğal aydınlatma durumundaki verileri irdelendiğinde, Güney yöndeki Derslik 16'nın ekim ayında sabah, ocak ve nisan ayında sabah ve öğle saatlerinde yapılan ölçümlerden elde edilen aydınlık düzeyi değerleri TS EN 12464-1:2021 standardına uygun ve üstü değerlerde öğleden sonra istenen düzeyin altındadır. Kuzey cephesine bakan Derslik 20 de ise yalnızca nisan ayında öğleden sonraki aydınlık standartta belirtilen aralıktaki değerdedir. Bu durum dersliklerde doğal aydınlık düzeyinin yeterli olduğu saatlerin cephenin güneşi doğrudan aldığı zaman dilimi ile ilişkili olarak değiştiğini göstermektedir.

Bu anlamda farklı cephelerdeki dersliklerin sabah ve öğleden sonraki saatlerde aydınlık düzeyleri arasında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir (Tablo 80). Bu farklılığın en yüksek değeri nisan ayında sabah saatlerinde yaklaşık 900 lx olarak ölçülürken öğleden sonra yaklaşık 150 lx düzeylerindedir. Öğle saatlerinde ise ekim ayında önemli bir farklılık (<75 lx) görülmese de ocak ve nisan ayında yaklaşık 300 lx değerlerinde farklılıklar oluştuğu görülmektedir (Tablo 82).

Tablo 82. İkinci kat dersliklerin bulundukları cephe bağlamında doğal aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi değerleri

		Ekim			**Ocak**			**Nisan**		
		09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00
Kuzeybatı	*D-20*	296lx	298lx	162lx	288lx	257lx	482lx	377lx	309lx	**596lx**
Güneybatı	*D-16*	**547lx**	359lx	150lx	**789lx**	**500lx**	366lx	**1468lx**	**788lx**	398lx

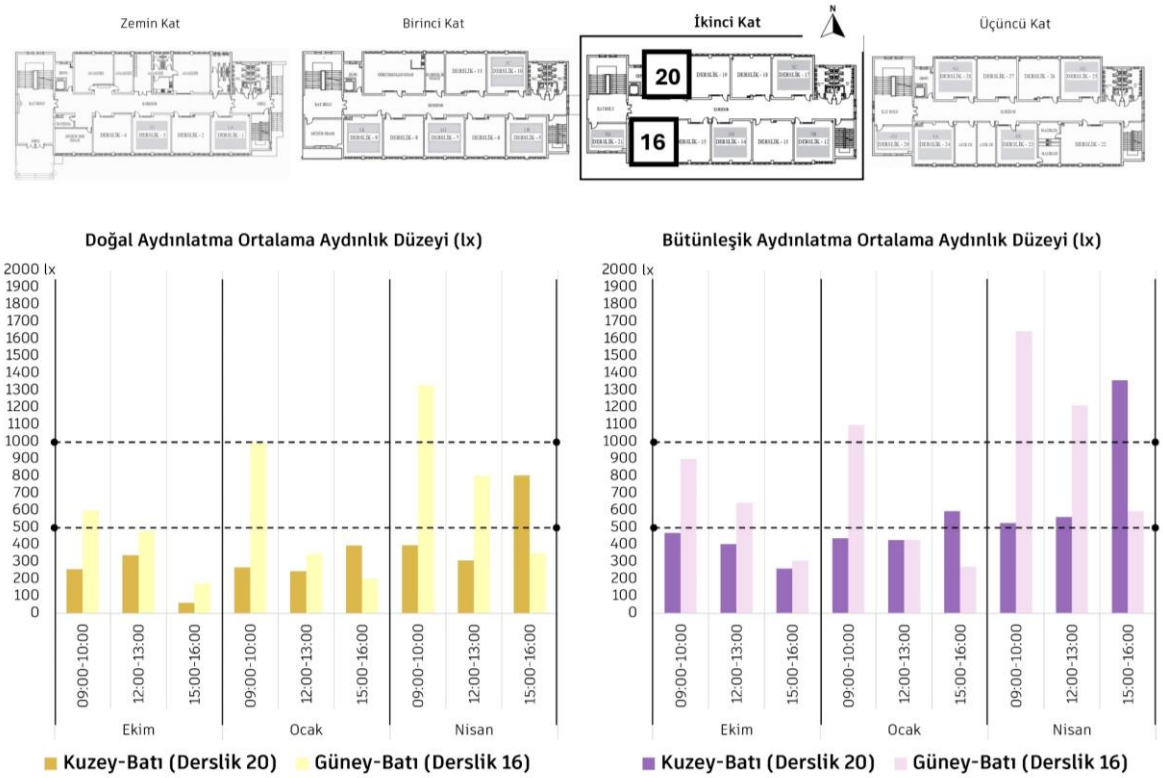
Derslik 16 ve Derslik 20'nin bütünleşik aydınlatma durumundaki verileri irdelendiğinde,

Güney yöndeki Derslik 16'nın tüm ölçüm durumlarında elde edilen aydınlık düzeyi değerleri TS EN 12464-1:2021 standardına uygun ve üstü değerlerdedir. Yalnızca ekim ayı öğleden sonra 358lx ile istenen düzeyin altında kalmıştır. Kuzey cephesine bakan Derslik 20 de ise ekim ayında sabah saatlerinde ocak ayında öğleden sonra saatlerde ve nisan ayında ise tüm ölçüm saatlerinde istenen düzeyde aydınlık düzeyi değerlerine sahiptir. Bu durum dersliklerde doğal aydınlık düzeyinin yeterli olmadığı saatlerde bütünleşik aydınlatmanın aydınlık düzeyini arttırmaya yönelik yeterli bir etkinlik sağlayamadığı ile ilişkilidir.

Bu anlamda farklı cephelerdeki dersliklerin özellikle sabah ve öğle saatlerde aydınlık düzeyleri arasında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir (Tablo 80). Bu farklılığın en yüksek değeri nisan ayında sabah saatlerinde yaklaşık 1100 lx olarak ölçülürken, ocak ayında 700 lx ve ekim ayında yaklaşık 400 lx'tür. Öğle saatlerinde ise nisan ayında 400lx, ocak ayında 200 lx ve ekim ayında ise 150 lx değerlerinde farklılıklar oluştuğu görülmektedir (Tablo 83).

Tablo 83. İkinci kat dersliklerin bulundukları cephe bağlamında doğal aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi değerleri

		Ekim			**Ocak**			**Nisan**		
		09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00
Kuzeybatı	*D-20*	**511lx**	494lx	381lx	408lx	421lx	**608lx**	**526lx**	**549lx**	**814lx**
Güneybatı	*D-16*	**971lx**	**634lx**	358lx	**1101lx**	**665lx**	**558lx**	**1609lx**	**953lx**	**639lx**



Şekil 32. İkinci kattaki Derslik 16 ve Derslik 20'nin doğal ve bütünleşik aydınlatma verileri

Her iki dersliğin tüm ölçüm aylarında öğle saatindeki ortalama aydınlık düzeyi değerinin neredeyse birbiri ile aynı olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum yalnızca nisan ayında değişkenlik gösterdiğinden, nisan ayında yüksek ışık yoğunluğunun neden olduğu düşünülmektedir. Ekim ve ocak ayında ise öğle saatlerindeki ölçüm verilerinin birbirlerine yakın değerlerde olması, yapının mevcut konumu ile ilgili olarak güneşin geliş açısının öğle saatlerinde daha dik ya da her iki yönde de eşit olması ile ilişkilendirilebilir. Bu bağlamda derslikte tüm aylarda ve saatlerde yapay ışık kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Aynı katta güney ve kuzey yönde bulunan dersliklerde, batı konumunda yer alan dersliklerin doğu konumunda yer alan dersliklerden daha yüksek düzeyde ortalama aydınlık düzeyi olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında, batı tarafında bulunan dersliklerde aydınlık düzeyi dağılımını daha homojen olduğundan söz edilebilir. Bu durumun nedeni grafiklerde sabah ve öğleden sonra saatleri arasındaki eğimin ne kadar fazla olduğu ile ilişkilidir. Batı yönündeki derslikler gün boyu farklı saat dilimlerinde birbirlerine daha yakın aydınlık düzeyinde olmakta, daha eşit miktarda güneş ışınlarını içeriye almaktadır (Şekil 32).

- Üçüncü Kat Derslikler

Derslik 24 ve Derslik 28'in doğal aydınlatma durumundaki verileri irdelendiğinde,

Güney cephedeki Derslik 24'ün yalnızca nisan ayı öğleden sonra yapılan ölçüm sonuçlarından elde edilen aydınlık düzeyi değerinin TS EN 12464-1:2021 standardına uygun değerlerde iken ekim ve ocak aylarında hiçbir saat aralığında istenen düzeyde değer yoktur. Kuzey cephesine bakan Derslik 28 de ise ekim, ocak ve nisan aylarında sabah saatlerindeki aydınlık düzeyi standartta belirtilen aralıktaki değerdedir. Bu durum dersliğin bulunduğu cephe ve yön ile ilişkili olarak günışığının geliş açısının ve güneşlenme süresinin genellikle yeterli olmaması ile ilişkilidir.

Bu anlamda farklı cephelerdeki dersliklerin sabah ve öğleden sonraki saatlerde aydınlık düzeyleri arasında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. Bu farklılık sabah saatlerinde güneşin güney cephesindeki etkinliği nedeniyle, ekim ayında yaklaşık 350 lx, ocak ayında 700 lx ve nisan ayında ise 1000 lx değerlerindedir (Tablo 84).

Tablo 84. İkinci kat dersliklerin bulundukları cephe bağlamında doğal aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi değerleri

		Ekim			**Ocak**			**Nisan**		
		09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00
Kuzeybatı	*D-28*	256lx	338lx	61lx	268lx	245lx	395lx	396lx	308lx	**804**lx
Güneybatı	*D-24*	**600lx**	480lx	174lx	**992lx**	345lx	202lx	**1329lx**	**802lx**	352lx

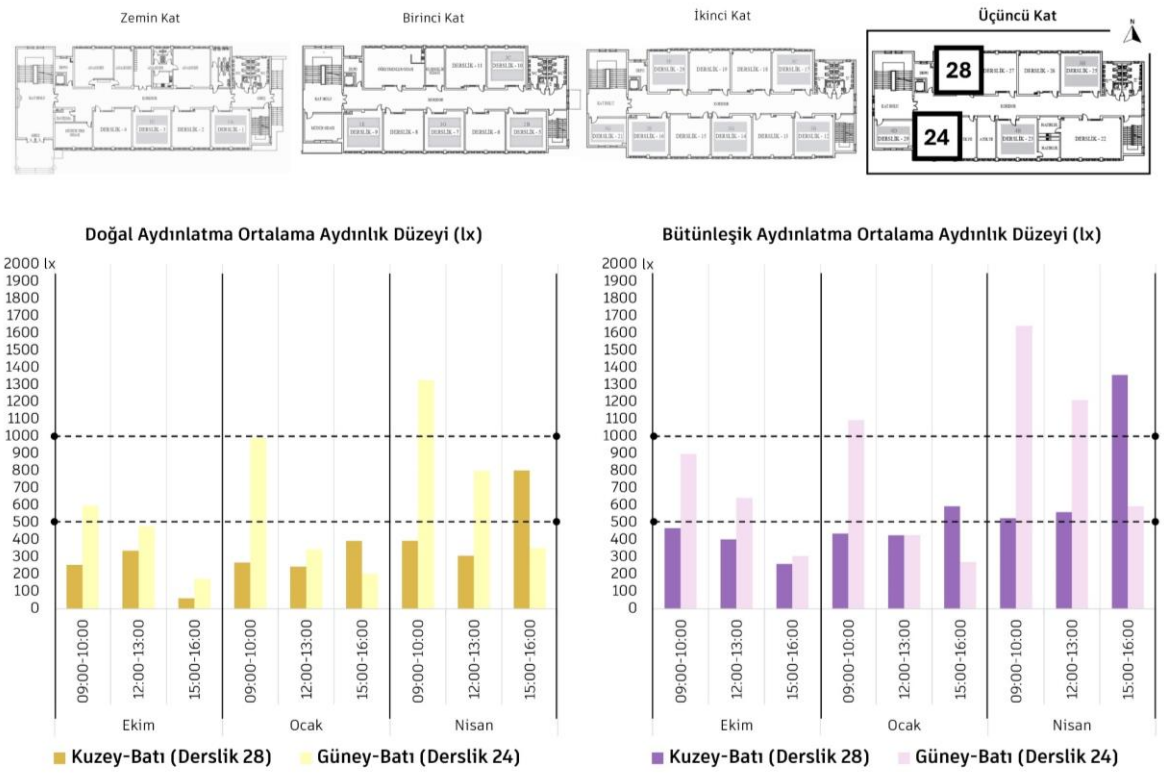
Derslik 24 ve Derslik 28'in bütünleşik durumundaki verileri irdelendiğinde, güney cephedeki Derslik 24'ün nisan ayında tüm ölçüm saatlerinde, ekim ayında sabah ve öğle saatlerinde ve ocak ayında ise yalnızca sabah saatindeki ölçüm değerleri TS EN 12464-1:2021 standardına uygun değerlerdedir. Ekim ve ocak aylarında öğleden sonra elde edilen değerler standardın altındadır. Kuzey cephesine bakan Derslik 28 de nisan ayında tüm ölçüm saatlerinde ve ocak ayının öğleden sonra saatindeki ölçüm değerleri TS EN 12464-1:2021 standardına uygun değerlerde iken ekim ayında ölçüm saatlerinde istenen düzeyde hiçbir değer yoktur.

Bu anlamda farklı cephelerdeki dersliklerin sabah ve öğleden sonraki saatlerde aydınlık düzeyleri arasında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. Bu farklılık sabah saatlerinde güneşin güney cephesindeki etkinliği nedeniyle, ekim ayında yaklaşık 450 lx, ocak ayında 700 lx ve nisan ayında ise 1100 lx değerlerindedir (Tablo 85).

Tablo 85. İkinci kat dersliklerin bulundukları cephe bağlamında bütünleşik aydınlatma durumunda ortalama aydınlık düzeyi değerleri

		Ekim			**Ocak**			**Nisan**		
		09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00
Kuzeybatı	*D-28*	469lx	403lx	261lx	437lx	427lx	**596lx**	**526lx**	**562lx**	**1359lx**
Güneybatı	*D-24*	**900lx**	**644lx**	307lx	**1096lx**	429lx	272lx	**1644lx**	**1212lx**	**596lx**

Her iki dersliğin ekim ve ocak öğle saatindeki ortalama aydınlık düzeyi değerinin birbirlerine yakın değerlerde ve istenen düzeyin altında olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum yalnızca nisan ayında değişkenlik gösterdiğinden, nisan ayında yüksek ışık yoğunluğunun neden olduğu düşünülmektedir (Şekil 33).

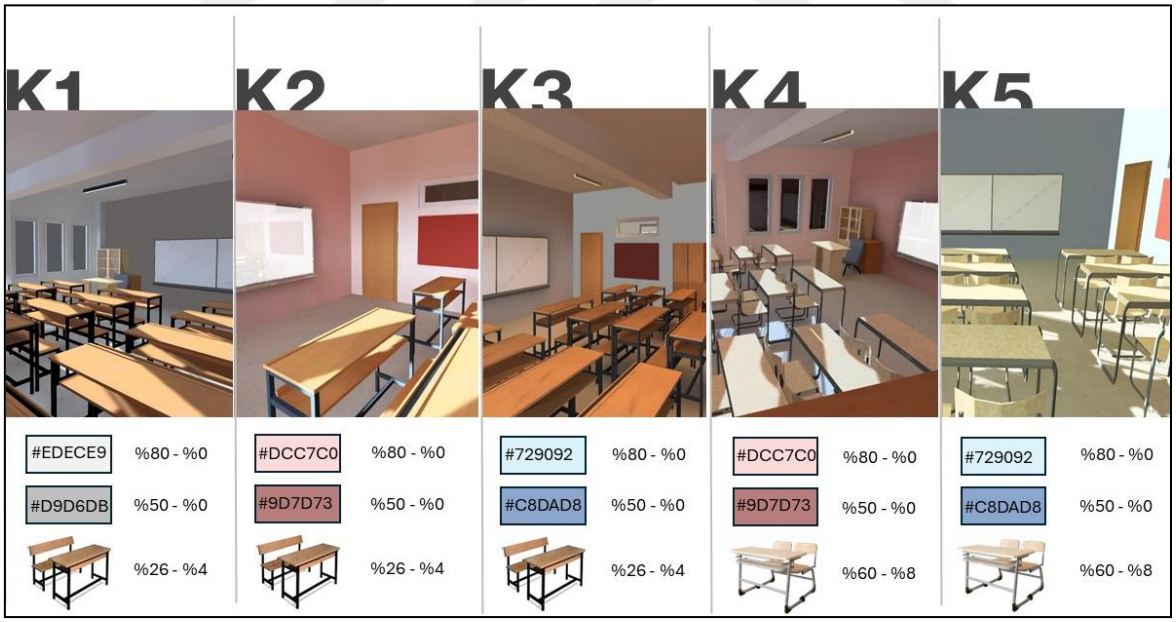


Şekil 33. Üçüncü kattaki Derslik 24 ve Derslik 28'in doğal ve bütünleşik aydınlatma verileri

3.7. Dersliklerdeki Renk ve Malzeme Kombinasyonlarına İlişkin Simülasyon Bulguları

Ahmet Saka İlkokulu'nda periyodik olarak her mevsimde gerçekleştirilen doğal, yapay ve bütünleşik aydınlatma ile sağlanan çalışma düzlemi aydınlık düzeyleri ölçüm verileri ışığında, ocak ayında ölçülen verilerin diğer ölçüm ayları ile karşılaştırıldığında daha düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir. Eğitim yapıları dersliklerinde kullanılacak duvar yüzey renkleri ve öğrenci sıraları malzeme/doku özelliklerinin doğru seçilmesinin görsel konfora ve elektrik enerjisi tasarrufuna olumlu katkı sağlayacağı varsayımı üzerine temellenen bu çalışmada, önerilecek alternatiflerin de en düşük aydınlık düzeyinin ölçüldüğü ay için sınanmasının uygun olacağı düşünülmüştür.

Dialux.evo 12.1 yazımıyla gerçeğe en yakın şekilde modellenen yapı, yazılımın doğal aydınlatmanın da hesaba katılarak hem yapay aydınlatmaya olan ihtiyacı azaltmaya yönelik hem de seçilen aydınlatma armatürleri ile nasıl bir etkisi olacağı sınanmıştır. Bu amaçla, simülasyonda sınanmak üzere aydınlık düzeylerinin iyileştirilmelerine yönelik beş farklı kombinasyon önerisi oluşturulmuştur (Şekil 34).



Şekil 34**.** Simülasyonlara yönelik hazırlanan kombinasyonlar

1. Kombinasyon (K-1): Ahmet Saka İlkokulu'nda mevcut aydınlatma düzeninde toplam 78 aydınlatma armatürü bulunmaktadır. Yapının armatürleri LED armatürlerle değiştirilmesine rağmen, dersliklerde yeterli aydınlık düzeyinin sağlanmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle, birinci kombinasyonda, mevcut yapıda dersliklerde minimum 500 lx

değerinde aydınlık düzeyi sağlayacak enerji tasarruflu 5500K ışık renkli, 36Watt, 5000lümen özellikli lineer bant şeklinde LED armatür seçilmiş ve tüm dersliklere Dialux.evo 12.1 yazılımının önerdiği biçimde her alana uygun olarak yerleştirilmiştir. Bu kombinasyondan sonra yapılan her kombinasyon belirlenen LED armatür ile hesaplara dahil edilmiştir (Şekil 35).

Şekil 35. Gri renk duvar yüzeyleri ve ahşap sıra kombinasyonu (K-1)

2. Kombinasyon (K-2): Mevcut durumun yalnızca duvar yüzey renklerinin değiştirildiği senaryodur. Duvar yüzey renkleri %80 yansıtıcılı sıcak renkli (açık pembe) ve odak yüzeyi %50 yansıtıcılı sıcak renk (gül kurusu) boyanmıştır. Öğrenci sıraları mevcut durumdaki gibi ahşap kayın malzemeli sıralardır (Şekil 36).

Şekil 36. Sıcak renk duvar yüzeyleri ve ahşap sıra kombinasyonu (K-2)

3. Kombinasyon (K-3): Mevcut durumun yalnızca duvar yüzey renklerinin değiştirildiği senaryodur. Duvar yüzey renkleri %80 yansıtıcılı (açık mavi) ve odak yüzeyi %50 yansıtıcılı soğuk renkli (mavi) boyanmıştır. Öğrenci sıraları mevcut durumdaki gibi ahşap kayın malzemeli sıralardır (Şekil 37).

Şekil 37. Soğuk renk duvar yüzeyleri ve ahşap sıra kombinasyonu (K-3)

4. Kombinasyon (K-4): Mevcut durumun hem duvar yüzey renklerinin hem de öğrenci sıra malzemelerinin değiştirildiği senaryodur. Duvar yüzey renkleri %80 yansıtıcılı (açık pembe) ve odak yüzeyi %50 yansıtıcılı soğuk renkli (gül kurusu) boyanmıştır. Öğrenci sıraları ise PPC ve werzalit kaplamalı yüksek yansıtma özellikli sıralarıyla değiştirilmiştir (Şekil 38).

Şekil 38. Sıcak renk duvar yüzeyleri ve PPC sıra kombinasyonu (K-4)

5. Kombinasyon (K-5): Mevcut durumun hem duvar yüzey renklerinin hem de öğrenci sıra malzemelerinin değiştirildiği senaryodur. Duvar yüzey renkleri %80 yansıtıcılı (açık mavi) ve odak yüzeyi %50 yansıtıcılı soğuk renkli (mavi) boyanmıştır. Öğrenci sıraları ise PPC ve werzalit kaplamalı yüksek yansıtma özellikli sıralarıyla değiştirilmiştir (Şekil 39).

Şekil 39. Soğuk renk duvar yüzeyleri ve PPC sıra kombinasyonu (K-5)

3.7.1. Zemin Kat Derslikler

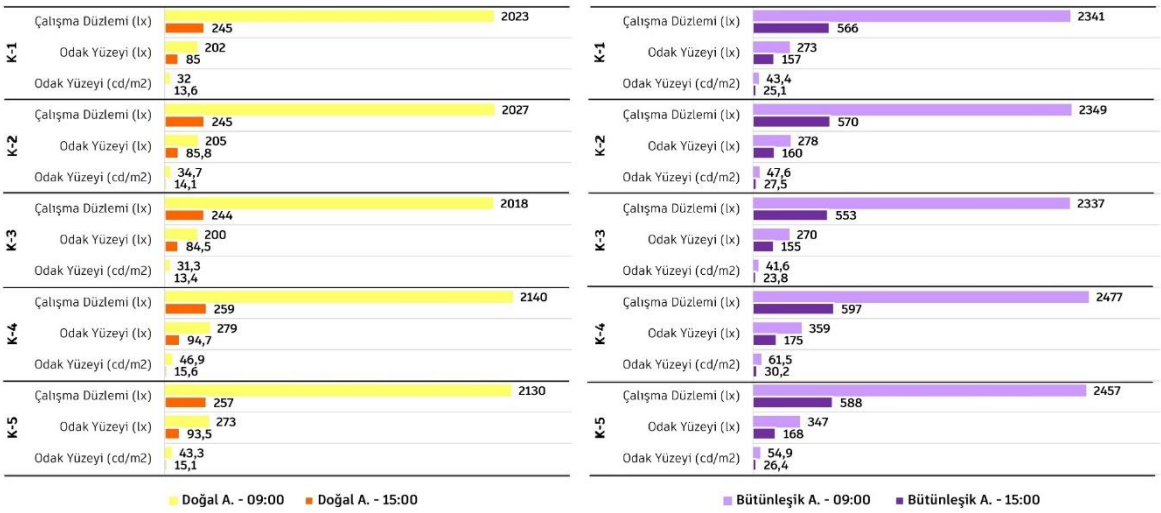
- Derslik 1

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 1'in günışığı verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 200 lx ile, duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K3), en yüksek aydınlık düzeyi ise 2140 lx ile sabah duvarların pembe/gülkurusu, sıraların açık renk werzalit kaplı sıralar olduğu kombinasyonda (K4) hesaplanmıştır. Derslik, sabah saatlerinde oldukça aydınlık olduğundan yapılan kombinasyonlarda en düşük ve en yüksek veriler arasında değişim oranı %6,8'dir. Öğleden sonra ise derslik istenen düzeyden daha az aydınlık olduğundan yapılan kombinasyonlarda en yüksek ve en düşük veriler arasındaki değişim oranı %43,7'dir.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 84,5 lx ile mavi duvar rengi, ahşap sıra kombinasyonunda (K-3), en yükseği ise 279 lx ile pembe/gülkurusu renkli duvar, açık renk werzalit sıra kombinasyonunda (K-4) hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi sabah 150 lx düzeyinden fazla olduğu için standarda uygunken, öğleden sonra uygun olmadığı belirlenmiştir.

Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri K-3'te 13,4 cd/m^2, en yüksek parıltı değeri ise 46,3 ile K-4'te elde edilmiştir (Şekil 40).



Şekil 40. Derslik 1'in kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 1'in bütünleşik aydınlatma verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 553 lx ile mavi duvar rengi, ahşap sıra kombinasyonunda (K-3), en yüksek aydınlık düzeyi ise 1477 lx sabah pembe/gülkurusu renkli duvar, açık renk werzalit sıra kombinasyonunda (K-4) hesaplanmıştır. Öğleden sonraki aydınlık düzeyi değerleri min.500 lx gereksinmeyi karşılamaktadır. Simülasyonda aydınlık düzeyini en fazla arttıran kombinasyonun (K4) etkisi %5,4'dir.

Tüm kombinasyonlarda odak yüzeyinde minimum 150 lx gereksinme karşılanmıştır. Hesaplanan en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 155 lx ile K-3'te, en yükseği ise sabah 359 lx ile K-4'tedir.

Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri öğleden sonra K-3'te 23,8 cd/m2, en yüksek parıltı değeri ise 30,2 ile K-4'te elde edilmiştir (Şekil 40).

→ Derslik 3

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 3'ün bütünleşik aydınlatma verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 186 lx ile K-3'te, en yüksek aydınlık düzeyi ise 1942 lx sabah K-4'de hesaplanmıştır. Derslik, sabah saatlerinde oldukça aydınlık olduğundan yapılan kombinasyonlarda en düşük ve en yüksek veriler arasında değişim oranı %6,8'dir. Öğleden sonra ise derslik istenen düzeyden daha az aydınlık olduğundan yapılan kombinasyonlarda en yüksek ve en düşük veriler arasındaki değişim oranı %43,7'dir.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 78,1 lx ile K-1'de, en yükseği ise 275 lx ile K-4'te hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi sabah 150 lx düzeyinden fazla olduğu için standarda uygunken, öğleden sonra uygun olmadığı belirlenmiştir.

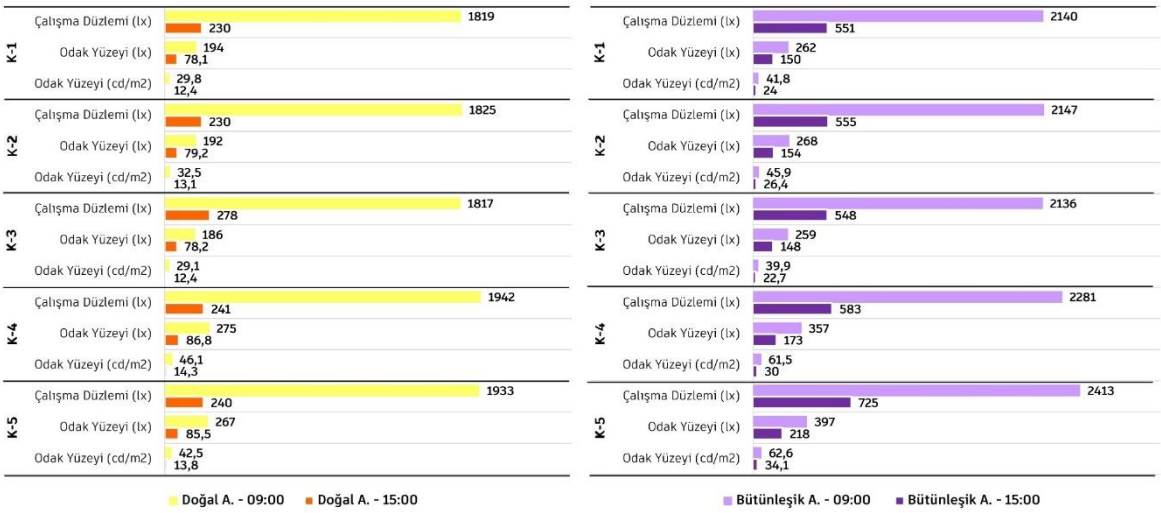
Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri K-1 ve K-3'te 12,4 cd/m^2, en yüksek parıltı değeri ise K-4'te elde edilmiştir (Şekil 41).

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 3'ün bütünleşik aydınlatma verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 551 lx ile K-1'de, en yüksek aydınlık düzeyi ise 2413 lx K-5'te hesaplanmıştır. Doğal aydınlatmanın aksine öğleden sonra tüm kombinasyonlarda standarda uygun aydınlık düzeyi hesaplanmıştır. Öğleden sonra hesaplanan değerler karşılaştırıldığında K-5'te %31,5 oranında artışla 725 lx değerinde aydınlık düzeyi elde edilmiştir.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 148 lx ile K-3'te, en yükseği ise 397 lx ile K-5'te hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi hem sabah hem de öğleden sonra tüm kombinasyonlarda 150 lx seviyesinde, standarda uygun olduğu belirlenmiştir.

Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri K-3'te 22,7 cd/m^2, en yüksek parıltı değeri ise 61,5 cd/m^2 ile K-4'te elde edilmiştir (Şekil 41).



Şekil 41. Derslik 3'ün kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri

3.7.2. Birinci Kat Derslikler

→ Derslik 5

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 5'in günışığı verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 199 lx ile duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3) ve en yüksek aydınlık düzeyi de yine aynı kombinasyonda 2023 lx olarak hesaplanmıştır. Sabah saatlerinde derslikteki aydınlık düzeyi standardın çok üstündedir.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi mavi renk duvar yüzeyi ve ahşap sıra kombinasyonunda (K-3) 84,5 lx, en yükseği ise 279 lx ile duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu ve sıraların werzalit+ppc malzemeden olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi sabah 150 lxlerinde olduğundan TS EN 12464-1:2021 standardına uygunken, öğleden sonra uygun değildir.

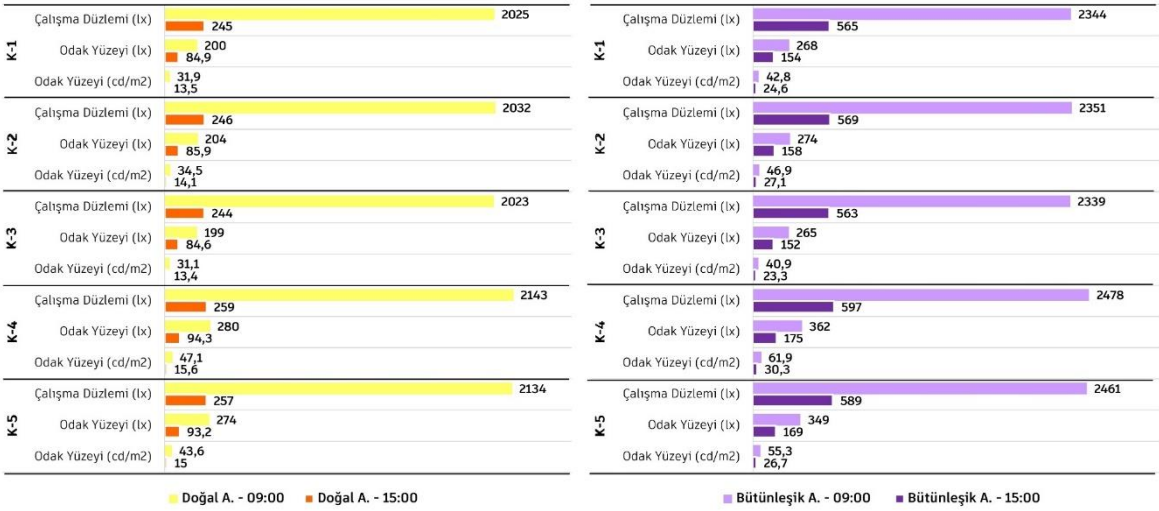
Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri mavi renk duvar yüzeyi ve ahşap sıraların olduğu kombinasyonda (K-3) 13,4 cd/m^2 ve gri duvar yüzeyi ve ahşap sıraların olduğu kombinasyon (K-1) 13,5 cd/m^2, en yüksek parıltı değeri ise 15,6 ile pembe/gülkurusu duvar renk ile werzalit+ppc sıra kombinasyonunda (K-4) elde edilmiştir (Şekil 42).

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 5'in bütünleşik aydınlatma verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 563 lx ile duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu (K-3), en yüksek aydınlık düzeyi ise 2478 lx sabah pembe/gülkurusu duvar yüzeyi ve sıraların werzalit+ppc malzemeli olduğu kombinasyonunda (K-4) hesaplanmıştır. Öğleden önceki değerler aydınlık düzeyinin standardın çok üstünde olduğunu gösterirken, öğleden sonraki aydınlık düzeyi değerlerinin min 500 lx değerini karşıladığını göstermektedir.

Odak yüzeyinde tüm kombinasyonlarda min. 150 lx değerine ulaşılmıştır. Hesaplanan en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 152 lx ile K-3'te, en yükseği ise sabah 362 lx ile K-4'tedir.

Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri öğleden sonra K-3'te 23,3 cd/m^2, en yüksek parıltı değeri ise 61,9 ile K-4'te elde edilmiştir (Şekil 42).



Şekil 42. Derslik 5'in kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri

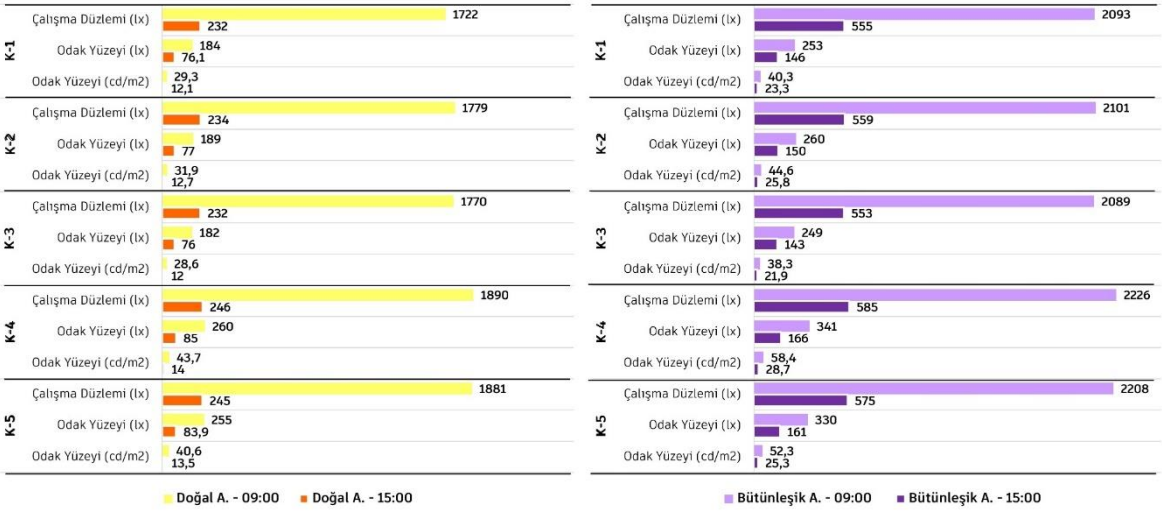
- Derslik 7

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 7'nin günışığı verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi 232 lx ile gri renk duvar yüzeyi ve ahşap sıralı mevcut durumda (K-1) ve duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu (K-3), en yükseği ise 1890 lx ile duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların werzalit+ppc malzemeli olduğu (K-4) hesaplanmıştır.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 76 lx ile K-3'te, en yüksek değer ise 1890 lx ile K-4'te hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi sabah 150 lx değeri karşıladığından TS EN 12464-1:2021 standardına uygunken, öğleden sonra ise standarda uygun değildir.

Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri gri renk duvar yüzeyi ve ahşap sıralı mevcut durumda (K-1) 12 cd/m^2 ve en yüksek aydınlık düzeyi ise 2478 lx sabah pembe/gülkurusu duvar yüzeyi ve sıraların werzalit+ppc malzemeli olduğu kombinasyonunda (K-3) 12,1 cd/m^2, en yüksek parıltı değeri ise duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların werzalit+ppc malzemeli olduğu (K-4) 14 cd/m^2'dir (Şekil 43).



Şekil 43. Derslik 7'nin kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 7'nin bütünleşik aydınlatma verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 553 lx ile duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu (K-3), en yüksek aydınlık düzeyi ise 2426 lx ile duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların werzalit+ppc malzemeden olduğu (K-4) hesaplanmıştır. Doğal aydınlatmanın aksine öğleden sonra tüm kombinasyonlarda standarda uygun min. 500 lx üzerinde aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Öğleden sonra hesaplanan minimum ve maksimum değerler karşılaştırıldığında ise kombinasyonlar arasındaki fark %5 oranındadır.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 148 lx ile K-3'te, en yükseği ise 341 lx ile K-4'te hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi sabah saatinde tüm kombinasyonlarda min. 150 lx gereksinmeyi karşılarken, öğleden sonra mevcut durumda gri duvar yüzeyi ve ahşap sıraların bulunduğu kombinasyonda (K-1) ve duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3) karşılanmamıştır.

Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri K-3'te 21,9 cd/m2, en yüksek parıltı değeri ise 58,4 cd/m2 ile K-4'te elde edilmiştir (Şekil 43).

- Derslik 9

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 9'un günışığı verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi 248 lx ile duvar yüzeylerinin gri renk, sıraların ahşap malzemeleri olduğu mevcut durumda (K-1) ve duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3), en yükseği ise 2512 lx ile duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu, sıraların werzalit+ppc malzemeli olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 112 lx ile K-1 ve K-3'te, en yükseği ise 1123 lx ile K-4'te hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi öğleden sonra min. 150 lx düzeyinden fazla olduğu için standarda uygun değilken, öğleden sonra ise standarda uygundur.

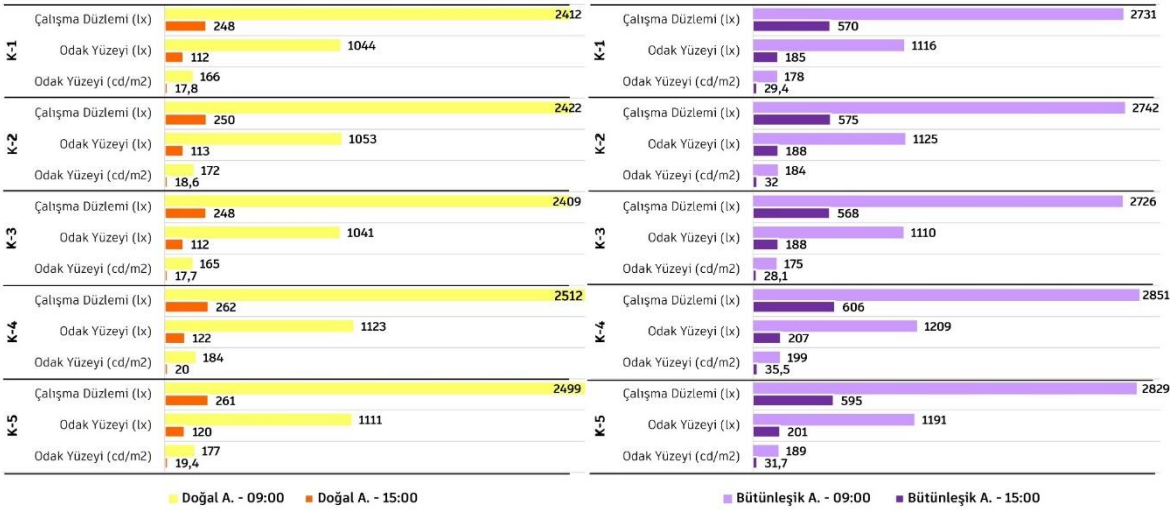
Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri K-3'te 17,7 cd/m^2, en yüksek parıltı değeri ise K-4'te 184 cd/m^2'dir. Bu yüksek parıltı değeri, duvar yüzeyinde kamaşmaya neden olacak düzeydedir ve bu durumun göz sağlığı ve konforuna olumsuz etki etkilemesi söz konusudur. (Şekil 44).

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 9'un bütünleşik aydınlatma verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 568 lx ile K-3'de, en yüksek aydınlık düzeyi ise 2851 lx K-4'te hesaplanmıştır. Doğal aydınlatmanın aksine öğleden sonra tüm kombinasyonlarda standarda uygun 500 lx üzerinde aydınlık düzeyi elde edilmiştir. Öğleden sonra hesaplanan değerler karşılaştırıldığında ise kombinasyonlar arasındaki fark %6 oranındadır.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 185 lx ile K-1'de, en yükseği ise 1209 lx ile K-4'te hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi öğleden sonra tüm kombinasyonlarda min 150 lx gereksinmeyi karşılarken, öğleden sonra ise tüm kombinasyonlarda 1000 lxten fazladır. Bu aşırı aydınlık düzey, yüzeyde parıltı değerlerinin de artmasına katkı sağlamaktadır.

Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri K-3'te 28,1 cd/m^2, en yüksek parıltı değeri ise 35,5 cd/m^2 ile K-4'te elde edilmiştir (Şekil 44).



Şekil 44. Derslik 7'nin kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri

- Derslik 10

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 10'un /günışığı verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi sabah 173 lx ile mevcut durumda duvar yüzeylerinin gri ve sıraların ahşap malzemeli olduğu kombinasyonda (K-1) ve duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3), en yüksek aydınlık düzeyi ise 1107 lx duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu, sıraların werzalit+ppc malzemeli olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır. K-1'de aydınlık düzeyi 437 lx iken duvar rengi ve öğrenci sıralarının değiştirilmesiyle diğer dört kombinasyon sonuç değerleriyle 1000 lx maksimum gereksinme karşılanmıştır.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 57,7 lx ile K-3'te, en yükseği ise 434 lx ile K-4'te hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyinin, sabah 150 lx düzeyinden çok düşük olduğu için, öğleden sonra ise 150 lxten çok yüksek olduğu için standarda uygun olmadığı belirlenmiştir.

Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri K-3'te 9 cd/m^2, en yüksek parıltı değeri ise 71,4 ile K-4'te elde edilmiştir (Şekil 45).

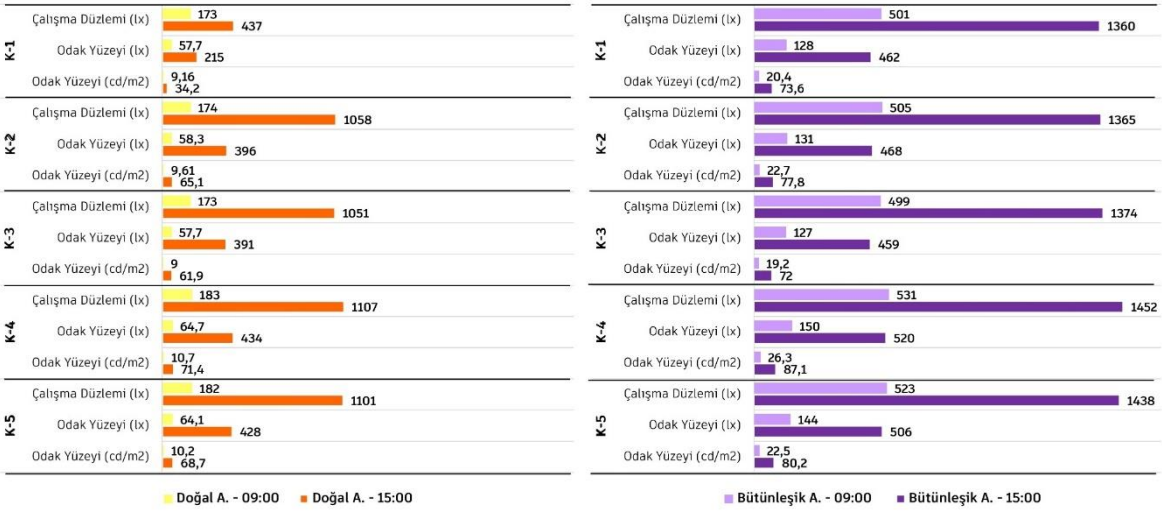
→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 10'un bütünleşik aydınlatma verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi sabah 499 lx ile duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3), en yüksek aydınlık düzeyi ise öğleden sonra 1452 lx ile duvar yüzeylerinin

pembe/gülkurusu, sıraların werzalit+ppc malzemeli olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 127 lx ile K-3'te, en yükseği ise 1452 lx ile K-4'te hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi sabah yalnızca K-4'te standarda uygun olduğu belirlenmiştir.

Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri K-3'te 19,2 cd/m^2, en yüksek parıltı değeri ise 87,1 cd/m^2 ile K-4'te elde edilmiştir. En düşük ve en yüksek değer arasındaki değişim oranı doğal aydınlatmada %693 iken, bütünleşik aydınlatmada %353'tür (Şekil 45).



Şekil 45. Derslik 10'un kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri

3.7.3. İkinci Kat Derslikler

→ Derslik 12

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 12'nin günışığı verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 244 lx ile mevcut durumda duvar yüzey renklerinin gri, sıraların ahşap malzemeli olduğu kombinasyonda (K-1) ve 199 lx ile duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3) hesaplanmıştır. En yüksek aydınlık düzeyi ise 2135 lx ile sabah saatlerinde yine aynı K-3 kombinasyonda hesaplanmıştır.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 84,2 lx ile duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3), en yükseği ise 281 lx ile duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların werzalit+ppc malzemeden

olduğu kombinasyonda hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi sabah saatlerinde min. 150 lx değerini sağladığından standarda uygunken, öğleden sonra ise standarda uygun değildir.

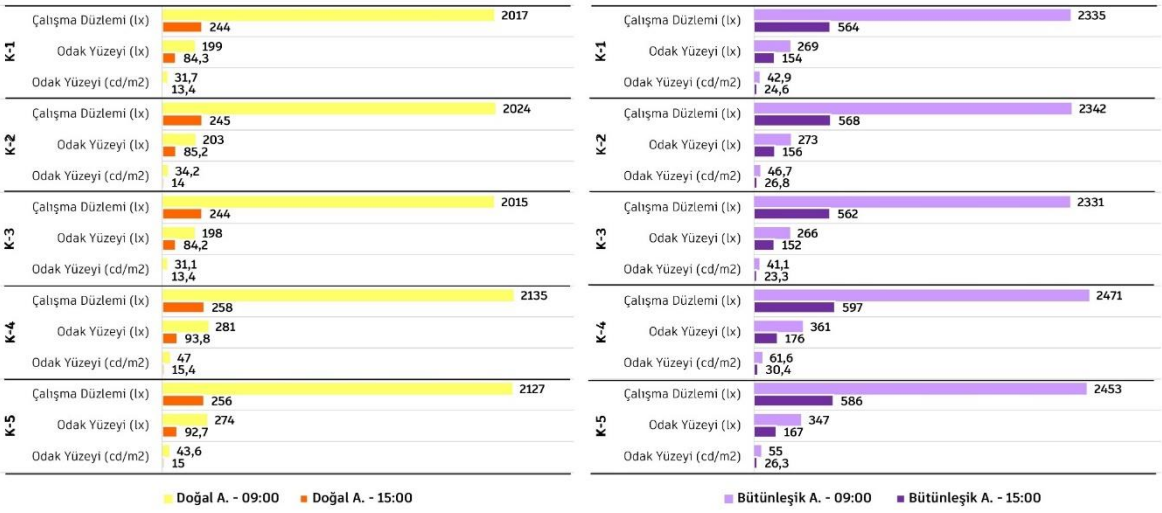
Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri K-1'de ve K-3'te 13,4 cd/m^2 ve en yüksek parıltı değeri ise 15,4 ile K-4'te elde edilmiştir (Şekil 46).

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 12'nin bütünleşik aydınlatma verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 563 lx ile K-3'te ve en yüksek aydınlık düzeyi ise 2471 lx sabah K-4'te hesaplanmıştır.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 152 lx ile K-3'te ve en yükseği ise 361 lx ile K-4'te hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi hem sabah hem de öğleden sonra 150 lx değerinden fazla olduğu için standarda uygundur.

Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri K-3'te 23,3 cd/m^2 ve en yüksek parıltı değeri ise 61,6 ile K-4'te elde edilmiştir (Şekil 46).



Şekil 46. Derslik 12'nin kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri

- Derslik 14

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 14'ün günışığı verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 236 lx ile mevcut durumda duvar yüzey renklerinin gri, sıraların ahşap malzemeli olduğu kombinasyonda (K-1) ve duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3) hesaplanmıştır. En yüksek aydınlık düzeyi ise 1906 lx sabah

saatlerinde duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 78,8 lx ile K-3'te, en yükseği ise 274 lx ile K-4'te hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi sabah saatlerinde min. 150 lx değerini sağladığı için standarda uygunken, öğleden sonra ise bu düzeyin altında kalmıştır.

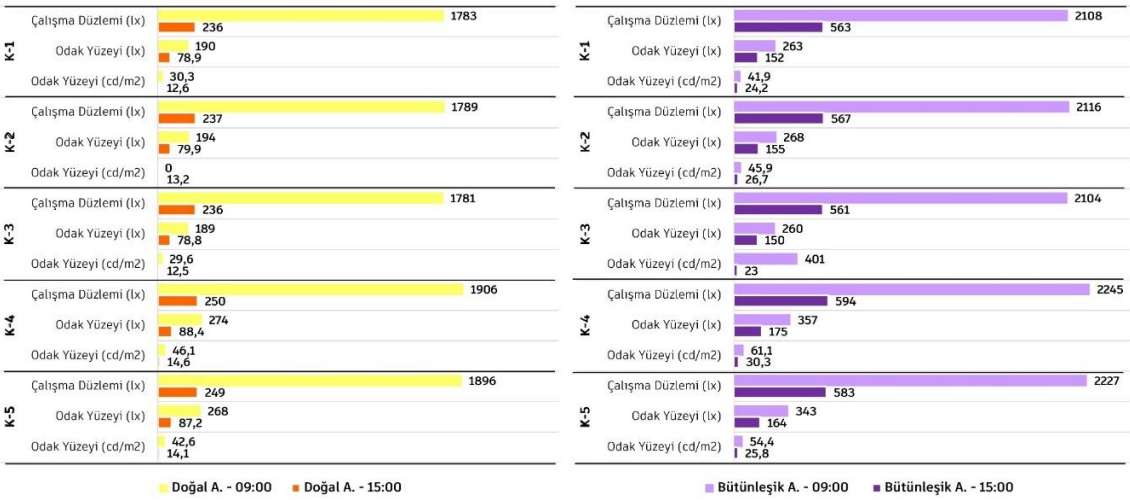
Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri K-3'te 12,5 cd/m^2 ve en yüksek parıltı değeri ise 46,2 ile K-4'te elde edilmiştir (Şekil 47).

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 14'ün bütünleşik aydınlatma verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 561 lx ile duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3) ve en yüksek aydınlık düzeyi ise 2245 lx sabah saatlerinde duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 150 lx ile duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3) ve en yükseği ise 357 lx ile duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi hem sabah hem de öğleden sonra standarda uygun olarak min. 150 lx değerini karşılamıştır.

Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri K-3'te 23 cd/m2 ve en yüksek parıltı değeri ise 61,1 ile K-4'te elde edilmiştir (Şekil 47).



Şekil 47. Derslik 14'ün kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri

- Derslik 16

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 16'nın günışığı verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 249 lx ile mevcut durumda duvar yüzey renklerinin gri, sıraların ahşap malzemeli olduğu kombinasyonda (K-1) ve duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3) hesaplanmıştır. En yüksek aydınlık düzeyi ise 2513 lx sabah saatlerinde duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 11 lx ile K-3'te, en yükseği ise 1119 lx ile K-4'te hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi sabah saatlerinde min. 150 lx gereksinmeden daha az ve öğleden sonra saatlerde ise daha fazladır.

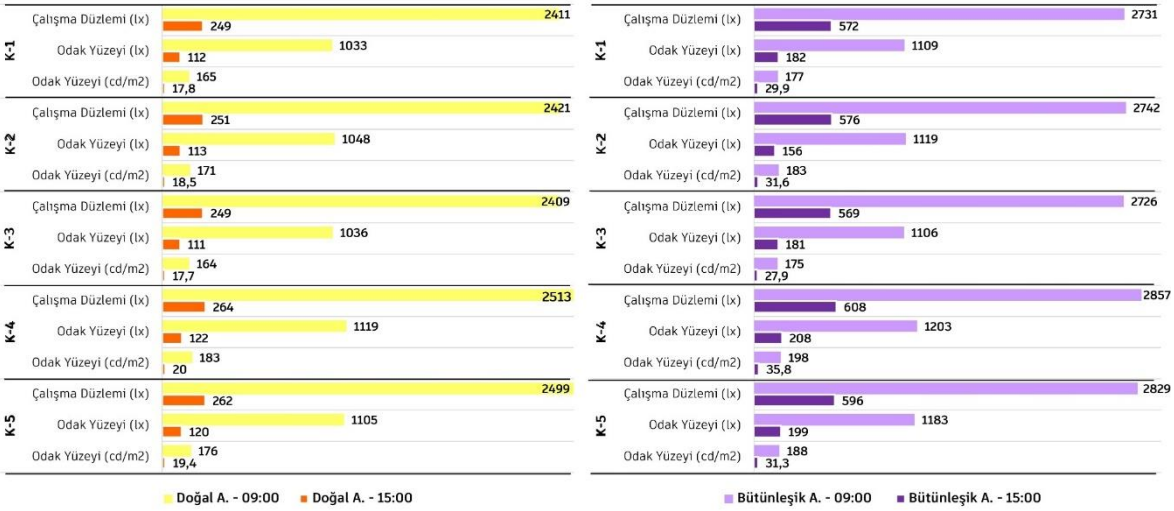
Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri K-3'te 17,7 cd/m^2 ve en yüksek parıltı değeri ise 183 ile K-4'te elde edilmiştir (Şekil 48).

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 16'nın bütünleşik aydınlatma verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 569 lx ile duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3) ve en yüksek aydınlık düzeyi ise 2857 lx sabah saatlerinde duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 156 lx ile duvar yüzey renklerinin pembe/gülkurusu, sıraların ahşap malzemeli olduğu kombinasyonda (K-2) ve duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3) hesaplanmıştır. En yükseği ise 1203 lx ile duvar yüzey renklerinin pembe/gülkurusu, sıraların werzalit+ppc malzemeli olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır. Odak yüzeyinde ölçülen aydınlık düzeyi değerleri sabah saatlerinde min. 150 lx değerinden oldukça fazlayken, öğleden sonraki değerler standart düzeyindedir.

Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri K-3'te 27,9 cd/m^2 ve en yüksek parıltı değeri ise 35,8 ile K-4'te elde edilmiştir (Şekil 48).



Şekil 48. Derslik 16'nın kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri

- Derslik 17

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 17'nin günışığı verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 175 lx ile mevcut durumda duvar yüzey renklerinin gri, sıraların ahşap malzemeli olduğu kombinasyonda (K-1) ve duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3) hesaplanmıştır. En yüksek aydınlık düzeyi ise 1116 lx sabah duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların werzalit+ppc olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 57,3 lx ile K-3'te, en yükseği ise 431 lx ile K-4'te hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi sabah saatinde min. 150 lx değerinden daha düşük düzeyde, öğleden sonraki değerler ise oldukça fazla düzeydedir.

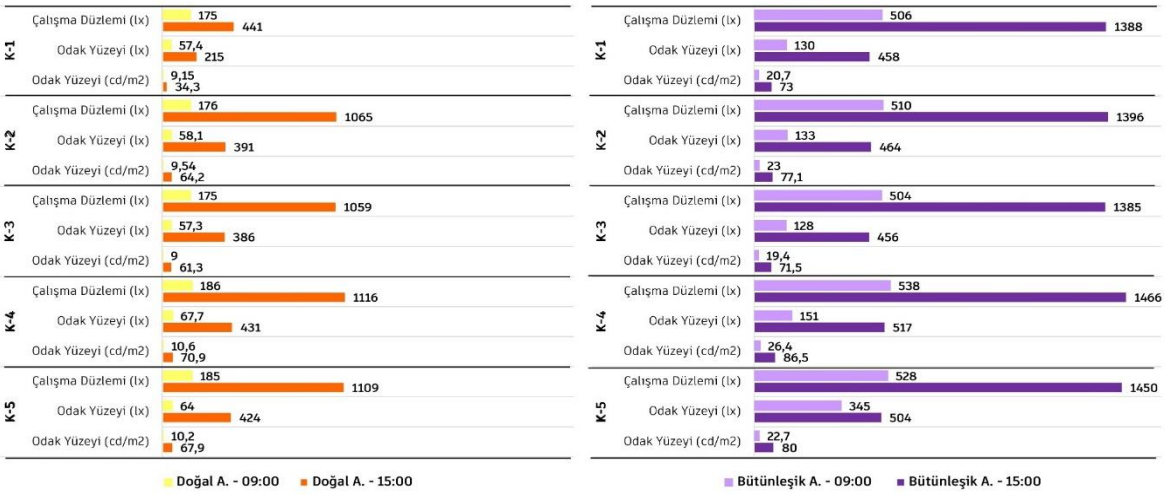
Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri K-3'te 9 cd/m^2 ve en yüksek parıltı değeri ise 70,9 ile K-4'te elde edilmiştir (Şekil 49).

Hazırlanan simülasyonda Derslik 17'nin bütünleşik aydınlatma verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 249 lx ile mevcut durumda duvar yüzey renklerinin gri, sıraların ahşap malzemeli olduğu kombinasyonda (K-1) ve duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3) hesaplanmıştır. En yüksek aydınlık düzeyi ise 2513 lx sabah duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların werzalit+ppc olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 128 lx ile K-3'te, en yükseği ise 517 lx ile K-4'te hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi sabah 150 lx değerinden az olduğu için standarda uygun değilken, öğleden sonra ise yüksek değerler parıltı oranını arttırarak kamaşmaya neden olabilir.

Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri K-3'te 19,4 cd/m2 ve en yüksek parıltı değeri ise 86,5 ile K-4'te elde edilmiştir (Şekil 49).



Şekil 49. Derslik 17'nin kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri

- Derslik 20

Hazırlanan simülasyonda Derslik 20'nin günışığı verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi sabah 171 lx ile mevcut durumda duvar yüzeylerinin gri renk, sıraların ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-1) hesaplanmıştır. En yüksek aydınlık düzeyi ise öğleden sonra 1322 lx ile duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların werzalit+ppc malzemeden olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 53,2 lx ile duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3), en yükseği ise 343 lx ile duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların werzalit+ppc malzemeden olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi sabah saatlerinde min. 150 lx değerini karşılamadığı için standarda uygun değilken, öğleden sonra ise yüksek değerler parıltı oranını arttırarak kamaşmaya neden olabilir.

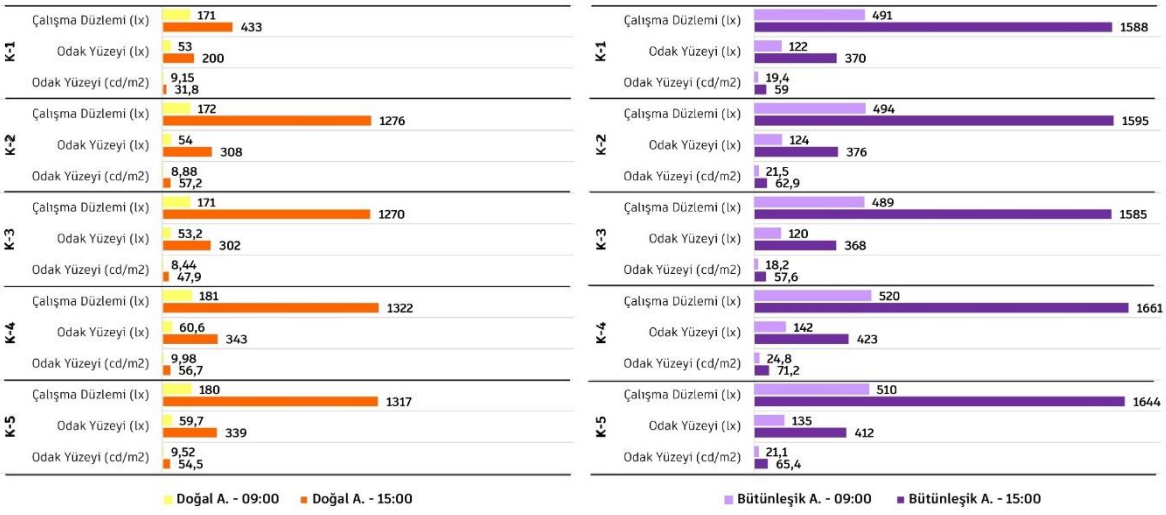
Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri K-3'te 8,4 cd/m^2 ve en yüksek parıltı değeri ise 56,7 ile K-4'te elde edilmiştir (Şekil 50).

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 20'nin bütünleşik aydınlatma verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 491 lx ile mevcut durumda duvar yüzey renklerinin gri, sıraların ahşap malzemeli olduğu kombinasyonda (K-1) ve duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3) hesaplanmıştır. En yüksek aydınlık düzeyi ise 520 lx sabah saatinde duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların werzalit+ppc malzemeden olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 120 lx ile K-3'te, en yükseği ise 423 lx ile K-4'te hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi sabah saatlerinde min. 150 lx değerini karşılamadığı için standarda uygun değilken, öğleden sonra ise istenen düzeyden fazladır.

Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri K-3'te 18,2 cd/m^2 ve en yüksek parıltı değeri ise 71,2 ile K-4'te elde edilmiştir (Şekil 50).



Şekil 50. Derslik 20'nin kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri

- Derslik 21

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 21'in günışığı verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 176 lx ile mevcut durumda duvar yüzeylerinin gri renk, sıraların ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-1), en yüksek aydınlık düzeyi ise sabah 1631 lx sabah duvar yüzeylerinin

pembe/gülkurusu renk, sıraların werzalit+ppc malzemeden olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır.

Derslikte mevcut durumda duvarların yansıtıcılık oranı %50 iken, duvar renginin yansıtıcılığı %80'e yükseltildiğinde pembe/gülkurusu ile mavi renk çalışma düzleminin ortalama aydınlık düzeyini %9,7 oranında arttırdığı belirlenmiştir. Duvar renkleri aynıyken yalnızca ahşap sıralar werzalit+ppc sıralar ile değiştirildiğinde, sıra malzemesinin çalışma düzleminin ortalama aydınlık düzeyi üzerinde %29 oranında etkili olduğunu/arttırdığını göstermiştir.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 72 lx ile K-1'de, en yükseği ise 270 lx ile K-4'te hesaplanmıştır. Duvar renkleri aynı ve ahşap sıralar werzalit+ppc sıralar ile değiştirildiğinde, sıra malzemesinin çalışma düzleminin ortalama aydınlık düzeyi üzerinde %35 oranında etkili olduğunu/arttırdığını göstermiştir. Pembe/gülkurusu ile mavi renk duvar yüzey renklerinde iken ahşap sıralar werzalit+ppc sıralar ile değiştirildiğinde, sıra malzemesinin çalışma düzleminin ortalama aydınlık düzeyi üzerinde %95 oranında etkili olduğunu/arttırdığını göstermiştir.

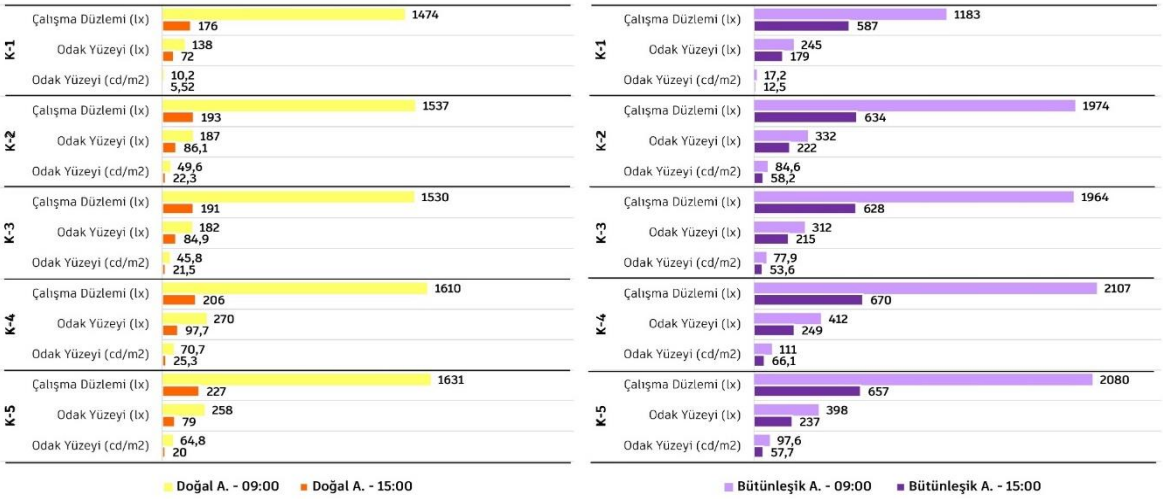
Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3) 5,52 cd/m^2 ve en yüksek parıltı değeri ise 70,7 ile K-4'te elde edilmiştir (Şekil 51).

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 21'in bütünleşik aydınlatma verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 587 lx ile mevcut durumda duvar yüzeylerinin gri renk, sıraların ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-1), en yüksek aydınlık düzeyi ise 2107 lx sabah duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların werzalit+ppc malzemeden olduğu kombinasyonda (K-5) hesaplanmıştır. Duvar yüzey renklerinin yansıtıcılık oranı arttırıldığında, çalışma düzleminin ortalama aydınlık düzeyi %8 oranında arttığı belirlenmiştir. Ahşap sıralar yerine werzalit+ppc sıraların kullanılmasıyla ise odak yüzeyinde %14,1 oranında daha fazla aydınlık düzeyi elde edilmiştir.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 179 lx ile K-1'de, en yükseği ise 412 lx ile K-4'te hesaplanmıştır. Duvar yüzey renklerinin yansıtıcılık oranlarının arttırılmasıyla odak yüzeyinin ortalama aydınlık düzeyinin %24 oranında arttığı belirlenmiştir. Duvar yüzey renkleri aynı tutulup yalnızca ahşap sıralar yerine werzalit+ppc sıralar değiştirildiğinde ise sıra malzemesinin çalışma düzleminin ortalama aydınlık düzeyi üzerinde %39 oranında etkili olduğunu göstermiştir.

Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3) 12,5 cd/m^2 ve en yüksek parıltı değeri ise 111 ile K-4'te elde edilmiştir (Şekil 51).



Şekil 51. Derslik 21'in kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri

3.7.4. Üçüncü Kat Derslikler

- Derslik 23

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 23'ün günışığı verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 224 lx ve en yüksek aydınlık düzeyi öğleden sonra 1899 lx ile duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların werzalit+ppc malzemeden olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 79,7 lx ile duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3), en yükseği ise 250 lx ile duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların werzalit+ppc malzemeden olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi sabah 150 lx değerini karşıladığı için standarda uygunken, öğleden sonra ise istenen değeri sağlayamadığından uygun değildir.

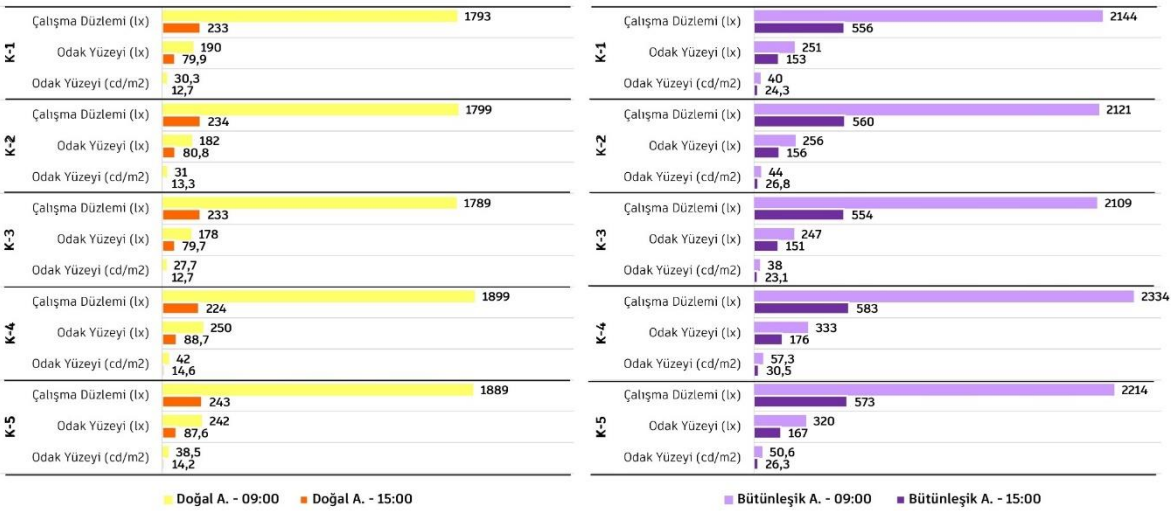
Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri K-1 ve K-3'te 12,7 cd/m^2 ve en yüksek parıltı değeri ise 42 ile K-4'te elde edilmiştir (Şekil 52).

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 23'ün bütünleşik aydınlatma verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 554 lx ile duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3), en yüksek aydınlık düzeyi ise 583 lx sabah duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların werzalit+ppc malzemeden olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 151 lx ile duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3), en yükseği ise 333 lx ile duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların werzalit+ppc malzemeden olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi sabah saatlerinde min. 150 lx değerinden yüksek değerlerde olduğu için parıltı oranını arttırarak kamaşmaya neden olabilir. Öğleden sonraki hesap sonuçları ise odak yüzeyinin aydınlık düzeyinin standarda uygun olduğunu göstermiştir.

Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3) 23,1 cd/m^2 ve en yüksek parıltı değeri ise 57,3 ile duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların werzalit+ppc malzemeden olduğu kombinasyonda (K-4) elde edilmiştir (Şekil 52).



Şekil 52. Derslik 23'ün kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri

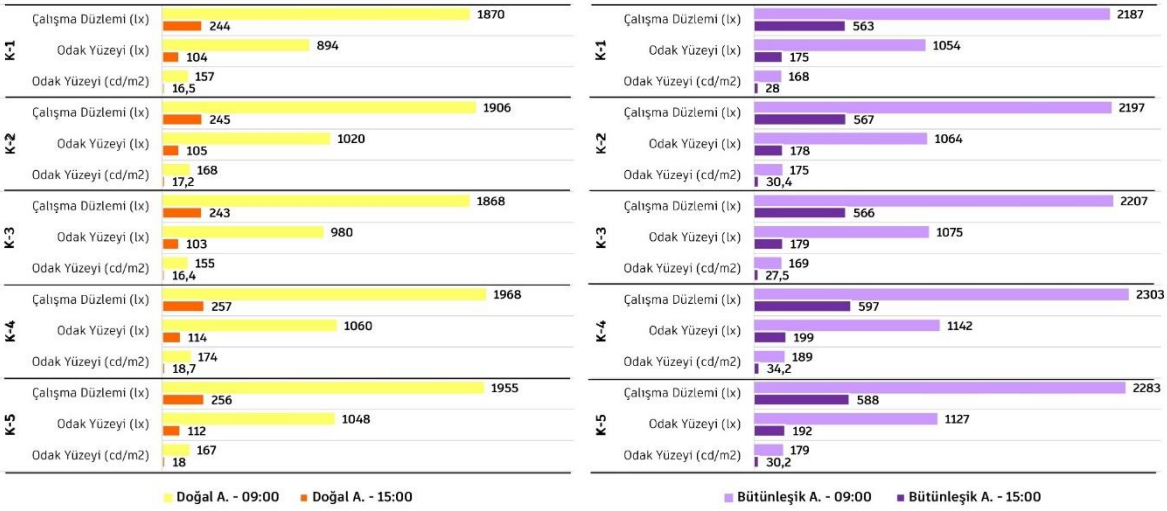
- Derslik 24

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 24'ün günışığı verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 243 lx ile duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3), en yüksek aydınlık düzeyi ise sabah 1968 lx sabah duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların werzalit+ppc malzemeden olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 103 lx ile K-3'te, en yükseği ise 1060 lx ile K-4'te hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi sabah saatinde min. 150 lx değerinden düşük olduğu için standarda uygun değilken, öğleden sonraki değerler yüksektir.

Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri K-3'te 16,4 cd/m^2 ve en yüksek parıltı değeri ise 174 ile K-4'te elde edilmiştir (Şekil 53).



Şekil 53. Derslik 24'ün kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 24'ün bütünleşik aydınlatma verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 563 lx ile mevcut durumda duvar yüzeylerinin gri renk, sıraların ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-1), en yüksek aydınlık düzeyi ise öğleden sonra 597 lx ile duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların werzalit+ppc malzemeden olduğu kombinasyonda K-4'te hesaplanmıştır.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 175 lx ile mevcut durumda duvar yüzeylerinin gri renk, sıraların ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-1), en yükseği ise 1142 lx ile duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların werzalit+ppc malzemeden olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi sabahki yüksek değerlere göre parıltı oranını arttırarak kamaşmaya neden olabilir. Öğleden sonra ise standarda uygun değerlerdedir.

Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri K-3'te 27,5 cd/m^2 ve en yüksek parıltı değeri ise 189 ile K-4'te elde edilmiştir (Şekil 53).

- Derslik 25

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 25'in günışığı verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi sabah 173 lx ile mevcut durumda duvar yüzeylerinin gri renk, sıraların ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-1), en yüksek aydınlık düzeyi ise öğleden sonra 1125 lx ile sabah duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların werzalit+ppc malzemeden olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır. Hazırlanan kombinasyonlarda duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-2) aydınlık düzeyinde önemli bir değişiklik olmazken, diğer tüm kombinasyonlarda çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyi özellikle öğleden sonraki saatlerde önemli ölçüde artmıştır.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 57 lx ile K-3'te, en yükseği ise 428 lx ile K-4'te hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki sabah saatlerinde aydınlık düzeyi değerleri min. 150 lx değerden az, öğleden sonraki değerler ise fazladır.

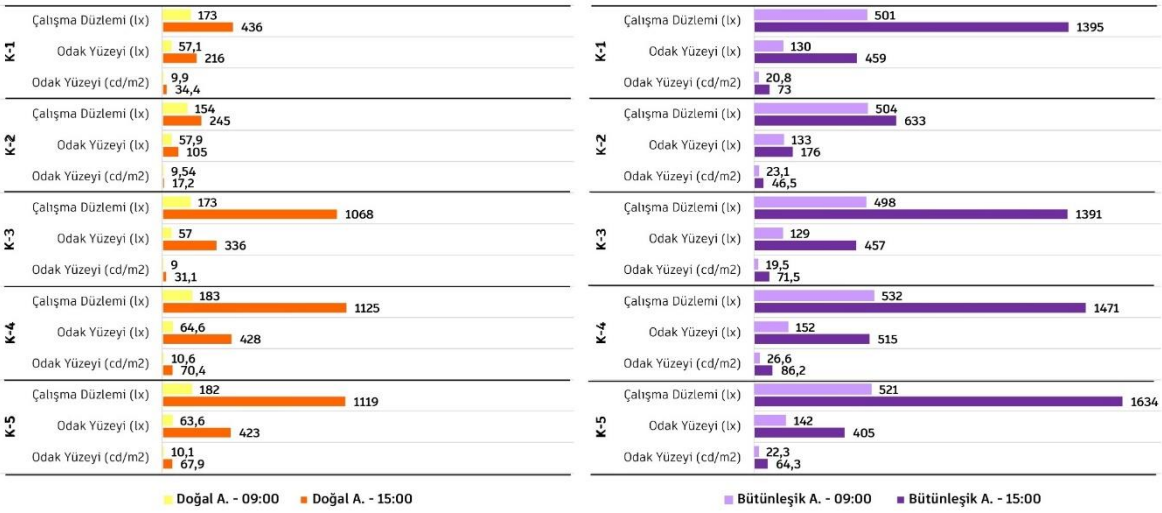
Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri K-3'te 9 cd/m^2 ve en yüksek parıltı değeri ise 70,4 ile K-4'te elde edilmiştir (Şekil 54).

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 25'in bütünleşik aydınlatma verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 501 lx ile mevcut durumda duvar yüzeylerinin gri renk, sıraların ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-1), en yüksek aydınlık düzeyi ise sabah 1634 lx ile duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların werzalit+ppc malzemeden olduğu kombinasyonda (K-5) hesaplanmıştır.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 175 lx ile mevcut durumda duvar yüzeylerinin gri renk, sıraların ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-1), en yükseği ise 1142 lx ile duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların werzalit+ppc malzemeden olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır.

Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri K-3'te 19,5 cd/m2 ve en yüksek parıltı değeri ise 86,2 ile duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların werzalit+ppc malzemeden olduğu kombinasyonda (K-4) elde edilmiştir (Şekil 54).



Şekil 53. Derslik 25'in kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri

- Derslik 28

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 28'in günışığı verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi sabah 168 lx mevcut durumda duvar yüzey renklerinin gri, sıraların ahşap malzemeli olduğu kombinasyonda (K-1) ve duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3) hesaplanmıştır. En yüksek aydınlık düzeyi ise öğleden sonra 1316 lx öğleden sonra duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların werzalit+ppc malzemeden olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 53 lx ile K-1'de, en yükseği ise 340 lx ile K-4'te hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi sabah min. 150 lx değerinden düşük olduğu için standarda uygun değilken, öğleden sonraki değerler ise 199-340 lx değerleri aralığında değişmektedir. Bu durum yüksek parıltı değerlerinin oluşmasına ve kamaşmaya neden olarak görsel konforun bozulmasına neden olabilir.

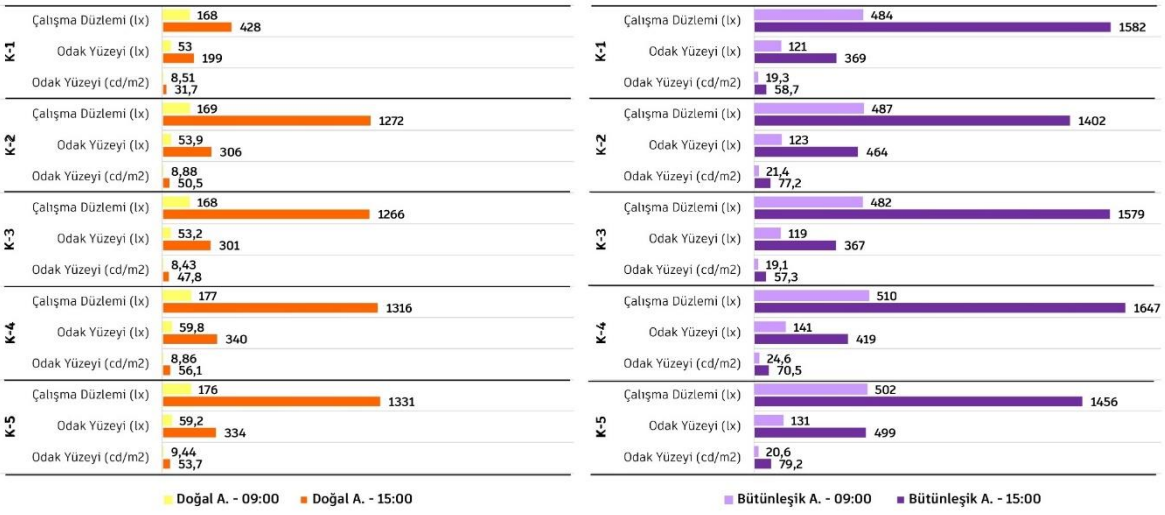
Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3) 8,4 cd/m^2 ve en yüksek parıltı değeri ise 9,4 ile duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların werzalit+ppc malzemeden olduğu kombinasyonda elde edilmiştir (Şekil 55).

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 28'in bütünleşik aydınlatma verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi sabah 482 lx ile mevcut durumda duvar yüzey renklerinin gri, sıraların ahşap malzemeli olduğu kombinasyonda (K-1), en yüksek aydınlık düzeyi ise öğleden sonra 1647 lx ile öğleden sonra duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların werzalit+ppc malzemeden olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 121 lx ile mevcut durumda duvar yüzey renklerinin gri, sıraların ahşap malzemeli olduğu kombinasyonda (K-1), en yükseği ise 499 lx ile duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların werzalit+ppc malzemeden olduğu kombinasyonda (K-5) hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi öğleden sonra yüksek değerler yüzeyde parıltı oluşturarak, kamaşmaya neden olabilir.

Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3) 19,1 cd/m^2 ve en yüksek parıltı değeri ise 79,2 ile öğleden sonra duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların werzalit+ppc malzemeden olduğu kombinasyonda (K-4) elde edilmiştir (Şekil 55).



Şekil 54. Derslik 28'in kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri

- Derslik 29

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 29'un günışığı verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 206 lx ile ile mevcut durumda duvar yüzey renklerinin gri, sıraların ahşap malzemeli olduğu kombinasyonda (K-1) ve duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden

olduğu kombinasyonda (K-3) hesaplanmıştır. En yüksek aydınlık düzeyi ise sabah 1610 lx sabah saatinde duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların werzalit+ppc malzemeli olduğu kombinasyonda (K-4) hesaplanmıştır.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 163 lx ile K-3'te, en yükseği ise 270 lx ile K-4'te hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi sabah saatlerinde min. 150 lx gereksinmeyi karşıladığından TS EN 12464-1:2021 standardına uygunken, öğleden sonra ise uygun değildir.

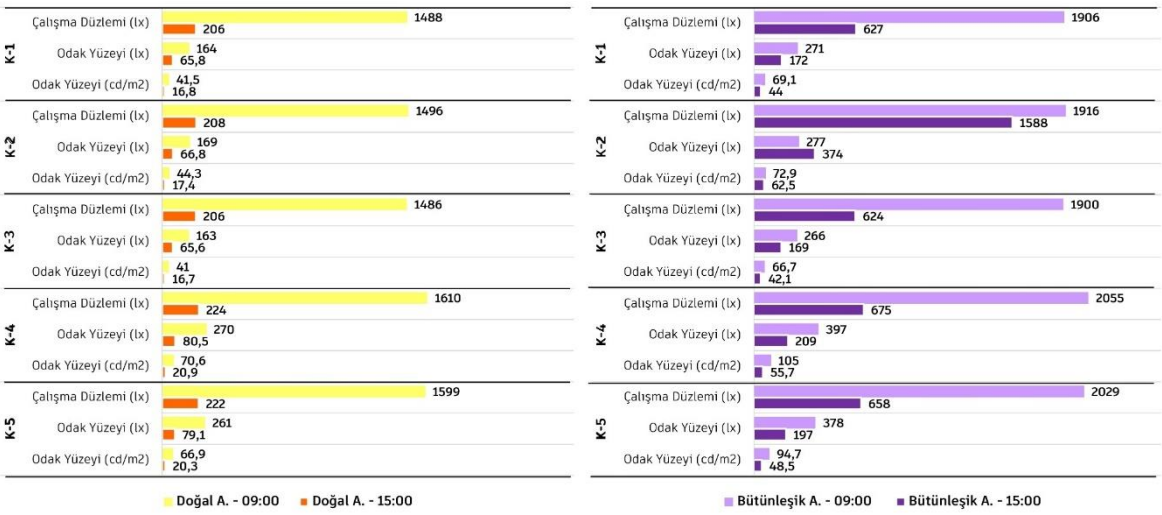
Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri K-3'te duvar yüzeylerinin mavi renk, sıraların mevcutta olduğu gibi ahşap malzemeden olduğu kombinasyonda (K-3) 16,7 cd/m^2 ve en yüksek parıltı değeri ise 70,6 ile duvar yüzeylerinin pembe/gülkurusu renk, sıraların werzalit+ppc malzemeli olduğu kombinasyonda (K-4) elde edilmiştir (Şekil 56).

→ Hazırlanan simülasyonda Derslik 29'un bütünleşik aydınlatma verilerine göre;

Çalışma düzleminde en düşük aydınlık düzeyi öğleden sonra 563 lx ile K-1'de, en yüksek aydınlık düzeyi ise sabah 597 lx ile K-4'te hesaplanmıştır.

Odak yüzeyinde en düşük aydınlık düzeyi 175 lx ile K-1'de, en yükseği ise 1142 lx ile K-4'te hesaplanmıştır. Odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi sabahki yüksek değerlere göre parıltı oranını arttırarak kamaşmaya neden olabilir. Öğleden sonra ise standarda uygun değerlerdedir.

Odak yüzeyinde en düşük parıltı değeri K-3'te 27,5 cd/m^2 ve en yüksek parıltı değeri ise 189 ile K-4'te elde edilmiştir (Şekil 56).



Şekil 55. Derslik 29'un kombinasyonlara göre çalışma düzlemi ve odak yüzeyinde aydınlık düzeyi değerleri

3.8. Dersliklerdeki Renk ve Malzeme Kombinasyonlarının Çalışma Düzlemi ve Odak Yüzeydeki Aydınlık Düzeyine Etkileri

Çalışmanın bu bölümünde hazırlanan beş farklı kombinasyon esas alınarak, kombinasyonların dersliklerdeki çalışma düzlemi ve odak yüzeyi üzerindeki etkileri yalnızca duvar yüzey renginin değiştirilmesi ve duvar yüzey rengi ile sıra malzemesinin bir arada değiştirilmesi çerçevesinde irdelenmiştir. Bu bağlamda hazırlanan sütun grafiklerinde, duvar yüzey rengi ile aynı rengi temsil eden sütun renkleri tercih edilmiştir. Sıcak renkler pembe-gül kurusu renk ile temsil edilirken, soğuk renk ise açık mavi-mavi renk ile temsil edilmiştir.

3.8.1. Duvar Yüzey Renginin Etkisine İlişkin İrdelemeler

Çalışmanın bu bölümünde; dersliklerde aydınlık düzeyi üzerinde yalnızca duvar yüzey renklerinin etkisi değerlendirileceğinden mevcut durumda duvar yüzey renklerinin gri, sıraların ahşap malzemeli olduğu kombinasyonda sıralar sabit tutulup yalnızca duvar yüzey renkleri pembe/gülkurusu ve mavi ile değiştirilmiştir. Bu bağlamda yalnızca sıcak renkli duvar yüzey rengi ile ahşap sıra kombinasyonu (K-2) ve soğuk duvar yüzey rengi ile ahşap sıra kombinasyonundan (K-3) doğal ve bütünleşik aydınlatma durumlarında elde edilen değerler irdelenmiştir.

- Günışığına Bağlı Etkisi

→ Çalışma Düzlemi

Dersliklerin tamamında günışığına bağlı olarak rengin etkisini irdelemek amacıyla; gri renkli duvar yüzey ve ahşap sıraların bulunduğu mevcut durumda, ahşap sıralar sabit kalmak koşuluyla duvar yüzey rengi önce pembe/gülkurusu ile (K-2), daha sonra da mavi renk ile değiştirilmiştir (K-3).

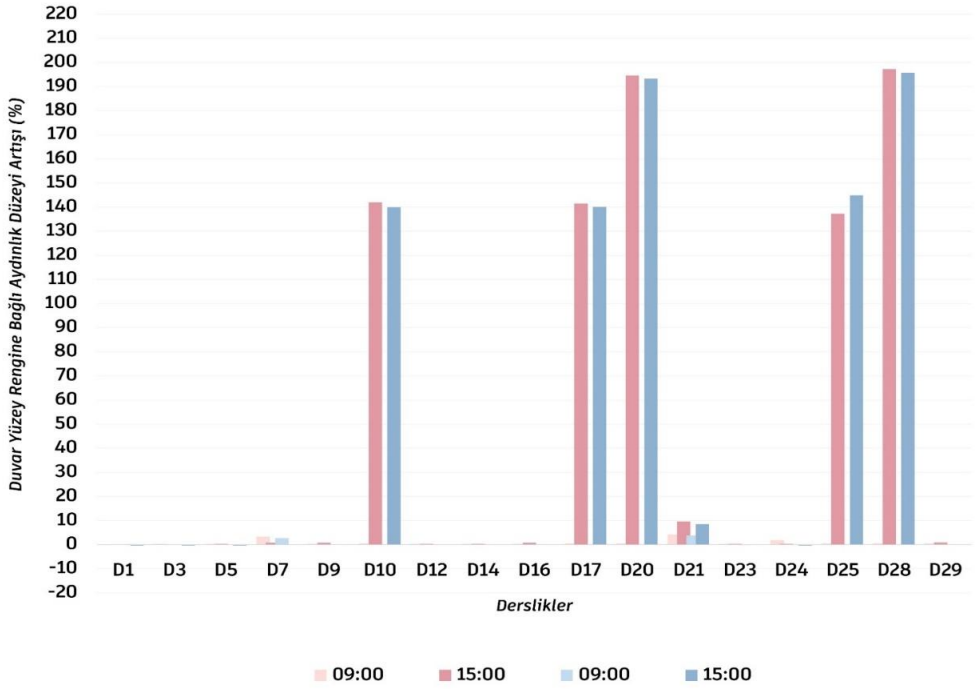
Günışığı kullanıldığında, aynı yansıtıcılık oranlarında ve farklı renk sıcaklıklarında boyalı duvar yüzeylerinin, dersliklerdeki çalışma düzleminin aydınlık düzeyi üzerinde bir etkisi vardır. Bu etki, yapının güney ve kuzey cephesinde yer alan dersliklerin çalışma düzlemlerinde farklılık göstermektedir.

Duvarlardaki rengin değişimi, yapının güney cephesinde yer alan dersliklerin çalışma düzlemleri üzerindeki sabah ve öğleden sonraki etkisi (+%1 ila +%3) anlamlı/önemli görülmemektedir. Kuzey cephesindeki ise bu etki öğleden önce anlamlı değilken, öğleden sonraki etkisi yaklaşık %140 ila %210 oranındadır.

Öğleden sonra, kuzey cephesinde batı yönündeki derslik yüzeylerinde gri renk yerine pembe/gülkurusu yada mavi renk kullanımıyla yaklaşık +%200 oranında aydınlık düzeyini arttırılabilmektedir. Kuzey cephesinde doğu yönündeki dersliklerde ise bu oran yaklaşık %140'dır.

Güney cephesindeki dersliklerde rengin önemli bir etkisi bulunmazken, yalnızca güneybatı yönü dersliklerinde (Tip 7), yaklaşık %10 oranında etkili olduğu görülmektedir. Bunun nedeni dersliğin mevcut duvar yüzey renginin %50 yansıtıcılı koyu yeşilken, K-2 ve K-3'te %80 yansıtıcılı sıcak ve soğuk renklere dönüştürülmesi ile ilişkilidir. Bu bağlamda renklerin yansıtıcıların derslikte çalışma düzlemindeki etkisinin önemli olduğundan söz edilebilir.

Pembe/gülkurusu (sıcak) ve mavi (soğuk) renklerin etkileri birbirleri ile karşılaştırıldığında ise genellikle pembe/gülkurusu rengin aydınlık düzeyindeki olumlu etkisi daha fazladır. Bu durum güneş ışığının karmaşık renk spektrumu ile ilişkili olarak sıcak renk tonlarında yansıma yaptığında potansiyelin çıkmasıyla ilişkilendirilebilir. Bunun yanında dersliklerde mevcut durumda kullanılan ahşap sıraları renginin de sıcak renklerde olması, rengin aydınlık düzeyini arttırmada etkinliğine katkı sağlamasıyla ilişkili olabilir (Şekil 54).



Şekil 56. K-2 ve K-3'te günışığına bağlı çalışma düzleminde aydınlık düzeyinin değişim oranı (%)

Rengin çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyine etkisi, mekânın ışık alım yoğunluğuna bağlı olarak değişmekte; mekân bol ışık aldığında etkisi yüksekken, düşük günışığı aldığında etkisi daha azdır.

→ Odak/Tahta Yüzeyi

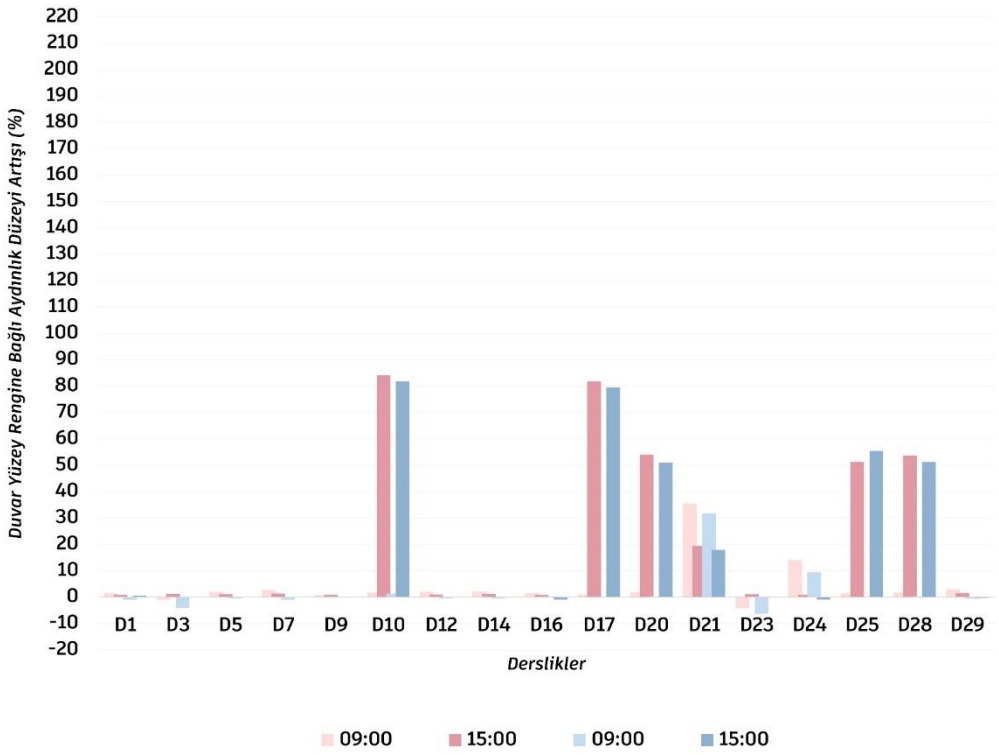
Dersliklerin tamamında bütünleşik aydınlatma durumunda rengin etkisini irdelemek amacıyla; gri renkli duvar yüzey ve ahşap sıraların bulunduğu mevcut durumda, duvar yüzey rengi önce pembe/gülkurusu ile (K-2), daha sonra da mavi renk ile değiştirilmiştir (K-3). Ahşap öğrenci sıraları, her iki duvar yüzey renginde de değiştirilmeden hesaplara dahil edilmiştir.

Günışığı kullanıldığında, aynı yansıtıcılık oranlarında ve farklı renk sıcaklıklarında boyalı duvar yüzeylerinin, dersliklerdeki odak/tahta yüzeyinin aydınlık düzeyi üzerinde bir etkisi olduğu görülmüştür. Bu etki, yapının güney ve kuzey cephesinde yer alan dersliklerin odak/tahta yüzeyleri üzerinde farklılık göstermektedir.

Duvarlardaki rengin değişimi, yapının güney cephesinde yer alan dersliklerin genelinde odak/tahta yüzeyi üzerindeki sabah ve öğleden sonraki etkisinin (-%3 ila +%3) önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Kuzey cephesindeki ise bu etki öğleden de önce anlamlı değilken, öğleden sonraki etkisi yaklaşık %50 ila %80 oranındadır.

Öğleden sonra, kuzey cephesinde batı yönündeki derslik yüzeylerinde gri renk yerine pembe/gülkurusu ya da mavi renk kullanımıyla odak/tahta yüzeyi üzerinde yaklaşık +%50 oranında aydınlık düzeyini arttırılabilmektedir. Kuzey cephesinde doğu yönündeki dersliklerde ise bu oran yaklaşık %80'dır.

Güney cephesindeki dersliklerde genellikle rengin anlamlı bir etkisi bulunmazken, güneybatı yönünde Derslik 21'de (Tip 7), sabah saatlerinde yaklaşık %30 oranında ve öğleden sonra ise %15 oranında etkili olduğu görülmektedir. Bunun nedeni dersliğin mevcut duvar yüzey renginin %50 yansıtıcılı koyu yeşilken, K-2 ve K-3'te %80 yansıtıcılı sıcak ve soğuk renklere dönüştürülmesi ile ilişkilidir. Bu bağlamda renklerin yansıtma katsayılarının, derslikte çalışma düzlemi gibi odak/tahta yüzeyinde de etkisinin önemli olduğundan söz edilebilir (Şekil 58).



Şekil 57. K-2 ve K-3'te günışığına bağlı odak yüzeyinde aydınlık düzeyinin değişim oranı (%)

Güney cephesinde yer alan Derslik 24'te sabah saatlerinde rengin etkisi olumluyken (+%10), öğleden sonra ise etki neredeyse hiç görülmemektedir. Duvar yüzeylerindeki renk değişimi Derslik 23'te ise ters etki yaratarak, özellikle öğleden sonra odak/tahta yüzeyindeki aydınlık düzeyini olumsuz (-%3) etkilemiştir.

Pembe/gülkurusu (sıcak) ve mavi (soğuk) renklerin etkileri birbirleri ile karşılaştırıldığında ise genellikle pembe/gülkurusu rengin odak yüzeyindeki aydınlık düzeyini arttırma yönüyle etkisi daha fazladır.

Yalnızca renk değişimi ile elde edilen sonuçlar incelendiğinde, kuzey cephesindeki derslikler için hem çalışma düzlemi hem de odak yüzeyindeki aydınlık düzeyini arttırması nedeniyle renk etkisi ortak görülmektedir. Kuzey cephede yer alan dersliklerde duvar yüzey renklerinin değiştirilmesi ile çalışma düzleminde maksimum %140 ile %210 oranında aydınlık düzeyi artışı elde edilebilirken, odak düzeyinde ise bu oran %40 ile %90 aralığındadır. Bu bilgiler ışığında, aynı yansıtma katsayısına sahip renklere bağlı olarak çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyi artışının odak düzeyi ile kıyaslandığında daha fazla olmasının nedeni, duvar yüzeylerinden yansıyan ışınların mekânın genel aydınlık düzeyi üzerinde daha etkili olması ile ilişkilendirilebilir (Tablo 86).

Tablo 86. Günışığı durumunda duvar yüzey renklerinin değiştirilmesiyle çalışma düzlemi ve odak yüzeyinin aydınlık düzeyindeki değişim oranları (%)

		Çalışma Düzlemi				**Odak Yüzeyi**			
		K-2		K-3		K-2		K-3	
		Sıcak+Ahşap		Soğuk+Ahşap		Sıcak+Ahşap		Soğuk+Ahşap	
		09:00	15:00	09:00	15:00	09:00	15:00	09:00	15:00
Zemin Kat	D1	0,1	0	0,2	-0,4	1,4	0,9	-1,0	0,59
	D3	0,3	0	-0,1	-0,3	-1	1,2	-4,1	0
1.Kat	D5	0,3	0,4	-0,1	-0,4	2	1,1	-0,5	0
	D7	3,3	0,8	2,7	0	2,7	1,3	-1	0
	D9	0,4	0,8	-0,1	0	0,8	0,9	-0,2	0
	D10	0,5	142	0	140	1,7	84,1	1,3	81,8
2.Kat	D12	0,3	0,4	-0,1	0	2	1	-0,5	-0,1
	D14	0,3	0,4	-0,1	0	2,1	1,2	-0,5	-0,1
	D16	0,4	0,8	-0,1	0	1,4	0,9	0,3	-0,9
	D17	0,5	141,5	0	140,1	1	81,8	-0,1	79,5
	D20	0,5	194,6	0	193,3	1,8	54	0,3	51
	D21	4,2	9,6	3,8	8,5	35,5	19,4	31,8	17,9
3. Kat	D23	0,3	0,4	-0,2	0	-4,2	1,1	-6,3	-0,2
	D24	1,9	0,4	-0,1	-0,4	14	0,9	9,4	-0,9
	D25	0,5	137,2	0	144,9	1,4	51,3	-0,2	55,5
	D28	0,6	197,2	0	195,7	1,7	53,7	0,3	51,2
	D29	0,5	0,9	-0,1	0	3	1,5	-0,6	-0,3

- Bütünleşik Aydınlatma

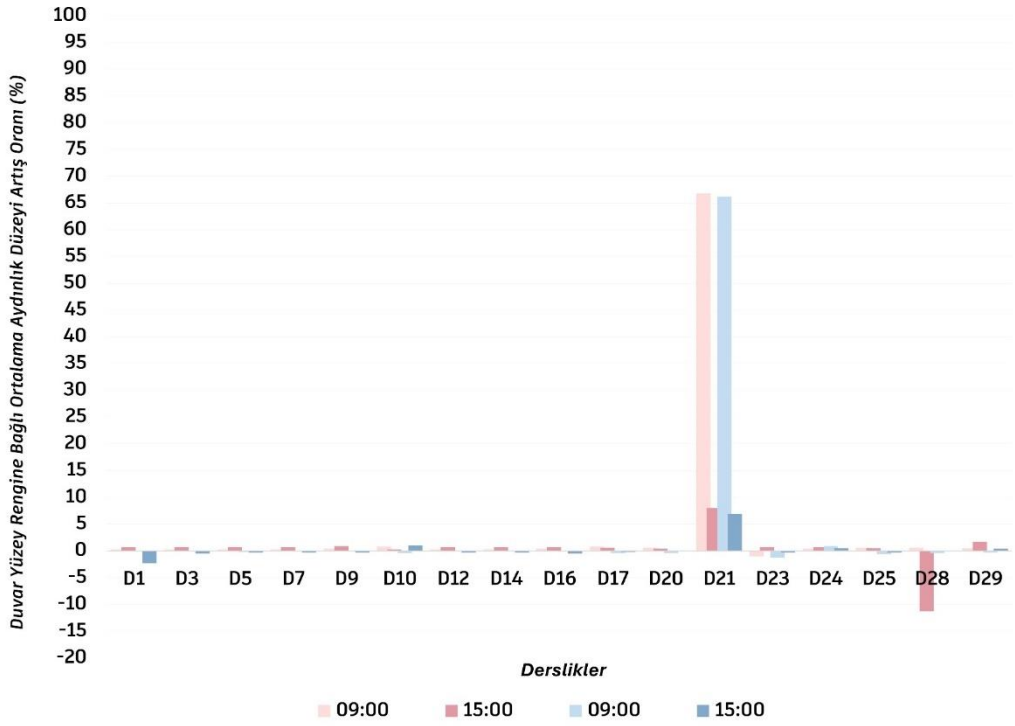
→ Çalışma Düzlemi

Dersliklerin tamamında bütünleşik aydınlatma durumunda rengin etkisini irdelemek amacıyla; gri renkli duvar yüzey ve ahşap sıraların bulunduğu mevcut durumda, duvar yüzey rengi önce pembe/gülkurusu ile (K-2), daha sonra da mavi renk ile değiştirilmiştir (K-3). Ahşap öğrenci sıraları, her iki duvar yüzey renginde de değiştirilmeden hesaplara dahil edilmiştir. Bütünleşik aydınlatma durumunda kombinasyonlara dahil edilen yapay ışığın rengi 5000K'dir.

Bütünleşik aydınlatma durumunda, aynı yansıtıcılık oranlarında ve farklı renk sıcaklıklarında boyalı duvar yüzeylerinin, dersliklerdeki çalışma düzleminin aydınlık düzeyi üzerinde genellikle anlamlı bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Bu durum, bütünleşik aydınlatma durumunda yapay ışık kaynaklarının derslikler için standarda uygun aydınlık düzeyi sağladığından, rengin etkisini belirgin olarak görülmesi nedeniyle olması düşünülmektedir.

Duvarlardaki rengin değişimi, yapının güney cephesinde yer alan dersliklerden yalnızca Derslik 21'de etkili olmuştur. Bu etki çalışma düzleminin aydınlık düzeyi üzerinde sabah saatlerinde olumlu yönde (+%95) iken, öğleden sonra ise (+5) olumlu etkinin oranı azalmıştır. Bu durum, Derslik 21'in güneybatı cephesinde yer almasına bağlı olarak ocak ayında güneşi sabah saatlerinde yoğunluklu olarak almasıyla ilişkilendirilmektedir.

Kuzeybatı yönünde 3.katta yer alan Derslik 28'de ise doğal aydınlatma ile benzer bir durum görülmektedir. Yalnızca öğleden sonra saatlerde pembe/gülkurusu rengin aydınlık düzeyini olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Bu durum, günışığının öğleden sonra kuzey cephede etkin durumda olmasıyla, güneşin geliş açısına bağlı olarak derslik içindeki ışığın kırılma sayısının azalmasına neden olmasıyla ilişkilendirilebilir. Buna ek olarak yapay ışık rengi de duvar yüzeylerinde pembe/gülkurusu rengi kullanımıyla çalışma düzlemi üzerinde olumsuz etki ortaya çıkarmış olabileceği düşünülmektedir (Şekil 59).



Şekil 58. K-2 ve K-3'te bütünleşik aydınlatmaya bağlı çalışma düzleminde aydınlık düzeyinin değişim oranı (%)

→ Odak Yüzeyi

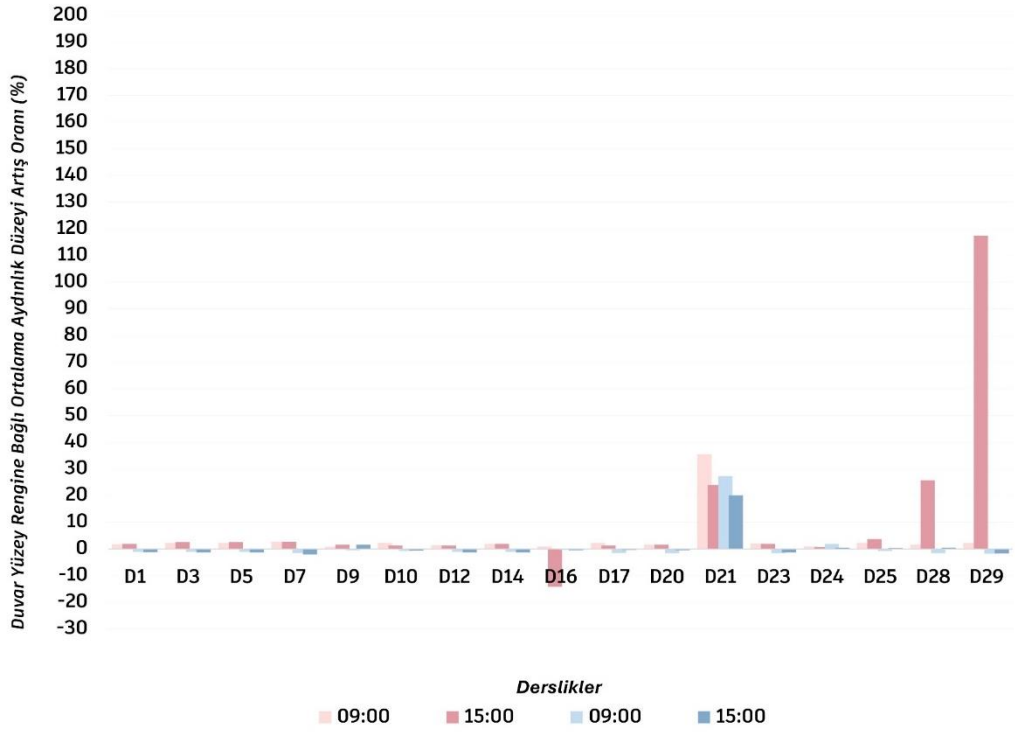
Dersliklerin tamamında bütünleşik aydınlatma durumunda rengin etkisini irdelemek amacıyla; gri renkli duvar yüzey ve ahşap sıraların bulunduğu mevcut durumda, duvar yüzey rengi önce pembe/gülkurusu ile (K-2), daha sonra da mavi renk ile değiştirilmiştir (K-3). Ahşap öğrenci sıraları, her iki duvar yüzey renginde de değiştirilmeden hesaplara dahil edilmiştir. Bütünleşik aydınlatma durumunda kombinasyonlara dahil edilen yapay ışığın rengi 5000K'dir.

Bütünleşik aydınlatma durumunda, aynı yansıtıcılık oranlarında ve farklı renk sıcaklıklarında boyalı duvar yüzeylerinin, dersliklerdeki odak/tahta yüzeyinin aydınlık düzeyi üzerinde güney cephedeki dersliklerde anlamlı bir etkisi olmazken, kuzey cephedeki dersliklerde ise anlamlı bir etkisi vardır. Bu durum, bütünleşik aydınlatma durumunda yapay ışık kaynaklarının derslikler için standarda uygun aydınlık düzeyi sağladığından, rengin etkisini belirgin olarak görülememesi nedeniyle olması düşünülmektedir.

Duvarlardaki rengin değişimi, yapının güney cephesinde yer alan dersliklerden yalnızca Derslik 21'de ve Derslik 16'da etkili olmuştur.

Derslik 21'de rengin odak/tahta yüzeyindeki aydınlık düzeyi üzerindeki etkisi, sabah saatlerinde yaklaşık %30 ve öğleden sonra ise yaklaşık %20 oranında olumlu yöndedir. Güney cephede yer alan Derslik 16'da ise öğleden sonra saatlerinde pembe/gülkurusu duvar yüzey rengi ise odak yüzeyindeki aydınlık düzeyini %20 oranında olumsuz etkilemiştir. Bu durum hem bu dersliğin odak/tahta yüzeyinin diğer dersliklerden farklı yönde yer almasıyla hem de güneş ışınlarının öğleden sonra yapının 2.katına geliş açısıyla ilişkili olabileceği düşünülmüştür.

Kuzey cephesinde 3. katta yer alan Derslik 25 ve 28'in odak yüzeylerinin aydınlık düzeylerinde özellikle pembe/gülkurusu rengin aydınlık düzeyini önemli düzeyde arttırdığı sonucu elde edilmiştir. Bu bağlamda dersliklerde kullanılan ahşap malzemelerin sıcak renkli olmasının yanında, öğleden sonra özellikle 3.kata güneşin batış saatinden hemen önce kızıl ışınların gelmesiyle ilişkilendirilebilir. Greenwich'teki Kraliyet Müzesi'nden gökbilimci Edward Bloomber, 'Güneş batmadan hemen önce mor ve mavi gibi dalga boyu kısa daha kısa olan renkler dağılırken, kırmızı ve turuncu gibi dalga boyu daha uzun renkler ise yüzeye ulaşmayı başarmaktadır' olarak güneş ışınlarının günün farklı saatlerinde renginin değiştiğini aktarmıştır (URL-4, 2024).



Şekil 59. K-2 ve K-3'te bütünleşik aydınlatma durumunda odak yüzeyinde aydınlık düzeyinin değişim oranı (%)

Üçüncü kattaki dersliklerde kuzey cephesindeki Derslik 28'de sıcak duvar yüzeyinin %30 oranında olumlu etki gösterdiği belirlenmiştir. Güney cephesindeki Derslik 29'da öğleden sonra sıcak rengin kullanımı %120 oranında daha fazla aydınlık düzeyi oluşturmuştur (Şekil 60). Derslikteki bu artış bütünleşik aydınlatma durumunda kullanılan yapay ışık kaynaklarının etkinliği ile ilişkili olduğu düşünülmüştür. Derslik 21 ve 29 aynı doğrultuda üst üste iki farklı katta konumlanmalarına rağmen, dersek 21'de rengin etkisi sabah ve öğleden sonra eşit oranda yayılırken; Derslik 29'da yalnızca sıcak rengin etkin olması derslikte kullanılan depolama elemanlarının yansıtıcılık oranları ile ilişkili olabilir. Derslik 21'de iki yüzeyi kaplayan açık renk masif ahşap kitaplık varken, Derslik 29'da tek yüzeyde koyu renkli depolama elemanları bulunmaktadır.

Tablo 87. Bütünleşik aydınlatma durumunda duvar yüzey renklerinin değiştirilmesiyle çalışma düzlemi ve odak yüzeyinin aydınlık düzeyindeki değişim oranları (%)

		Çalışma Düzlemi				**Odak Yüzeyi**			
		K-2		K-3		K-2		K-3	
		Sıcak+Ahşap		Soğuk+Ahşap		Sıcak+Ahşap		Soğuk+Ahşap	
		09:00	15:00	09:00	15:00	09:00	15:00	09:00	15:00
Zemin Kat	D1	0,3	0,7	-0,1	-2,3	1,8	1,9	-1,1	-1,2
	D3	0,3	0,7	-0,1	-0,5	2,2	2,6	-1,1	-1,3
1.Kat	D5	0,3	0,7	-0,2	-0,3	2,2	2,6	-1,1	-1,3
	D7	0,3	0,7	-0,1	-0,3	2,7	2,7	-1,5	-2
	D9	0,4	0,9	-0,1	-0,3	0,8	1,6	-0,5	1,6
	D10	0,8	0,3	-0,4	1	2,3	1,3	-0,7	-0,6
2.Kat	D12	0,3	0,7	-0,1	-0,3	1,4	1,3	-1,1	-1,3
	D14	0,3	0,7	-0,1	-0,3	1,9	1,9	-1,1	-1,3
	D16	0,4	0,7	-0,1	-0,5	0,9	-14,2	-0,3	-0,5
	D17	0,8	0,6	-0,4	-0,2	2,3	1,3	-1,5	-0,4
	D20	0,6	0,4	-0,4	-0,1	1,6	1,6	-1,6	-0,5
	D21	66,8	8	66,2	6,9	35,5	24	27,3	20,1
3. Kat	D23	-1	0,7	-1,3	-0,3	2	1,9	-1,6	-1,3
	D24	0,4	0,7	0,9	0,5	0,9	0,7	1,9	0,5
	D25	0,6	0,5	-0,6	-0,3	2,3	3,7	-0,7	0,4
	D28	0,6	-11,3	-0,4	-0,1	1,6	25,7	-1,6	0,5
	D29	0,5	1,7	-0,3	0,4	2,2	117,4	-1,8	-1,7

3.8.2. Duvar Yüzey Rengi ile Sıra Malzemesinin Etkisine İlişkin İrdelemeler

Çalışmanın bu bölümünde; dersliklerde aydınlık düzeyi üzerinde duvar yüzey renkleri ve sıra malzemelerinin etkisi değerlendirileceğinden mevcut durumda duvar yüzey renklerinin gri, sıraların ahşap malzemeli olduğu kombinasyon baz alınarak hem duvar renkleri hem de sıra malzemeleri değiştirilmiştir. Bu bağlamda sıcak renkli duvar yüzey rengi ile werzalit+ppc sıra kombinasyonu (K-4) ve soğuk duvar yüzey rengi ile werzalit+ppc sıra kombinasyonundan (K-5) doğal ve bütünleşik aydınlatma durumlarında elde edilen değerler irdelenmiştir.

- Günışığında Etkisi

→ Çalışma Düzlemi

Dersliklerin tamamında günışığına bağlı olarak rengin ve malzemenin etkisini irdelemek amacıyla; gri renkli duvar yüzey ve ahşap sıraların bulunduğu mevcut durumda, pembe/gülkurusu duvar yüzey rengi ile werzalit+ppc sıra kombinasyonu (K-4), daha sonra da mavi renk ile werzalit+ppc sıra kombinasyonu sınanmıştır (K-5). Öğrencilerin ahşap sıraları yerine werzalit+ppc sıralar kullanılmıştır.

Günışığı durumunda, aynı yansıtıcılık oranlarında ve farklı renk sıcaklıklarında boyalı duvar yüzeyler ile yüksek yansıtıcı malzemeli öğrenci sıraları kullanılmasının, dersliklerdeki çalışma düzleminin aydınlık düzeyi üzerinde önemli bir etkisi vardır. Bu etki, yapının güney ve kuzey cephesinde yer alan dersliklerin çalışma düzlemlerinde farklılık göstermektedir.

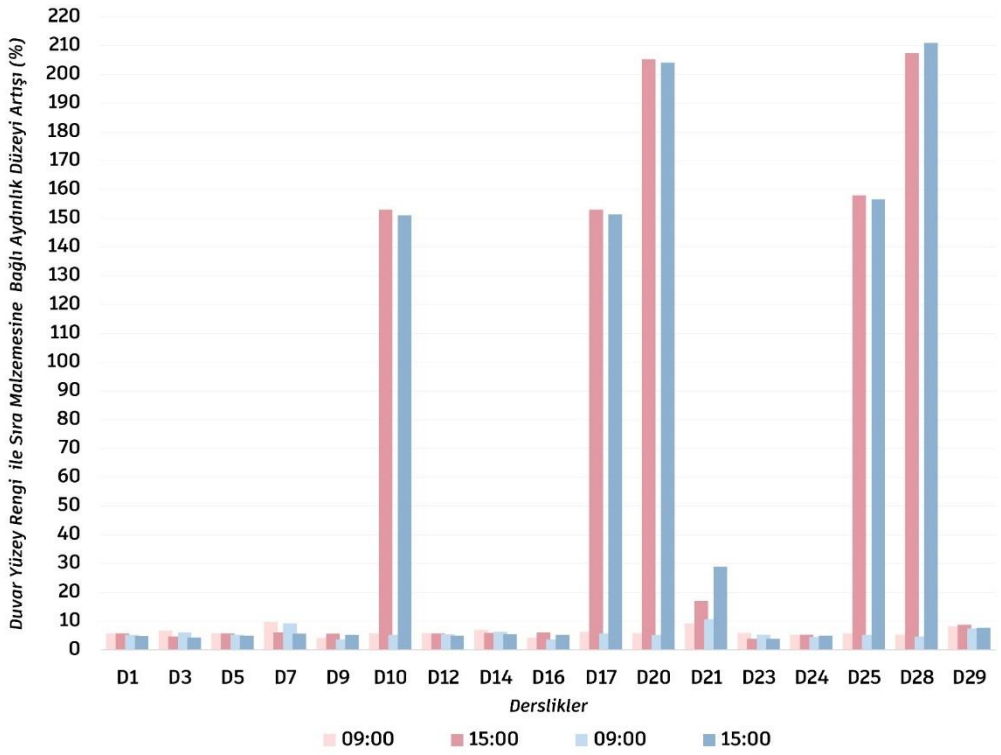
Duvarlardaki renk ile sıra malzemelerinin birlikte değişimi, yapının güney cephesinde yer alan dersliklerin çalışma düzlemleri üzerindeki sabah ve öğleden sonraki etkisi yaklaşık %5 ila %10 oranında olumlu yöndedir. Kuzey cephesindeki ise bu etki öğleden önce %5 ila %10 iken öğleden sonra bu etki yaklaşık %150 ila %210 oranındadır.

Güney cephesinde sabah saatlerinde duvar yüzey rengi ile sıra malzemesinin etkisi, öğleden sonraki saatle kıyaslandığında daha yüksek orandadır. Bunun nedeni ise güney cephedeki dersliklerin sabah güneşini etkin biçimde alıyor olmasıyla ilişkilendirilebilir. Günışığı, duvar yüzey renklerinin yanında öğrenci sıralarında da daha fazla yansıma yaptığından sabah saatlerinde bu oranın daha yüksek çıktığı düşünülmektedir. Güney cephede yer alan Derslik 7 ve 14'ün günışığını alış açısına bağlı olarak, diğer dersliklerden daha yüksek oranda çalışma düzlemi aydınlık düzeyleri artmıştır.

Güneybatı cephede yer alan Derslik 21 ve Derslik 29'da da renk ile birlikte sıra malzemesinin değiştirilmesinin çalışma düzleminin aydınlık düzeyi üzerinde önemli etkisi vardır. Derslik 21'de sabah saatlerinde bu etki %10 oranında olumlu yönde ve öğleden sonra ise bu olumlu etki yaklaşık %30 oranlarındadır. Derslik 29'da ise bu etki sabah ve öğle saatlerinde yaklaşık %10 oranında eşittir.

Kuzey cephesinde batı yönünde yer alan dersliklerde renk ve sıra malzemelerinin birlikte değiştirilmesiyle çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyi %150 oranında artarken, doğu yönündeki dersliklerde bu oran yaklaşık %210 oranlarına ulaşmaktadır.

Pembe/gülkurusu (sıcak) ile werzalit+ppc kombinasyonu (K-4) ve mavi (soğuk) renkler ile werzalit+ppc sıra kombinasyonu (K-5) etkileri birbirleri ile karşılaştırıldığında ise genellikle duvar yüzey renginin pembe/gülkurusu renk olduğu ve werzalit+ppx sıra malzemeleli kombinasyonun çalışma düzleminin aydınlık düzeyindeki olumlu etkisi daha fazladır. Bu durum güneş ışığının karmaşık renk spektrumu ile ilişkili olarak sıcak renk tonlarında yansıma yaptığında potansiyelin ortaya çıkması ve sıra malzemelerinin yansıtıcılık oranının artmasına bağlı olarak günışığının daha fazla kırılmasıyla ilişkilendirilebilir (Şekil 61).



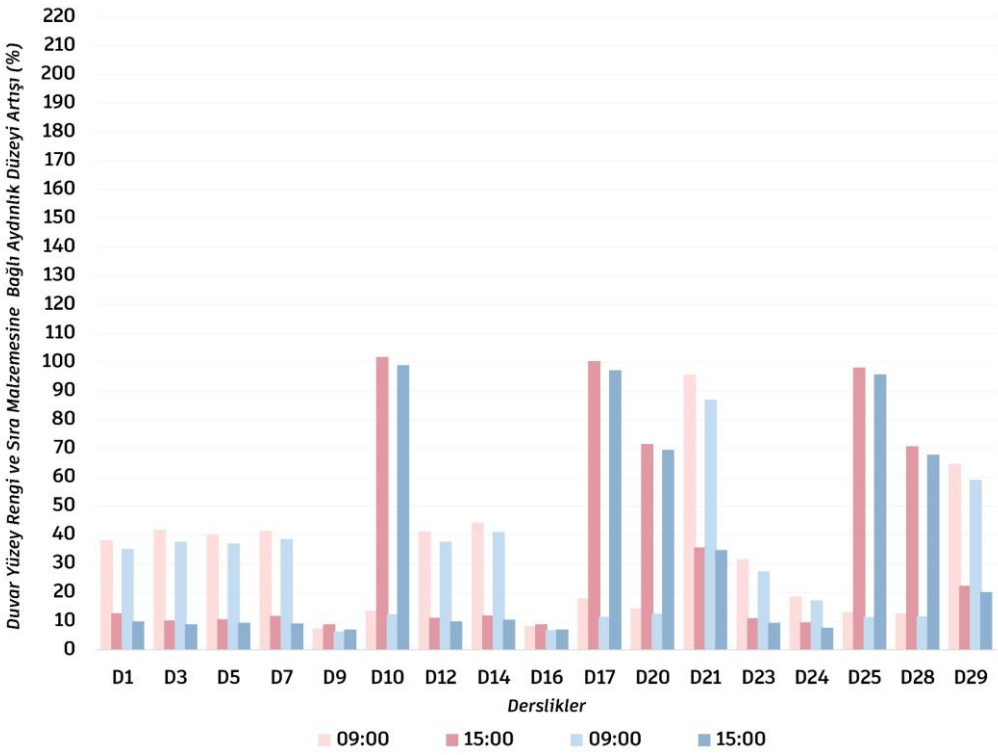
Şekil 60. K-4 ve K-5'te günışığına bağlı çalışma düzleminde aydınlık düzeyinin değişim oranı (%)

→ Odak Yüzeyi

Dersliklerin tamamında günışığına bağlı olarak rengin ve malzemenin etkisini irdelemek amacıyla; gri renkli duvar yüzey ve ahşap sıraların bulunduğu mevcut durumda, pembe/gülkurusu duvar yüzey rengi ile werzalit+ppc sıra kombinasyonu (K-4), daha sonra da mavi renk ile werzalit+ppc sıra kombinasyonu sınanmıştır (K-5). Öğrencilerin ahşap sıraları yerine werzalit+ppc sıralar kullanılmıştır.

Günışığı durumunda, aynı yansıtıcılık oranlarında ve farklı renk sıcaklıklarında boyalı duvar yüzeyler ile yüksek yansıtıcı malzemeli öğrenci sıraları kullanılmasının, dersliklerdeki odak yüzeyinin aydınlık düzeyi üzerinde önemli bir etkisi vardır. Bu önemli etki, yapının güney ve kuzey cephesinde yer alan dersliklerin çalışma düzlemlerinde farklı oranlardadır.

Duvarlardaki renk ile sıra malzemelerinin birlikte değişimi, yapının güney cephesinde yer alan dersliklerin odak yüzeylerinin üzerindeki sabah saatlerinde %40 ve öğleden sonraki saatlerde %10 oranında olumlu yöndedir. Kuzey cephesindeki ise bu etki öğleden önce %10 iken öğleden sonra ise yaklaşık %100 oranındadır (Şekil 62).



Şekil 61. K-4 ve K-5'te günışığına bağlı odak yüzeyinde aydınlık düzeyinin değişim oranı (%)

Güney cephesinde sabah saatlerinde duvar yüzey rengi ile sıra malzemesinin etkisi, öğleden sonraki saatle kıyaslandığında daha yüksek orandadır. Bunun nedeni ise güney cephedeki dersliklerin sabah güneşini etkin biçimde alıyor olmasıyla ilişkilendirilebilir. Günışığı, duvar yüzey renklerinin yanında öğrenci sıralarında da daha fazla yansıma yaptığından sabah saatlerinde bu oranın daha yüksek çıktığı düşünülmektedir. Güneybatı cephede yer alan Derslik 21 ve Derslik 29'da da renk ile birlikte sıra malzemesinin değiştirilmesinin çalışma düzleminin aydınlık düzeyi üzerinde önemli etkisi vardır. Derslik 21'de sabah saatlerinde bu etki %90 oranında olumlu yönde ve öğleden sonra ise bu olumlu etki yaklaşık %40 oranlarındadır. Derslik 29'da ise bu etki sabah saatlerinde %60 iken, öğleden sonra saatlerinde yaklaşık %30 oranında eşittir.

Kuzey cephesinde batı yönünde yer alan dersliklerde renk ve sıra malzemelerinin birlikte değiştirilmesiyle odak yüzeyinin aydınlık düzeyi %70 oranında artarken, doğu yönündeki dersliklerde bu oran yaklaşık %90lara ulaşmaktadır.

Pembe/gülkurusu (sıcak) ile werzalit+ppc kombinasyonu (K-4) ve mavi (soğuk) renkler ile werzalit+ppc sıra kombinasyonu (K-5) etkileri birbirleri ile karşılaştırıldığında

ise genellikle duvar yüzey renginin pembe/gülkurusu renk olduğu ve werzalit+ppx sıra kombinasyonun odak yüzeyi aydınlık düzeyindeki olumlu etkisi daha fazladır (Tablo 88).

Tablo 88. Doğal aydınlatma durumunda duvar yüzey renkleri ve sıra malzemelerinin değiştirilmesiyle çalışma düzlemi ve odak yüzeyinin aydınlık düzeyindeki değişim oranları (%)

		Çalışma Düzlemi				**Odak Yüzeyi**			
		K-4 Sıcak+PPC		K-5 Soğuk+PPC		K-4 Sıcak+PPC		K-5 Soğuk+PPC	
		09:00	15:00	09:00	15:00	09:00	15:00	09:00	15:00
Zemin Kat	D1	5,7	5,7	5,2	4,8	38,1	12,7	35,1	9,9
	D3	6,7	4,7	6,1	4,3	41,7	10,2	37,6	8,9
1.Kat	D5	5,8	5,7	5,3	4,9	40	10,6	37	9,4
	D7	9,7	6	9,2	5,6	41,3	11,8	38,5	9,2
	D9	4,1	5,6	3,6	5,2	7,5	8,9	6,4	7,1
	D10	5,7	153	5,2	151	13,5	101,8	12,4	99
2.Kat	D12	5,8	5,7	5,4	4,9	41,2	11,2	37,6	9,9
	D14	6,9	5,93	6,3	5,5	44,2	12	41	10,5
	D16	4,2	6	3,6	5,2	8,3	8,9	6,9	7,1
	D17	6,2	153	5,7	151,4	17,9	100,4	11,5	97,2
	D20	5,8	205,3	5,2	204,1	14,3	71,5	12,6	69,5
	D21	9,2	17	10,6	28,9	95,6	35,6	86,9	34,7
3. Kat	D23	5,9	-3,8	5,3	3,8	31,5	11	27,3	9,4
	D24	5,2	5,3	4,5	4,9	18,5	9,6	17,2	7,7
	D25	5,7	158	5,2	156,6	13,1	98,1	11,4	95,8
	D28	5,3	207,4	4,7	211	12,8	70,8	11,7	67,8
	D29	8,2	8,7	7,4	7,7	64,6	22,3	59,1	20,1

- Bütünleşik Aydınlatma

  → Çalışma Düzlemi

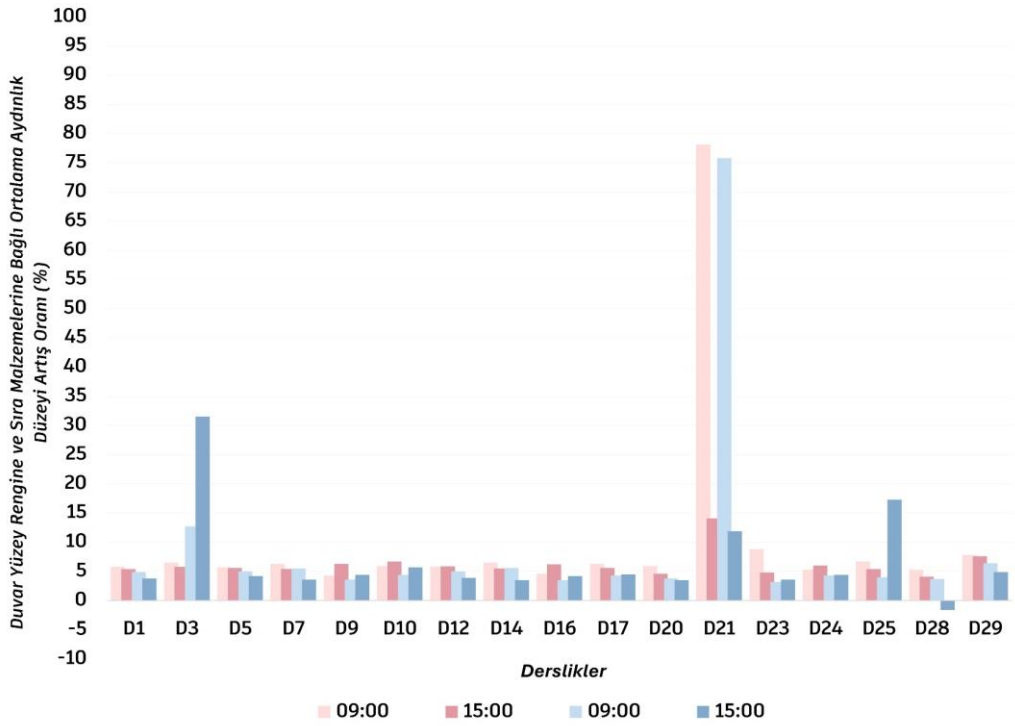
Dersliklerin tamamında bütünleşik aydınlatma durumuna bağlı olarak rengin ve malzemenin etkisini irdelemek amacıyla; gri renkli duvar yüzey ve ahşap sıraların bulunduğu mevcut durumda, pembe/gülkurusu duvar yüzey rengi ile werzalit+ppc sıra kombinasyonu (K-4), daha sonra da mavi renk ile werzalit+ppc sıra kombinasyonu sınanmıştır (K-5). Öğrencilerin ahşap sıraları yerine werzalit+ppc sıralar kullanılmıştır.

Bütünleşik aydınlatma durumunda, aynı yansıtıcılık oranlarında ve farklı renk sıcaklıklarında boyalı duvar yüzeyler ile yüksek yansıtıcı malzemeli öğrenci sıraları kullanılmasının, dersliklerdeki çalışma düzleminin aydınlık düzeyi üzerinde önemli bir etkisi vardır. Bu etki, yapının güney ve kuzey cephesinde yer alan dersliklerin çalışma düzlemlerinde farklılık göstermektedir. Odak düzeylerinde, bütünleşik aydınlatma durumunda duvar yüzey rengi ve sıra malzemelerine bağlı olarak hiçbir derslikte ve hiçbir

zaman aralığında olumsuz bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Duvarlardaki renk ile sıra malzemelerinin birlikte değişimi, yapının güney ve kuzey cephesinde yer alan dersliklerin çalışma düzlemleri üzerindeki sabah ve öğleden sonraki etkisi yaklaşık %5 ila %10 oranında olumlu yöndedir.

Güney ve kuzey cephede yer alan dersliklerde sabah saatlerinde duvar yüzey rengi ile sıra malzemesinin etkisi, sabah saatlerinde duvar yüzey renklerinin pembe/gülkurusu olduğu kombinasyonda (K-4) duvar yüzey renginin mavi renk olduğu kombinasyona kıyasla daha fazladır. Güney cephedeki derslik 21'de kombinasyonların etkisinin fazla olması ise dersliğin mevcut durumdaki duvar yüzey renginin koyu yeşil ve sıraların ahşap malzemeli durumdan, hem duvar renginin hem de sıra malzemelerinin yansıtıcılığının arttırılması ile derslikte yüksek yansıtıcılık oluşmasıyla ilişkilidir.

Pembe/gülkurusu (sıcak) ile werzalit+ppc kombinasyonu (K-4) ve mavi (soğuk) renkler ile werzalit+ppc sıra kombinasyonu (K-5) etkileri birbirleri ile karşılaştırıldığında ise genellikle duvar yüzey renginin pembe/gülkurusu renk olduğu ve werzalit+ppx sıra malzemeli kombinasyonun çalışma düzleminin aydınlık düzeyindeki olumlu etkisi daha fazladır (Şekil 63).



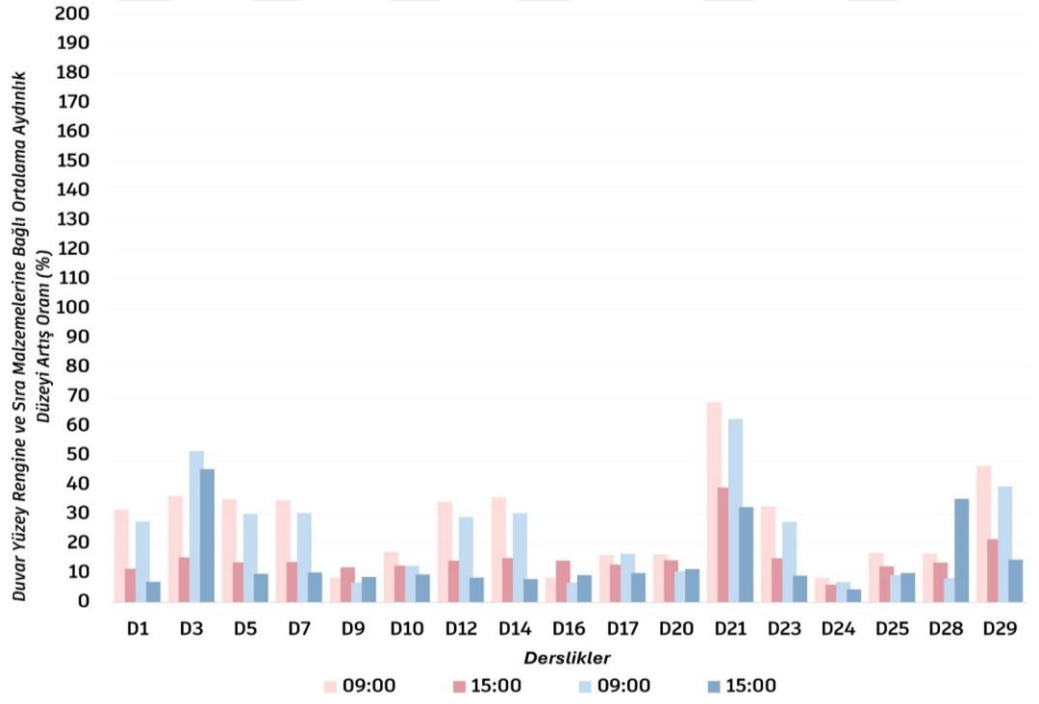
Şekil 62. K-4 ve K-5'te bütünleşik aydınlatma durumunda çalışma düzleminin aydınlık düzeyinin değişim oranı (%)

→ Odak Yüzeyi

Dersliklerin tamamında günışığına bağlı olarak rengin ve malzemenin etkisini irdelemek amacıyla; gri renkli duvar yüzey ve ahşap sıraların bulunduğu mevcut durumda, pembe/gülkurusu duvar yüzey rengi ile werzalit+ppc sıra kombinasyonu (K-4), daha sonra da mavi renk ile werzalit+ppc sıra kombinasyonu sınanmıştır (K-5).

Bütünleşik aydınlatma durumunda, aynı yansıtıcılık oranlarında ve farklı renk sıcaklıklarında boyalı duvar yüzeyler ile yüksek yansıtıcı malzemeli öğrenci sıraları kullanılmasının, dersliklerdeki odak yüzeyinin aydınlık düzeyi üzerinde etkisi vardır. Bu önemli etki, yapının güney ve kuzey cephesinde yer alan dersliklerin odak/tahta yüzeylerinde farklı oranlardadır.

Duvarlardaki renk ile sıra malzemelerinin birlikte değişimi, yapının güney cephesinde yer alan dersliklerin odak yüzeylerinin üzerindeki sabah saatlerinde yaklaşık %30 oranında ve öğleden sonraki saatlerde %10 oranında olumlu yöndedir. Kuzey cephesindeki benzer bu etki öğleden önce yaklaşık %10 iken öğleden sonra ise yaklaşık %5 ila %10 oranındadır (Şekil 64).



Şekil 63. K-4 ve K-5'te bütünleşik aydınlatma durumunda odak yüzeyinin aydınlık düzeyinin değişim oranı (%)

Güney cephesinde sabah saatlerinde duvar yüzey rengi ile sıra malzemesinin etkisi, öğleden sonraki saatle kıyaslandığında daha yüksek orandadır. Bununla birlikte zemin kat ve birinci katta etki daha yüksekken, üst katlarda odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi artışı azalmaktadır. Bunun nedeni güney cephedeki dersliklerin sabah güneşini etkin biçimde alıyor olması ve katlara bağlı olarak üst katlarda dersliklerin aydınlık düzeylerinin daha düşük olmasıyla ilişkilendirilebilir. Güneybatı cephede yer alan Derslik 21 ve Derslik 29'da da renk ile sıra malzemesinin değiştirilmesinin çalışma düzleminin aydınlık düzeyi üzerinde önemli etkisi vardır. Derslik 21'de sabah saatlerinde bu etki %60 oranında olumlu yönde ve öğleden sonra ise etki yaklaşık %30 ila %40 oranlarındadır. Derslik 29'da ise bu etki sabah saatlerinde %40 iken, öğleden sonra saatlerinde yaklaşık %30 orandadır (Tablo 89).

Tablo 89. Bütünleşik aydınlatma durumunda duvar yüzey renkleri ve sıra malzemelerinin değiştirilmesiyle çalışma düzlemi ve odak yüzeyinin aydınlık düzeyindeki değişim oranları (%)

		Çalışma Düzlemi				**Odak Yüzeyi**			
		K-4 Sıcak+PPC		K-5 Soğuk+PPC		K-4 Sıcak+PPC		K-5 Soğuk+PPC	
		09:00	15:00	09:00	15:00	09:00	15:00	09:00	15:00
Zemin Kat	D1	5,8	5,4	4,9	3,8	31,5	11,4	27,5	7
	D3	6,5	5,8	12,7	31,5	36,2	15,3	51,5	45,3
1.Kat	D5	5,7	5,6	5	4,2	35,1	13,6	30,2	9,7
	D7	6,3	5,41	5,5	3,6	34,7	13,7	30,4	10,2
	D9	4,3	6,3	3,6	4,4	8,3	11,9	6,7	8,6
	D10	5,9	6,7	4,4	5,7	17,1	12,5	12,5	9,5
2.Kat	D12	5,8	5,85	5	3,9	34,2	14,2	29	8,4
	D14	6,5	5,5	5,6	3,5	35,7	15,1	30,4	7,9
	D16	4,6	6,2	3,5	4,2	8,4	14,2	6,67	9,3
	D17	6,3	5,6	4,3	4,47	16,1	12,8	16,5	10
	D20	5,9	4,6	3,8	3,5	16,3	14,3	10,6	11,3
	D21	78,1	14,1	75,8	11,9	68,1	39,1	62,4	32,4
3. Kat	D23	8,8	4,8	3,2	3,6	32,6	15	27,4	9,1
	D24	5,3	6	4,3	4,4	8,3	6	6,9	4,4
	D25	6,7	5,4	4	17,3	16,9	12,2	9,2	10
	D28	5,3	4,1	3,7	-1,6	16,5	13,5	8,2	35,2
	D29	7,8	7,6	6,4	4,9	46,4	21,5	39,4	14,5

Kuzey cephesinde ise dersliklerin batı veya doğuda yer almasından bağımsız olarak yalnızca üçüncü kattaki dersliklerde renk ve malzeme değişiminin alt katlardaki dersliklere kıyasla daha fazladır.

Pembe/gülkurusu (sıcak) ile werzalit+ppc kombinasyonu (K-4) ve mavi (soğuk) renkler ile werzalit+ppc sıra kombinasyonu (K-5) etkileri birbirleri ile karşılaştırıldığında

ise genellikle duvar yüzey renginin pembe/gülkurusu renk olduğu ve werzalit+ppx sıra kombinasyonun odak yüzeyi aydınlık düzeyindeki olumlu etkisi daha fazladır.

3.9. Enerji Verimliliği Hesaplamaları/Potansiyel Tasarruf Miktarının Belirlenmesi

Çalışmanın bu bölümünde Dialux.evo 12.1 yazılımının ışık bölümünde yer alan enerjj tasarrufu hesaplama aracı kullanılarak, dersliklerde aydınlık düzeyinin arttırılmasına yönelik renk ve malzeme etkisini ortaya koymak amacıyla hazırlanan beş ayrı kombinasyon için yıllık enerji tüketimine ilişkin hesap yapılmıştır.

Yapılan hesapların planlama verileri; kullanım profili, hedef aydınlatma, kullanım süreleri ve gün(haftalık) bazda seçilmiştir. Yapının planlama verileri 'Eğitim/Öğretim amaçlı binalar – okullar (44.1 Sınıf – Genel etkinlikler)', hedef aydınlatma '500 lx', kullanım süreleri '09:00-15:00 saat' ve gün(haftalık) '5 (Pazartesi-Cuma) olarak belirlenmiştir. Yapının güney kısmı için gün ışığı özerkliği %22 ve kuzey cephedeki derslikler için %14 olarak hesaplanmıştır. Yapının iki cephesinde farklı günışığı etkinliğine bağlı olarak enerji verimliliği hesaplamaları güney ve kuzey cepheden bir derslik üzerinden elde edilmiştir.

Güney cephede yer alan dersliklerde hazırlanan kombinasyonlara bağlı olarak, duvar yüzey renklerinin gri ve sıraların ahşap malzemeli olduğu durum (K-1) baz alınarak hazırlanan dört farklı kombinasyonda elde edilen veriler Tablo 91'de sunulmuştur. Güney cephedeki dersliklerde maksimum verimliliği duvar yüzeylerinin sıcak (pembe/gülkurusu) ve ahşap sıra kombinasyonunda (K-2)'de elde edilmiştir. Güney cephedeki dersliklerde minimum verimlilik ise soğuk renk duvar yüzeyleri ile ppc+werzalit sıra kombinasyonunda (K-5) elde edilmiştir (Tablo 90).

Bu bağlamda güney cephesinde bir dersliğin en verimli yıllık yaklaşık maliyeti 645.89 TL olarak hesaplanmıştır. Bu hesap Temmuz 2024 elektrik enerjisi (kWh/TL) bilgisi ile elde edilmiştir. Güney yöndeki cephelerde sıcak renk tonlarında duvar yüzey renklerinin kullanılması hem enerjinin verimli kullanılmasına hem de ekonomik olarak pozitif katkı sağlayabilir.

Tablo 90. Güney cephesi derslikleri için enerji verimliliği hesap sonuçları

		Kontrolsüz	Kontrollü	Tasarruflu
K-1 Nötr Renk Ahşap Sıra	Enerji Gereksinimi (kWh/a)	168	4.72	164
	LENI (kWh/(m²*a))	3.42	0.096	3.32
	Giderler (TL/a)	665.5	18.64	***646.86***
	CO_2 (kg/a)	67.6	1.89	65.7
K-2 Sıcak Renk ile Ahşap Sıra	Enerji Gereksinimi (kWh/a)	168	4.96	164
	LENI (kWh/(m²*a))	3.42	0.1	3.32
	Giderler (TL/a)	665.5	19.60	***645.89***
	CO_2 (kg/a)	67.6	1.99	65.6
K-3 Soğuk Renk ile Ahşap Sıra	Enerji Gereksinimi (kWh/a)	168	4.57	165
	LENI (kWh/(m²*a))	3.42	0.11	3.30
	Giderler (TL/a)	665.5	18.94	***647.37***
	CO_2 (kg/a)	67.6	1.99	65.6
K-4 Sıcak Renk ile PPC Sıra	Enerji Gereksinimi (kWh/a)	168	4.05	164
	LENI (kWh/(m²*a))	3.42	0.082	3.34
	Giderler (TL/a)	665.5	15.99	***649.51***
	CO_2 (kg/a)	67.6	1.62	65.9
K-5 Soğuk Renk ile PPC Sıra	Enerji Gereksinimi (kWh/a)	168	3.50	165
	LENI (kWh/(m²*a))	3.42	0.071	3.35
	Giderler (TL/a)	665.5	13.81	***651.68***
	CO_2 (kg/a)	67.6	1.40	66.2

Kuzey cephede yer alan dersliklerde hazırlanan kombinasyonlara bağlı olarak, duvar yüzey renklerinin gri ve sıraların ahşap malzemeli olduğu durum (K-1) baz alınarak hazırlanan dört farklı kombinasyonda elde edilen veriler Tablo 92'de sunulmuştur. Bu bağlamda kuzey cephedeki dersliklerde sağlanabilecek maksimum verimlilik duvar yüzeylerinin sıcak (pembe/gülkurusu) ve ahşap sıra kombinasyonunda (K-2)'de elde edilmiştir. Bu bağlamda güney cephesinde bir dersliğin yıllık yaklaşık maliyeti 559.75 TL olarak hesaplanmıştır (Tablo 90).

Bu hesap Temmuz 2024 elektrik enerjisi (kWh/TL) bilgisi ile elde edilmiştir. Bu bağlamda güney yöndeki cephelerde sıcak renk tonlarında duvar yüzey renklerinin kullanılmasıyla birlikte ppc malzemeli yerine mevcuttaki ahşap malzemeli sıraların kullanılmasıyla hem enerjinin verimli kullanılmasına hem de ekonomik olarak pozitif katkı sağlayabilir.

Tablo 91. Kuzey cephesi derslikleri için enerji verimliliği hesap sonuçları

		Kontrolsüz	Kontrollü	Tasarruflu
K-1 Nötr Renk Ahşap Sıra	Enerji Gereksinimi (kWh/a)	168	24.5	144
	LENI (kWh/(m²*a))	3.40	0.50	2.91
	Giderler (TL/a)	665.50	96.91	***568.59***
	CO_2 (kg/a)	67.6	9.84	57.7
K-2 Sıcak Renk ile Ahşap Sıra	Enerji Gereksinimi (kWh/a)	168	26.8	142
	LENI (kWh/(m²*a))	3.40	0.54	2.86
	Giderler (TL/a)	665.50	105.75	***559.75***
	CO_2 (kg/a)	67.6	10.7	56.8
K-3 Soğuk Renk ile Ahşap Sıra	Enerji Gereksinimi (kWh/a)	168	23.8	145
	LENI (kWh/(m²*a))	3.40	0.48	2.92
	Giderler (TL/a)	665.50	93.83	***571.67***
	CO_2 (kg/a)	67.6	9.53	58.0
K-4 Sıcak Renk ile PPC Sıra	Enerji Gereksinimi (kWh/a)	168	25.4	143
	LENI (kWh/(m²*a))	3.40	0.51	2.89
	Giderler (TL/a)	665.50	100.16	***565.33***
	CO_2 (kg/a)	67.6	10.2	57.4
K-5 Soğuk Renk ile PPC Sıra	Enerji Gereksinimi (kWh/a)	168	23.1	145
	LENI (kWh/(m²*a))	3.40	0.47	2.94
	Giderler (TL/a)	665.50	91.24	***574.26***
	CO_2 (kg/a)	67.60	9.26	58.3

Derslikte mevcut durumda yıllık 144 kWh enerji tüketilirken, yalnızca duvar renklerinin pembe/gülkurusu renge dönüştürülmesiyle yıllık tüketim 142 kWh'a düşmüştür. Bir derslikte sağlanabilecek potansiyel tasarruf 2 kWh iken, tüm yapı için 20 derslikte 40 kWh enerji tasarrufu sağlanabilir. Kuzey yönlü dersliklerin gri (nötr) renkler yerine sıcak veya soğuk renkli duvar yüzeyleri kullanılması enerji tasarrufu sağlamaktadır. Bunun yanında duvar yüzey renklerinin doğru tercihine ek olarak sıra malzemelerinin de ahşap olarak tercih edilmesiyle önemli miktarda enerji tasarrufu potansiyeli bulunmaktadır. Kuzey ve güney cephedeki enerji tasarruf miktarları karşılaştırıldığında, güney cepheye kıyasla kuzey cephesindeki dersliklerden daha yüksek miktarda enerji ve ekonomik verimlilik elde edileceği ortaya koyulmuştur.

4. SONUÇLAR

Eğitim yapılarında doğru aydınlatma tasarımı bireylerin görsel konfor sağlanarak öğrenme performansının arttırılması ve eğitimde verimlilik elde edilmesi açısından, hem de enerji tasarrufu sağlanması açısından önemlidir. Enerji tasarrufuna yönelik enerji etkin aydınlatma sistemlerinin sağlanmasını hem yapısal düzeyde hem de aydınlatma sistemi düzeyinde ele almak mümkündür. Bu bağlamda enerji etkin aydınlatma tasarımı yapısal düzeyde mekân boyutları, pencere boyutu ve konumu, iç mekânın örgütlenme biçimi, iç mekân yüzey malzemeleri ile donatı özellikleri gibi fiziksel özelliklerin bilinçli tasarlanması ve aydınlatma sistemlerinin doğru kurgulanmasıyla sağlanmaktadır.

Bu çalışmada eğitim yapıları dersliklerinde kullanılacak duvar yüzey renkleri ve öğrenci sıralarının malzeme/doku özelliklerinin aydınlık düzeyine etkileri ele alınmıştır.

Bu kapsamda örneklem olarak seçilen Ahmet Saka İlkokulu (10025 kodlu tip proje), kuzey ve güney cephe yönlenmesinde yer alan dört katlı bir eğitim yapıdır. Okulun kuzey yönlenişi 75° ve bulunduğu konum 40°59'21.3"N 39°41'23.0"E koordinatlarında Trabzon, Türkiye'dir. Şehir merkezinde yer alması nedeniyle, çevresinde yüksek katlı toplu konutlar yer almaktadır. Okulun güney/ön bahçesinde yüksek istinat duvarı yer alırken kuzey/arka yönde ise bahçe ve park alanı bulunmaktadır. Yapı sabah saatlerinde güney/ön bahçe yönünde güneşi oldukça yoğun alırken, öğleden sonra ise kuzey cephesindeki dersliklerde benzer durum yaşanmaktadır. Okulun zemin katında güneye bakan dört derslik, birinci katta her iki yöne bakan toplam dokuz, ikinci katta toplam on, üçüncü katta da toplam on derslik olmak üzere toplam otuz derslik bulunmaktadır.

Çalışmanın ilk adımında seçilen ilkokul yapısında dersliklerin fiziksel özellikleri ile aydınlatma elemanları tespit edilerek ölçülen doğal, yapay ve bütünleşik aydınlık düzeylerinin TS EN 12464-1:2021 Standardına uygunluğu değerlendirilmiştir.

- Dersliklerde Mevcut Durum

Dersliklerin zemini bej renkli 60x60cm ölçülü seramiklerle kaplanmış, duvar yüzeyleri açık gri renk ve odak/tahta yüzeyleri ise koyu gri boya ile boyanmıştır. Dersliklerde güneybatı yönünde sonradan oluşturulmuş sınıflarda 13 öğrenci sırası, diğer tüm dersliklerde ise 15 öğrenci sırası bulunmaktadır. Kullanılan sıraların tamamı ahşap kayın malzemeli, cilalı ve temizdir. Dersliklerin tamamında öğrenci ihtiyaçları için geniş depolama dolapları, öğretmen sandalye ve masası vardır. Dersliklerin tamamında stor perde

gölgeleme elemanları bulunmaktadır. İlkokul yapısında güneybatı yönündeki dersliklerde floresan lambalar kullanılırken, diğer tüm dersliklerde Milli Eğitim Bakanlığı'nın tasarruf politikası doğrultusunda yeni değiştirilen LED armatürler (36W gücünde ve 2400L) kullanılmaktadır. Dersliklerin tamamında armatürler sorunsuz ve eksiksiz çalışmaktadır. Bu derslikler içinde mekan boyutu, pencere şekli, boyutu ve sayısı, duvar yüzey rengi farklılaşmalara bağlı yedi farklı derslik tipi bulunmaktadır.

- Aydınlık Düzeyi Ölçüm Verilerine İlişkin Sonuçlar

Yapıda seçilen dersliklerde mevcut aydınlık düzeyinde yapay aydınlatma elemanlarının sağladığı aydınlık düzeyinin TS-EN 12464:1 standardına uygunluğunu değerlendirebilmek amacıyla, yapının kullanım süresince ekim, ocak ve nisan aylarında 09:00-10:00 ve 12:00-13:00 ve 15:00-16:00 saat aralıkları olmak üzere üç farklı zaman diliminde ölçümler tekrarlamıştır.

Doğal aydınlatma/günışığına bağlı sağlanan aydınlık düzeyleri: Zemin, birinci ve ikinci katta güney/ön cephede yer alan dersliklerde çalışma düzlemi aydınlık düzeyleri tüm aylarda sabah saatlerinde maksimum 1000lx değerinin üzerinde iken, öğleden sonra ise standartta belirtilen minimum 500lx değerinden azdır. Bu durum dersliklerin tamamında kamaşma kontrolünün ve görsel bağlantı oranının aynı olmasına bağlı olarak güneşlenme süresine ve günışığı alış miktarıyla ilişkilidir. Üçüncü kattaki dersliklerde ise ekim ve ocak aylarında standartta yer alan 500-1000lx gereksinme karşılanırken, nisan ayında sabah ve öğle saatlerinde standarda uygun aydınlık düzeyleri söz konusudur. Zemin, birinci ve ikinci kattaki dersliklerde hem ocak hem de nisan ayının öğle saatlerinde standarda uygun aydınlık düzeyi sağlanabilmiştir. Bu durum ocak ve nisan aylarında güneşin doğuş saatinin ekim ayına kıyasla daha geç olmasına bağlı olarak sabah saatinde aşırı güneş maruziyeti ile maksimum 1000lx değerinin aşılmasıyla ilişkilidir. Birinci katta kuzey/arka cephede yer alan dersliklerde yalnızca günışığıyla ekim, ocak ve nisan aylarında gün boyu minimum 500lx değeri üzerinde aydınlık elde edilmesi söz konusudur. İkinci ve üçüncü kattaki dersliklerin çalışma düzleminde ölçülen aydınlık düzeyleri ise standarda uygun aralıkta (500-1000lx) değildir.

Yalnızca yapay ışık kaynaklarının kullanımıyla sağlanan aydınlık düzeyleri: Mevcutta kullanılan yapay ışık kaynakları tek başına dersliklerde çalışma düzleminde standarda uygun değerde aydınlık düzeyi sağlamamaktadır. Bu nedenle dersliklerin günışığından yararlanma miktarlarına bağlı olarak özellikle pencere kenarlarında etkilidir. Bu durum gölgeleme elemanlarının ışık geçirgenliğinin fazla olmasıyla ilişkilidir. Yapının genelinde dersliklerin

koridor tarafındaki çalışma düzlemi üzerinde ölçülen aydınlık düzeyi değerleri standartta yer alan minimum 500lx düzeyinden azdır. Bu durum dersliklerde kullanılan yapay armatürlerin sayısı, yapay ışığın rengi ve yapay ışığın ışık akısı değerinin yanlış seçilmesiyle ilişkilidir. Bununla birlikte dersliklerde kullanılan duvar rengi ve donatı renginin ışık rengiyle doğru kombinasyon sağlayamamasına da bağlıdır.

Dersliklerde bütünleşik aydınlatma düzeyleri: Zemin, birinci ve ikinci katta güney/ön cephede yer alan dersliklerde çalışma düzlemi aydınlık düzeyi nisan ayında günün her saatinde 500-1000lx aralığında veya 1000lx üzerindeyken, üçüncü kattaki dersliklerde ise 1000lx üzerindedir. Bu durum dersliklerin nisan ayında güneşlenme sürelerinin diğer aylarla kıyaslandığında daha fazla olmasıyla ilişkilidir. Zemin ve birinci kat dersliklerinde ekim ve ocak ayında yalnızca öğleden sonraki saatlerde çalışma düzlemi üzerinden ölçülen aydınlık düzeyi standarda uygun değildir. Bu durum güney cephedeki dersliklerin güneşi yoğunlukla sabah ve öğle saatlerinde almasına bağlıdır. İkinci ve üçüncü kattaki dersliklerin çalışma düzleminin aydınlık düzeyi ekim ve ocak ayında sabah saatlerinde yeterli aydınlık söz konusudur. Birinci katta kuzey/arka cephede yer alan dersliklerin çalışma düzlemi üzerinden yapılan ölçüm sonuçlarına göre tüm aylarda ve saat aralıklarında ya standarda uygun (500-1000lx) ya da maksimum gereksinmenin üzerinde aydınlık düzeyi değeri elde edilmiştir. İkinci ve üçüncü kattaki dersliklerde ise nisan ayında günün her saatinde aydınlık düzeyi standarda uygundur. Bu durum, kuzey cephesinin öğleden sonra daha yoğun ışık alması ve en geç güneş batış saatinin nisan ayında gerçekleşmesiyle ilişkilidir.

Genel olarak değerlendirildiğinde ise tüm ölçüm aylarında doğal aydınlatma ile bütünleşik aydınlatma durumlarında elde edilen sonuçların birbirleri ile benzer olduğu görülmektedir. Bu durum dersliklerde mevcutta kullanılan yapay ışık kaynaklarının derslikler için TS EN 12464-1:2021 standardında yer alan 500-100lx aralığında aydınlık düzeyi sağlayamaması, yanlış özellikte ve yetersiz olmasından kaynaklanmaktadır. Yapay aydınlatma durumunda ise çoğunlukla dersliklerde yalnızca pencere kenarlarındaki öğrenci sıralarının minimum 500lx aydınlık düzeyi sağlanabilmiştir. Yapay ışık kaynakları kullanımıyla dersliklerde genellikle pencere kenarı bölgelerinin yeterli aydınlık düzeyinde olması derslikte homojen bir aydınlık düzeyi sağlanamaması nedeniyle öğrencilerin hem görüş hem de öğrenme performansını olumsuz etkileyebilir. Bu durum eğitim yapılarında armatür özelliklerinin seçiminin de önemli olduğunu göstermektedir.

Dersliklerin bulunduğu kat ile ilişkili olarak ölçülen aydınlık düzeylerinde, doğal aydınlatma durumunda güney yönünde özellikle sabah saatlerinde anlamlı farklılıklar söz

konusudur. Zemin kat ve birinci kattaki dersliklerin aydınlık düzeyleri, ikinci ve üçüncü kattaki dersliklere kıyasla genellikle daha fazladır. Bunda günışığı yoğunluğunun, kat yüksekliğine bağlı olarak dersliklerdeki aydınlık düzeyi üzerinde farklar oluşturması etkilidir. Ekim ve ocak ayında katlar arasındaki aydınlık düzeyi farklılığı belirgin olarak görünürken, nisan ayında ise anlamlı bir farklılık yoktur. Bunda mevsimsel özelliklere bağlı olarak nisan ayında güney yöndeki dersliklere güneşin geliş açısı ve yoğunluğu etkilidir.

Zemin kattaki dersliklerin aydınlık düzey ile üçüncü kat ile arasında önemli farklılıklar vardır. Bu farklılık güney ve kuzey cephelerinde benzer şekilde %300 ila %400 oranlarındadır. Bu durum dört katlı eğitim yapısının ilk ve son katı arasındaki yükseklik farkının yaklaşık 12 metre olmasından kaynaklı olarak güneşin mekana geliş açısında büyük farklılıklar oluşturması ile ilişkilidir.

Doğal aydınlatma durumunda kuzey yönündeki dersliklerde ise özellikle öğleden sonra saatlerinde ölçülen aydınlık düzeyleri arasında anlamlı farklılıklar söz konusudur. Birinci kattaki derslik, ikinci ve üçüncü katlara kıyasla daha aydınlıktır. Bu durumun oluşması günışığının öğleden sonra kuzey cephesinde yoğunlaşmasıyla ve birinci kattaki dersliğin güneşi alış açısının diğerlerine kıyasla daha doğru/etkili olmasına bağlıdır.

Aydınlık düzeylerinin dersliklerin bulunduğu kat ile ilişkili olarak ölçülen aydınlık düzeylerinde, bütünleşik aydınlatma durumunda da doğal aydınlatma durumu ile benzer eğilimler vardır. Doğal aydınlatma durumundaki aydınlık düzeyleri ile kıyaslandığında dersliklerin katlara bağlı değişen aydınlık düzey farklılıkları yapay ışık kaynaklarının kullanımıyla azalmıştır. Bu durum dersliklerde yapay armatürler özelliklerinin ışık renginin 6500 K soğuk beyaz olması, ışık akısının 2400 lümen ve yetersiz olması nedeniyle gün ışığının yanında armatürlerin etkisiz kalmasıyla ilişkilidir.

Dersliklerin baktığı yön bağlı olarak aydınlık düzeyleri karşılaştırıldığında, doğal aydınlatmada güney/ön yöndeki dersliklerde aydınlık düzeyi sabah ve öğle saatlerinde, kuzey/arka yöndekilerde ise öğle ve öğleden sonra saatlerinde aydınlık düzeyi standarda uygundur. Bunda ilkokul yapısının güney/ön cephesinin günışığını sabah saatlerinde yoğun biçimde alırken kuzey/arka cephesinin ise öğleden sonra günbatımına kadar yoğun biçimde alması etkili olmuştur. Her iki cephedeki dersliklerin aydınlık düzeyleri öğle saatlerinde birbirlerine yakın değerlerde olduğu, sabah ve öğleden sonraki aydınlık düzeyleri arasındaki farkın arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum güneşin öğle saatinde (12:00-13:00) ışınlarının yapıya 90° gelmesiyle ve her iki cephenin benzer yoğunlukta ışın almasıyla ilişkilidir. Trabzon şehrinin mevsimsel özellikleri ile değişen günışığı etkinliğine bağlı

olarak ölçüm yapılan durumlardan günışığı ve bütünleşik aydınlatma verilerine göre, tüm zaman aralıklarında ölçülen değerler en düşük ekim ayında iken en yüksek değer ise nisan ayındadır.

Yapay aydınlatmada güneye bakan dersliklerde aydınlık düzeyi sabah saatlerinde, kuzey/arka yöndekilerde ise öğleden sonra saatlerinde genellikle standarda uygundur. Bu durum gölgeleme elemanlarının yoğun ışık geçirgenliklerine bağlı olarak güney cephede aşırı günışığı ve kuzey cephede öğleden sonra aşırı günışığıyla etkinlik kazanmasıyla ilgilidir. Yapay ışık kaynaklarının tek başına kullanılması dersliklerde yeterli aydınlık düzeyinin sağlanmasında etkili değildir.

Bütünleşik aydınlatmada güney/ön yöndeki dersliklerde aydınlık düzeyi öğle saatlerinde, kuzey/arka yöndekilerde ise öğle ve öğleden sonra saatlerinde aydınlık düzeyi standarda uygundur. Bunda yapay ışık kaynaklarının tüm dersliklerde aynı olması ve benzer ışık yoğunluğu sağlaması etkilidir. Dersliklerde tercih edilen gölgeleme elemanlarının ışık geçirgen olması ve bu sebeple yeterli gölgelemenin yapılamamış olmasıyla kaynaklı olarak ölçülen aydınlık düzeyleri doğal ve bütünleşik aydınlatma için ölçülen aydınlık düzeylerinde benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Gölgeleme elemanlarının ışık geçirgenliğinin fazla olması nedeniyle günışığı kontrol edilememektedir. Bu durum dersliklerde istenenden fazla aydınlık düzeyinin oluşmasına ve görsel konforun bozulmasına neden olabilir. Mevcut durumda hem günışığının kontrol edilememesi hem de yapay ışık kaynaklarından yeterli ölçüde yararlanılmaması enerji korunumu sağlanmasında da olumsuz etkiler yaratabilir.

- Simülasyonlara İlişkin Sonuçlar

Mevcut durumda elde edilen bilgiler çerçevesinde, yapının mevcut durumu Dialux.evo 12.1 yazılımı üzerinde modellenmiştir. Modellenen ilkokul yapısında, mevcutta yetersiz bulunan yapay ışık kaynakları öncelikli olarak yeterli aydınlık düzeyi sağlayacak yapay ışık kaynakları aynı güçte olmak koşulu ile 36Watt, 5000lümen, 5000K ışık renkli (LED) ile değiştirilmiştir. Daha sonra hazırlanan beş farklı kombinasyon esas alınarak, kombinasyonların dersliklerdeki çalışma düzlemi ve odak yüzeyi üzerindeki etkileri yalnızca duvar yüzey renginin değiştirilmesi ve duvar yüzey rengi ile sıra malzemesinin bir arada değiştirilmesi çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Dersliklerde ahşap sıralar değiştirilmeden mevcuttaki gri olan duvar rengi sıcak renk (pembe/gülkurusu) ve soğuk renk (mavi) ile değiştirildiğinde sadece günışığı kullanıldığı durumda çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyinde pozitif yönde (+%5) artış elde edilmiştir. Bu etkiler kuzey cephesinde günışığı daha az olduğundan fark daha belirgin olmuştur. Güney

cephede günışığından elde edilen aydınlık düzeyi fazla olduğundan bu fark hissedilememiştir.

Dersliklerde alınan günışığı yoğunluğu 1000 luxten fazla olduğunda rengin etkisi kayda değer bir fark elde edilememektedir. Duvar yüzey renklerinin griden pembe/gülkurusuna veya maviye dönüştürülmesiyle, güney cephedeki dersliklerde çalışma düzleminde sabah ve öğleden sonraki aydınlık düzeyi ölçüm sonuçlarında bu fark az (%3) ile ortaya çıkmıştır/ortaya koyulmuştur.

Yapının kuzey cephesinde yer alan dersliklerinde yapılan renk değişimleri ise güney yönle kıyaslandığında özellikle öğleden sonraki saatlerde oldukça anlamlıdır. Kuzey cephesinde doğu yönündeki dersliklerde sıcak ya da soğuk renk yüzey renklerinin kullanılmasıyla, öğleden sonra çalışma düzlemindeki etkisi olumlu yönde %140 iken batı yönündeki dersliklerde bu oran yaklaşık +%200'dür. Bu durum yapının kuzey cephesinin öğleden sonra güneşin batış zamanında yoğunlukla günışığı alması ve güneş ışınlarının renginin mavi renk dalga boyu yerine kızıl/turuncu olmasıyla ilişkili olmasıyla ilişkilendirilmiştir. Genel olarak aynı renk yansıtıcılı özellikli gri, pembe/gülkurusu ve mavi renkli duvar yüzeylerinin çalışma düzlemi üzerindeki etkileri karşılaştırıldığında gri ve mavi rengin etkisinin neredeyse aynı olduğu, dersliklerde kullanılan ahşap sıraların da sıcak renk tonlu olması ve pembe/gülkurusu renk ile daha fazla yansıma yapmasına bağlı olarak pembe/gülkurusu rengin etkisinin ise daha fazla olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Dersliklerde ahşap sıralar değiştirilmeden mevcuttaki gri olan duvar rengi sıcak renk (pembe/gülkurusu) ve soğuk renk (mavi) ile değiştirildiğinde sadece günışığı kullanıldığı durumda odak yüzeyindeki aydınlık düzeyi üzerinde anlamlı etkileri olmuştur. Bu etkiler, çalışma düzleminde olduğu gibi yapının güney ve kuzey cephesinde yer alan dersliklerde farklılık göstermektedir.

Yapının sabah saatlerinde güney cephesinin istenen düzeyden çok fazla aydınlık düzeyinde değerler ölçülmesi nedeniyle güney cephede yer alan dersliklerde rengin etkisi, odak/tahta yüzeyinde sabah saatlerinde hem olumlu hem de olumsuz yönde (-%3 ila +%3) fakat anlamlı değildir. Yapının kuzey cephesinde yer alan dersliklerinde yapılan renk değişimleri ise güney yönle kıyaslandığında özellikle öğleden sonraki saatlerde daha anlamlıdır. Derslik yüzeylerinde gri renk yerine pembe/gülkurusu ya da mavi renk kullanımıyla odak yüzeyinde yaklaşık %50 oranında aydınlık düzeyi arttırılabilmektedir. Bu bağlamda dersliklerde sıcak veya soğuk renkli yüzeylerin tercih edilmesiyle odak yüzeyine kıyasla çalışma düzleminde daha fazla aydınlık düzeyi sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Dersliklerde ahşap sıralar kullanılırken mevcuttaki gri olan duvar rengi sıcak renk (pembe/gülkurusu) ve soğuk renk (mavi) ile değiştirildiğinde günışığına ek olarak yapay ışık kaynaklarının da kullanıldığı durumda çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyi üzerinde belirgin etkileri görülmemiştir. Bu durum bütünleşik aydınlatma durumunda simülasyonda seçilen (36Watt gücünde, 5000Lümenlik ışık akısı ve 5500K ışık renkli özellikli) yapay ışık kaynaklarının derslikler için standarda uygun aydınlık düzeyi sağlamasıyla ilişkilidir. Simülasyon hesaplamaları yapılırken mevcutta yetersiz aydınlatma armatürleri değiştirilmiştir. Bu nedenle dersliklerde minimum 500 lx aydınlık düzeyini sağlayacak doğru aydınlatma armatürü kullanıldığında bütünleşik aydınlatma durumunda kombinasyonlar arasında belirgin farklılıklar görülmemiştir. Bu bağlamda eğitim yapılarında genellikle mevcut durumda yetersiz aydınlatma elemanlarının kullanıldığı göz önünde bulundurulduğunda duvar yüzeylerindeki doğru renk seçimiyle aydınlık düzeyi üzerinde daha fazla etkilerinin görüleceği açıktır.

Dersliklerde ahşap sıralar değiştirilmeden mevcuttaki gri olan duvar rengi sıcak renk (pembe/gülkurusu) ve soğuk renk (mavi) ile değiştirildiğinde günışığına ek olarak yapay ışık kaynaklarının da kullanıldığı durumda yalnızca kuzey cephede yer alan dersliklerdeki odak/tahta yüzeyi üzerinde anlamlı etkileri söz konusudur.

Mevcutta duvarları koyu yeşil renkli olan derslikte (Derslik 21) duvar renginin yansıtıcılığı ve rengi değiştirildiğinde sabah ve öğle saatinde çalışma düzlemindeki doğal aydınlık düzeyi %95 oranında, odak yüzeydeki aydınlık düzeyi ise %30 artmıştır. Bunda rengin yansıtıcılık oranının artması ve renk sıcaklığının değiştirilmesi etkili olmuştur. Öğleden sonraki saatlerde bu olumlu etki çalışma düzleminde %15 ve odak yüzeyinde ise %20 oranına gerilemiştir. Bu durum, dersliğin güney cephede bulunmasına bağlı olarak ışık yoğunluğunun öğle ve öğleden önce yaşanmasıyla ilişkilendirilmiştir. Yapay ışık renginin 5000K olması günışığı etkinliğini arttırdığından rengin aydınlık düzeyi üzerindeki etkisi açıkça görülmektedir.

Dersliklerde ahşap sıraların ppc sıralarla ve mevcuttaki gri olan duvar rengi sıcak renk (pembe/gülkurusu) ve soğuk renk (mavi) ile değiştirildiğinde günışığına bağlı durumda yapının güney cephesinde yer alan dersliklerin çalışma düzlemleri üzerindeki sabah ve öğleden sonraki etkisi %5 ila %10 oranında artmıştır. Değişkenlerin, kuzey cephesindeki dersliklerde çalışma düzleminin aydınlık düzeyi üzerindeki olumlu etkisi, öğleden önce %5 ila %10 iken öğleden sonra ise %150 ila %210 oranındadır. Bu bağlamda kuzey

cephesindeki dersliklerdeki aydınlık düzeyinin artış oranı, güney cepheye kıyasla daha fazladır.

Dersliklerde ahşap sıraların ppc sıralarla ve mevcuttaki gri olan duvar rengi sıcak renk (pembe/gülkurusu) ve soğuk renk (mavi) ile değiştirildiğinde günışığına bağlı durumda, yapının güney cephesinde yer alan dersliklerin odak yüzeylerinde üzerindeki sabah ve öğleden sonraki etkisi en az %10 ila en fazla %40 oranında artış sağlanmıştır Kuzey cephesindeki dersliklerde odak yüzeyinde ise sabah saatlerinde %10 iken öğleden sonra sıra malzemelerinin etkisi %100 oranında aydınlık düzeyini arttırmıştır.

Sıraların malzeme özelliklerine bağlı olarak artan yansıtıcılık özelliği nedeniyle, sıra malzemesinin etkisi güney cephede çalışma düzleminin aydınlık düzeyinden daha çok odak yüzeyindekinde etkilidir. Kuzey cephesinde ise bu etki odak yüzeyine kıyasla, çalışma düzleminde aydınlık düzeyini daha fazla arttırmaktadır. Cephelerin güneşlenme saatleri ve sürelerine bağlı olarak, duvar yüzey rengi ile sıra malzemelerinin de değiştirilmesiyle sabah saatlerinde güney cephedeki dersliklerde odak yüzeyi üzerinde etkiliyken, kuzey cephede ise bu etki daha çok çalışma düzleminde ve öğleden sonradır. Kuzey cephesinde hem doğu hem de batı yönündeki dersliklerde duvar yüzey rengi ve sıra malzemesinin birlikte değiştirilmesi, çalışma düzleminde daha yüksek düzeyde olumlu etkiler yaratırken, odak yüzeyinde iste bu olumlu etkinin yalnızca yarısı kadar etki oluşturmuştur. Sıra malzemelerinin değişimi hem çalışma düzlemi hem de odak yüzeyi üzerindeki olumlu etkileri karşılaştırdığında ise kuzey cephesindeki doğu yöndeki etkileri batı yöne kıyasla daha düşük düzeydedir. Sıra malzemelerinin etkisi pembe/gülkurusu duvar yüzey rengi ile (K-4) hem çalışma düzleminde hem de odak yüzeyinin aydınlık düzeyi üzerinde olumlu etkiler oluşturmaktadır.

Dersliklerde ahşap sıraların ppc sıralarla ve mevcuttaki gri olan duvar rengi sıcak renk (pembe/gülkurusu) ve soğuk renk (mavi) ile değiştirildiğinde bütünleşik aydınlatma durumunda kuzey ve güney cephede yer alan dersliklerin genelinde ve günün tamamında çalışma düzlemlerinde %5 ile %10 olumlu etkilidir.

Dersliklerde ahşap sıraların ppc sıralarla ve mevcuttaki gri olan duvar rengi sıcak renk (pembe/gülkurusu) ve soğuk renk (mavi) ile değiştirildiğinde bütünleşik aydınlatma durumunda kuzey ve güney cephede yer alan dersliklerin genelinde ve günün tamamında odak yüzeyinde ise bu etki olumlu yönde %10 ila %40 oranındadır.

Mevcut aydınlık düzeylerinin ocak ayı değerlerinin daha az olmasına bağlı olarak, kuzey cephesinde dersliklerde yön fark etmeksizin yalnızca üçüncü kattaki dersliklerin odak

yüzeylerinde renk ve malzeme değişiminin etkisi, alt katlardaki dersliklere kıyasla daha fazladır. Güney cephenin sabah saatlerinde ve alt katlarında daha yüksek günışığı alışıyla ilişkili olarak güney cephede alt katlardaki dersliklerde renk ve malzemenin birlikte değişimiyle elde edilecek aydınlık düzeyi etkinliği daha yüksek düzeydedir.

Güney ve kuzey cephede yer alan dersliklerde sıra malzemelerinin etkisi sabah saatlerinde hem çalışma düzleminde hem de odak yüzeyinde, duvar yüzey renklerinin pembe/gülkurusu olduğu kombinasyonda (K-4) duvar yüzey renginin mavi renk olduğu kombinasyona (K-5) kıyasla daha fazladır.

Sonuç olarak, dersliklerde istenen düzeyde veya istenen düzeyin üzerinde günışığı yoğunluğu varken yapılan duvar yüzey rengi veya duvar yüzeyleriyle birlikte sıra malzemeleri değişimi, hem güney hem de kuzey cephedeki dersliklerde aydınlık düzeyini arttırmada etkili bir etmendir. Buna karşın aydınlık düzeyinin standarda yakın veya standartta olduğu durumlarda ise yapılan duvar yüzey rengi ve duvar yüzeyleriyle birlikte sıra malzemeleri değişiminin daha belirgin etkileri olduğu görülmektedir. Bu sayede TS EN 12464-1:2021 Standarda uygun olmayan aydınlık düzeyine sahip dersliklerde yapay ışık kaynaklarına duyulan ihtiyaç azalmakta ve elektrik enerjisi daha etkin kullanılmaktadır.

Yalnızca duvar yüzey renklerinin değiştirilmesiyle özellikle kuzey cephedeki dersliklerde öğleden sonra önemli miktarda aydınlık düzeyinin arttırabileceği görülmüştür. Duvar yüzey renklerinin yanında öğrenci sıra malzemesinin de daha açık renkli/yüksek yansıtıcılı olması dersliklerde aydınlık düzeyi üzerindeki bu olumlu etkiyi daha da arttırmaktadır. Dersliklerde sıra malzemelerinin değiştirilmesiyle daha çok odak yüzeylerinin aydınlık düzeyi üzerinde etkiliyken, duvar yüzey renklerinin değiştirilmesi ise çalışma düzlemi üzerinde etkilidir. Bu durum duvar yüzeylerinden yansıyan ışınların çalışma düzleminde yoğunlaşmasıyla ilişkilendirilmiştir.

- Enerji verimliliği sonuçları

Yapının mevcudunda yapılan aydınlık düzeyi ölçüm sonuçlarına göre, dersliklerde tercih edilen yapay ışık kaynakları oldukça yetersizdir. Enerji tüketimi göz önünde bulundurulduğunda aynı güçteki armatürlerden ışık yayılımı daha fazla olan armatürler ile değiştirilerek bu sorun çözülmüştür. Duvar yüzey renkleri için sıcak ve soğuk renk tonlarının tercih edilmesiyle kuzey yönlü dersliklerde öğleden sonra hem çalışma düzleminde hem de odak yüzeyinde daha fazla aydınlık düzeyleri elde edilmiştir. Dialux.evo 12.1 yazımıyla yapılan günışığına bağlı aydınlık düzeyi ve bütünleşik aydınlatmaya bağlı hesap sonuçları sonrasında potansiyel enerji verimliliği hesapları da yapılmıştır.

Tüm bu hesaplamalar sonucunda, güney ve kuzey cephedeki tüm derslikler için enerji tasarrufu ve buna bağlı olarak ekonomik kazanç elde etmek için duvar yüzeylerinin sıcak (pembe/gülkurusu tonları) ile ahşap sıraların kullanıldığı (K-2) en avantajlı kombinasyon olarak sonuçlanmıştır. Her derslikte elde edilecek yıllık minimum 2 kWh elektrik enerjisi, Türkiye'deki tüm ilkokul yapıları göz önünde bulundurulduğunda önemli miktarda enerji tasarrufu oluşturma potansiyelindedir. Enerji potansiyelinin yanında karbondioksit (CO_2) salınımının azaltılması sürdürülebilirlik bağlamında da kamu yapıları için önemli görülmektedir. Bu bağlamda tez çalışmasıyla, dersliklerde hem TS EN 12464-1:2021 standardına uygun aydınlık düzeylerinde eğitim görme imkanı hem de enerji tasarrufu sağlanabilecek öneriler sunulmuştur.

5. ÖNERİLER

Çalışmadan elde edilen veriler ışığında ve literatürdeki bilgiler birlikte değerlendirilerek dersliklerde enerji tasarrufunun sağlanmasına yönelik iç mekân duvar yüzey renkleri ve sıra malzemelerini kapsayan tasarım kararlarına ilişkin öneriler, tasarımcılara ve araştırmacılara öneriler olmak üzere iki grupta ele alınmıştır.

- Tasarımcılara öneriler

Kamu yapılarında enerji tasarrufu göz önünde bulundurularak yeni yapılacak eğitim yapıların dikkat edilmesi gereken hususlar ile mevcut yapılar için değişiklik önerileri aşağıda sıralanmıştır.

Eğitim yapıları dersliklerinde yapının fiziki konumuna bağlı olarak değişen günışığının henüz tasarım aşamasında planlanarak, mekân organizasyonunun nasıl olacağı, yazı tahtasının hangi yüzeyde yer alacağının belirlenmesi, doğru duvar yüzey renklerinin ve sıra malzemelerinin dijital yazılımlarla öncesinden belirlenmesi önerilmektedir.

Mevcut eğitim yapısında güneybatı yönünde konumlanan dersliklerde, özellikle odak yüzeyinde aşırı günışığının alınması nedeniyle yüzeyin diğer dersliklerde olduğu gibi batı yönünde konumlandırılması önerilmektedir. Bu sayede odak yüzeyi üzerinde oluşacak yüksek aydınlık düzeyine bağlı kamaşmalar engellenebilir.

Mevcut yapının mevsimlere bağlı değişen aydınlık düzeyi eğilimleri, batı yönündeki dersliklerin daha yüksek aydınlık düzeyine sahip olduğu göstermektedir. Bu bağlamda aydınlık düzeyinin fazla olduğu derslikler; ince ve detaylı öğrenmeyi gerektiren resim atölyesi veya kütüphane mekânı olarak kullanılması önerilmektedir.

Mevcut yapının mevsimlere bağlı değişen aydınlık düzeyi eğilimleri, güneybatı yönündeki dersliklerin (yapının ana giriş kapısının üzerindeki derslikler), ölçüm yapılan tüm aylarda aydınlık düzeylerinin diğer dersliklerle kıyaslandığında düşük olduğunu göstermektedir. Bu nedenle dersliklerin, yüksek aydınlık düzeyinin gerek olmadığı teknik veya idari ofis, rehberlik odası vb. başka işlev alanları için kullanılması önerilmektedir.

Güney/ön yönde konumlanan derslikler, yılın üç mevsiminde de sabah-öğle saatleri aralığında yüksek günışığına maruz kaldığından dersliklerde tercih edilecek gölgeleme elemanlarının, derslikteki aydınlık düzeyi standartlara uygun hale getirebilecek geçirgenlikte tercih edilmesi önemlidir. Perdelerin yüksek geçirgenliği derslikte özellikle

pencere kenarında aşırı ışıklı alanlara neden olurken, az geçirgenliği ise derslikte kullanıcıları yapay ışık kaynaklarına olan ihtiyacı gündeme getirecektir.

Dersliklerin pencere kenarlarında güney/ön cephedeki dersliklerde sabah-öğle saatlerinde aşırı günışığı maruziyeti yaşanırken, kuzey/arka cephede ise öğle-öğleden sonra aşırı günışığı maruziyeti yaşanmaktadır. Bunun yanında pencere kenarlarındaki öğrenci sıraları aşırı aydınlıkken, her iki cephedeki dersliklerde de koridor tarafı en arka sıralarda oldukça düşük aydınlık düzeyleri ölçülmüştür. Bu bağlamda dersliklerde kullanılacak yapay armatürlerinin yerleşim planı her iki yön için de olmalı ve anahtar düzenlerinin ihtiyaca göre farklı bölgeleri ayrı ayrı aydınlatabilecek düzende kurgulanması önerilmektedir. Yalnızca düşük aydınlık düzeyine sahip derslik bölümlerinde bölgesel aydınlatma yapılabilmesi enerji tasarrufu sağlamak için önemlidir.

Dersliklerde çalışma düzleminde ve odak yüzeylerinde daha yüksek aydınlık düzeyi sağlanması amacıyla tercih edilen öğrenci sıralarının daha açık renk yüzeyli ve standarda uygun aralıkta yansıtıcılığı sahip malzemelerden olması önerilmektedir.

- Araştırmacılara öneriler

Çalışma kapsamında örneklem olarak belirlenen yapının mevcut aydınlık düzeyine ilişkin farklı çalışmalar yapılabilir. Bu bağlamda ölçüm yapılan aylar sıklaştırılabilir ve yapının genel aydınlık düzeyi eğilimi yıllık bazda ortaya koyulabilir.

Eğitim yapıları derslikleri ile ilgili yeni yapılacak çalışmalarda farklı coğrafi konum (enlem, boylam ve kuzey yönü) da derslikler ele alınabilir.

Çalışmanın genel çerçevesi eğitim yapıları dersliklerini ele aldığından, farklı işlevli mekanlarda da benzer çalışmalar yapılabilir.

Benzer şekilde eğitim yapıları derslikleri ile ilgili yeni yapılacak çalışmalarda bu çalışmadaki materyaller kullanılarak farklı ışık renk sıcaklıklarında ne tür değişiklikler olabileceğine yönelik araştırmalar yapılabilir.

6. KAYNAKLAR

Abdelatia, B., Marenne, C., & Semidor, C. (2010). Daylighting strategy for sustainable schools: case study of prototype classrooms in Libya. *Journal of Sustainable Development*, *3*(3), 60.

Anon, (2000). *Lighting Handbook*. USA: IESNA.

Altun, İ. K., & Zorlu, T. (2021). Mekânsal algıda etkili fiziksel parametreler: İlk kademe eğitim yapıları derslikleri. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, *11*(23), 15-32.

Altuncu, D. (2008). *Aydınlatma Kontrol Sistemlerinin Hastane Örneğinde Kullanımı ve Yatan Hasta Kat Koridorları için Bir Aydınlatma Sistemi Önerisi.* Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitütüsü. Sanatta Yeterlilik, İstanbul.

Aman, M. M., Jasmon, G. B., Mokhlis, H., & Bakar, A. H. A. (2013). Analysis of the performance of domestic lighting lamps. *Energy policy*, *52*, 482-500.

Arpacıoğlu, Ü., Çalışkan C.İ., Şahin, B. & Ödevci, N. (2020). Mimari Planlamada, Günışığı Etkinliğinin Arttırılması İçin Kurgusal Tasarım Destek Modeli. *Tasarım Kuram*, *16*(29), 53-78.

Baskan, T.B. & Sözen, M. Ş., (2006). Dersliklerde Görsel Konfor ve Etkin Enerji Kullanımı - Bir Örnek Derslik Aydınlatması, *Megaron Dergisi*, *1*(2-3), 143-153.

Barkmann, C., Wessolowski, N., & Schulte-Markwort, M. (2012). Applicability and efficacy of variable light in schools. *Physiology & behavior*, *105*(3), 621-627.

Bellia, L., Fragliasso, F., & Stefanizzi, E. (2016). Why are daylight-linked controls (DLCs) not so spread? A literature review. *Building and Environment*, *106*, 301-312.

Berson, D. M., Dunn, F. A., & Takao, M. (2002). Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Science*, *295*(5557), 1070–1073.

Bessho, M., & Shimizu, K. (2012). Latest trends in LED lighting. *Electronics and Communications in Japan*, *95*(1), 1-7.

Birren, F. (1956). *The Psychology of Color for the School Room*. Montana: Nation's Schools.

Boyce, P. (2014). *Human Factors in Lighting (3rd ed.)*, Boca Raton:CRC Press.

Boyce P. (2022). Light, lighting and human health. *Lighting Research & Technology*. *54*(2), 101-144.

Building Bulletin 90, (1999). *Lighting Design For Schools*. London: Department for Education and Employment.

Cajochen, C. (2007). Alerting effects of light. *Sleep medicine reviews, 11*(6), 453-64.

Campbell, S. S. & Murphy, P. J. (1998). Extraocular circadian phototransduction in humans. *Science, 279*, 396-399.

Capeluto, J.G., (2003). The Influence Of The Urban Environment On The Availability of Daylighting in Office Buildings in Israel, *Building and Environment, 38*, 745-52.

Çelik, K. & Ünver, F. R. (2019). Sustainable lighting design approach in educational buildings. *Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture. 34*(3), 49–64.

Chraibi, S., Crommentuijn, L., van Loenen, E., & Rosemann, A. (2017). Influence of wall luminance and uniformity on preferred task illuminance. *Building and Environment, 117*, 24-35.

Cheatum, B. A., & Hammond, A. A. (2000). *Physical activities for improving children's learning and behavior: A guide to sensory motor development*. Stanningley: Human Kinetics.

Cole, M., & Driscoll, T. (2012). The lighting revolution: If we were experts before, we're novices now. Petroleum and Chemical Industry Conference, 2012 Petroleum and Chemical Industry Conference (PCIC), s. 1-12. Los Angeles.

Collins, B. L. (1975). *Windows and people: a literature survey: psychological reaction to environments with and without windows.* Washington: U.S. Goverment Printing Office.

Cuttle, C. (2016). *Lighting Design: A Perception-Based Approach*. London: Routledge.

Dalgleish, T., Rosen, K. & Marks, M. (1996). Rhythm and blues: The theory and treatment of seasonal affective disorders. *British Journal of Clinical Psychology, 35*, 163-182.

De Korte, E. M., Spiekman, M., Hoes-van Oeffelen, L., van der Zande, B., Vissenberg, G., Huiskes, G., & Kuijt-Evers, L. F. (2015). Personal environmental control: Effects of pre-set conditions for heating and lighting on personal settings, task performance and comfort experience. *Building and Environment, 86*, 166-176.

De Santoli, L., Fraticelli, F., Fornari, F., & Calice, C. (2014). Energy performance assessment and a retrofit strategies in public school buildings in Rome. *Energy and Buildings, 68*, 196-202.

Dehvari, H., Maddahi, S. M., Afsari, A., & Hosseini, I. M. (2024). Simultaneous evaluation of the role of color preferences and the effect of color memory with the approach of improving students' quality of learning: a case study learning environments for 6-to-7-year-old children. *Learning Environments Research, 27*(1), 77-98.

DiLouie, C. (2021). *Advanced lighting controls: energy savings, productivity, technology and applications*. London: CRC Press.

Dunn, R., Krimsky, J. S., Murray, J. B., & Quinn, P. J. (1985). Light up their lives: A review of research on the effects of lighting on children's achievement and behavior. *The Reading Teacher, 38*(9), 863-869.

Fostervold, K. I., & Nersveen, J. (2008). Proportions of direct and indirect indoor lighting - The effect on health, well-being and cognitive performance of office workers. Lighting *Research & Technology, 40*(3), 175-200.

Gaines, K., & Curry, Z. (2011). The inclusive classroom: The effects of color on learning and behavior. *Journal of Family and Consumer Sciences Education, 29*(1), 46-57.

Gentile, N., Lee, E. S., Osterhaus, W., Altomonte, S., Amorim, C. N. D., Ciampi, G., & Sibilio, S. (2022). Evaluation of integrated daylighting and electric lighting design projects: Lessons learned from international case studies. *Energy and Buildings, 268*, 1121-1191.

Glogar, M.I., Sutlovic, A., Matijevic, I. & Hajsan-Dolinar, V. (2017). Preferences of Colors and Importance of Color in Working Surrounding of Elementary School Children. 10th annual International Conference of Education, ICERI2017 Proceedings, s. 4740-4748, Seville.

Grangaard E. M. (1995). Color and light effects on learning. Paper presented at the Association fo Childhood Education International Study Conference and Exhibition, s. 1-10, Washington.

Govén T, Laike T, Raynham P, Sansal E. (2010). The influence of ambient lighting on pupils in classrooms considering visual, biological and emotional aspects – as well as use of energy, International Conference on the Effects of Light on Wellbeing, Experiencing Light 2009, s. 13- 15. Eindhoven.

González, J., Da Costa, B. B. F., Tam, V. W., & Haddad, A. (2024). Effects of latitude and building orientation in indoor-illuminance levels towards energy efficiency. *International Journal of Construction Management, 24*(7), 784-798.

Hamon, L. (1945). Color in the Schoolroom. New York: New York State Education.

Hachem, C., Athienitis, A., Fazio, P. (2011). Parametric investigation of geometric form effects on solar potential of housing units, *Sol. Energy, 85*(9), 1864–1877.

Hathaway, W. E. (1982). Lights, Windows, Color: Elements of the School Environment. Annual Meeting of the Council of Educational Facility Planners, U.S. Goverment Printing Office, Columbus.

Heschong, L. & McHugh, J. (2000). Skylights: Calculating Illumination Levels and Energy Impacts. *J of the IESNA, 29*(1). 90-100.

Heschong, L., Wright, R. L., & Okura, S. (2002). Daylighting impacts on human performance in school. *Journal of the Illuminating Engineering Society, 31*(2), 101-114.

Houser, K. W., Boyce, P. R., Zeitzer, J. M., & Herf, M. (2021). Human-centric lighting: Myth, magic or metaphor?, *Lighting Research & Technology, 53*(2), 97-118.

Hopkinson, R., G. ve Longmore, J., (1959). The Permanent Supplementary Artificial Lighting of Interiors, *Light and Research Technology Journal, 24*(3):121-148.

Hynds, H. D. (1944). Right Use of Color in the Classroom. *American School Board Journal, 109*(30).

Ibhadode, O., Ajayi, O. O., Abioye, A. A., Ismaila, J. & Adekunle, A. A. (2019). An evaluation of classroom-illumination: a critical requirement for effective designing and construction of naturally-illuminated schools in Nigeria. Progress in Industrial Ecology, *an International Journal, 13*(4), 342-372.

IEA. (2023). *World Energy Outlook 2023.* France: International Energy Agency.

IES. (2022). *IES Lighting Handbook: Reference & Application*. New York: Illuminating Engineering.

Ishibashi K., Kitamura, S., Kozaki, T. & Yasukouchi A. (2007). Inhibition of heart rate variability during sleep in humans by 6700 K pre-sleep light exposure. *J Physiol Anthropol, 26*, 39–43.

Jennifer A. Veitch (2001) Psychological Processes Influencing Lighting Quality, *Journal of the Illuminating Engineering Society, 30*(1), 124-140.

Juslen, H., Wouters, M., & Tenner, A. (2007). The influence of controllable task-lighting on productivity: a field study in a factory. *Applied Ergonomics, 38*(1), 39-44.

Karlen, M., Spangler, C. & Benya, J.R. (2017), *Lighting Design Basics*, John Wiley & Sons: New Jersey.

Katunský, D., Dolníková, E., & Doroudiani, S. (2017). Integrated lighting efficiency analysis in large industrial buildings to enhance indoor environmental quality. *Buildings, 7*(2), 47.

Kaymaz, E., & Manav, B. (2022), Konutlarda İnsan Odaklı Aydınlatma Tasarımına İlişkin Bir Öneri A Proposal for Human Centered Lighting Design in Residential Buildings. Elektrik-Elektronik ve Biyomedikal Mühendisliği Konferansı. ELECO 2022. Bursa.

Keis, O., Helbig, H., Streb, J., & Hille, K. (2014). Influence of blue-enriched classroom lighting on students′ cognitive performance. *Trends in Neuroscience and Education, 3*(3-4), 86-92.

Knez, I. (2001). Effects of colour of light on nonvisual psychological processes. *Journal of environmental psychology, 21*(2), 201-208.

Kobayashi H, Sato M. (1992). Physiological responses to illuminance and color temperature of lighting. *Ann Physiol Anthropol, 9*, 11-45.

Krames, M. R., Shchekin, O. B., Mueller-Mach, R., Mueller, G. O., Zhou, L., Harbers, G., & Craford, M. G. (2007). Status and future of high-power light-emitting diodes for solid-state lighting. *Journal of display technology, 3*(2), 160-175.

Krarti, M., Erickson, P. M., & Hillman, T. C. (2005). A simplified method to estimate energy savings of artificial lighting use from daylighting. *Building and environment, 40*(6), 747-754.

Kutlu Güvenkaya, R. (2008). *İlköğretim Dersliklerinde Aydınlatma Enerjisi Yönetimi Açısından Yönlere Göre Uygun Cephe Seçeneklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Yaklaşım*. İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi, İstanbul.

Kutlu, R. (2019). Bir Tasarım Öğesi Olarak Günışığı. *Turkish Online Journal of Design Art and Communication, 9*(2), 226-233.

Kuller R. (2002). The influence of light on circarhythms in humans. *J Physiol Anthropol Appl Hum Sci., 21*, 87–91.

Küller, R., & Lindsten, C. (1992). Health and behavior of children in classrooms with and without windows. *Journal of environmental psychology, 12*(4), 305-317.

Lekan-Kehinde, M., & Asojo, A. (2021). *Impact of lighting on children's learning environment: a literature review.* Southampton: WIT Press.

Li, D. H. W., &veLam, J. C. (2000). Vertical solar radiation and daylight illuminance data for Hong Kong. *International Journal of Lighting Research and Technology, 32*(2), 93–98.

Liu, C., Zhang, Y., Sun, L., Gao, W., Zang, Q., & Li, J. (2022). The effect of classroom wall color on learning per-formance: A virtual reality experiment. *In Building Simulation, 15*(12), 2019-2030.

Llinares, C., Higuera-Trujillo, J. L., & Serra, J. (2021). Cold and warm coloured classrooms. Effects on students' attention and memory measured through psychological and neurophysiological responses. *Building and environment, 196*, 107726.

Luciana, K., Gunawan, T., Fenny, E. F., Nerissa Arviana, W. N. A., & Eunice, W. (2016). The influence of wall color and lamp color temperature to student's concentration and cognition. *Journal of Architecture and Built Environment, 43*(1), 15-22.

Luckiesh, M., & Moss, F. K. (1939). Light, lighting and seeing. Clinical and Experimental *Optometry, 22*(2), 57-68.

Verso, V. L., Giuliani, F., Caffaro, F., Basile, F., Peron, F., Dalla Mora, T., ... & Costanzo, V. (2021). Questionnaires and simulations to assess daylighting in Italian university classrooms for IEQ and energy issues. *Energy and Buildings, 252*, 111433.

López-Chao, V., Amado Lorenzo, A., Saorín, J. L., De La Torre-Cantero, J., & Melián-Díaz, D. (2020). Classroom indoor environment assessment through architectural analysis for the design of efficient schools. *Sustainability, 12*(5), 2020.

Maesano, C., & Annesi-Maesano, I. (2012). Impact of lighting on school performance in European classrooms. *Clima2016*, 1-14.

Mangkuto, R. A., Rohmah, M., & Asri, A. D. (2016). Design optimisation for window size, orientation, and wall reflectance with regard to various daylight metrics and lighting energy demand: A case study of buildings in the tropics. *Applied energy*, *164*, 211-219.

Manav, B. (2007). An experimental study on the appraisal of the visual environment at offices in relation to colour temperature and illuminance. *Building and environment*, *42*(2), 979-983.

Makaremi, N., Schiavoni, S., Pisello, A. L., & Cotana, F. (2019). Effects of surface reflectance and lighting design strategies on energy consumption and visual comfort. *Indoor and Built Environment*, *28*(4), 552-563.

Memiş, Ö. (2019). İnsan odaklı aydınlatma. *International Periodical of Recent Technologies in Applied Engineering*, *1*(1), 30-35.

Meng, C., Wang, W., Hao, Z., & Liu, H. (2020). Investigation on the influence of isolated environment on human psychological and physiological health. *Science of the total environment*, *716*, 136972.

Michael, A., & Heracleous, C. (2017). Assessment of natural lighting performance and visual comfort of educational architecture in Southern Europe: The case of typical educational school premises in Cyprus. *Energy and buildings*, *140*, 443-457.

Montoya, F. G., Peña-García, A., Juaidi, A., & Manzano-Agugliaro, F. (2017). Indoor lighting techniques: An overview of evolution and new trends for energy saving. *Energy and buildings*, *140*, 50-60.

Morrow, B. L. & Kanakri, S. M. (2018). The impact of fluorescent and LED lighting on student attitudes and behavior in the classroom. *Advanced in Pediartric Research*, *5*(15), 1-12.

Mott, M. S., Robinson, D. H., Walden, A., Burnette, J., & Rutherford, A. S. (2012). Illuminating the effects of dy-namic lighting on student learning. *Sage Open*, *2*(2), 2158244012445585.

Muhammad, W.N.W.; Zain, M.Y.M.; Wahab, N.;Aziz, N.H.A. & Kadir, R.A. (2010). Energy Efficient Lighting System Design for Building. 2010 International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation, IEEE, Liverpool.

Munsell, A.H. (1906). *Atlas of the Munsell Color System*. Oiho: Wadsworth, Howland & Co. Printers.

Mukae, H., & Sato, M. (1992). The effect of color temperature of lighting sources on the autonomic nervous functions. *The Annals of physiological anthropology*, *11*(5), 533-538.

Nas, D.S. (2021). *Aydınlatma Tasarım Kriterlerinin Eğitim Yapılarında İncelenmesi ; Cibali İlköğretim Okulu Örneği*. Marmara Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.

Nagashima, S., Yamashita, M., Tojo, C., Kondo, M., Morita, T., & Wakamura, T. (2017). Can tryptophan supplement intake at breakfast enhance melatonin secretion at night?. *Journal of physiological anthropology, 36*, 1-8.

Nocera, F., Lo Faro, A., Costanzo, V., & Raciti, C. (2018). Daylight performance of classrooms in a mediterranean school heritage building. *Sustainability, 10*(10), 3705.

Nurendra, A. C., & Ismaniati, C. (2020). Classroom Wall Color Selection at Public Elementary Scho-ols in Salatiga. In 2nd Yogyakarta International Conference on Educational Management/Administration and Pedagogy (YICEMAP 2019). Artlantis Press. s. 44-47. Yogyakarta.

Nugroho, P. (2022). The Effect of the Reflective Interior Elements on the Illuminance Level in Classrooms. *Journal of Artificial Intelligence in Architecture, 1(*2), 42-49.

Ogita, C., & Pothong, A. (2021). The Effects of Wall Color on Students' Attention Levels: An International School's Perspective. *Journal of Student Research, 10*(2).

Onak, B. & Yıldıran, N. (2020). Lighting type and usage suggestions in educational buildings: Kocaeli University faculty of architecture building. *Journal of Architecture and Life, 5*(2), 361–380.

Olajiga, O. K., Ani, E. C., Sikhakane, Z. Q., & Olatunde, T. M. (2024). A comprehensive review of energy-efficient lighting technologies and trends. *Engineering Science & Technology Journal, 5*(3), 1097-1111.

Pamir, A. N. (2003). Dünyada ve Türkiye'de Enerji, Türkiye'nin Enerji Kaynakları ve Enerji Politikaları. *Metalurji Dergisi, 134*(23).

Pathirana, S., Rodrigo, A. & Halwatura, R. (2019.) Effect of building shape, orientation, window to wall ratios and zones on energy efficiency and thermal comfort of naturally ventilated houses in tropical climate. *Int J Energy Environ Eng. 10*(1), 107–120.

Pracki, P., Dziedzicki, M., & Komorzycka, P. (2020). Ceiling and wall illumination, utilance, and power in interior lighting. *Energies, 13*(18), 4744.

Pourbagher, S., Azemati, H. R., & Saleh Sedgh Pour, B. (2020). Classroom wall color: a multiple variance analy-sis on social stress and concentration in learning environments. *International Journal of Educational Management, 35*(1), 189-200.

Purpura, P. P., Fennelly L. J., & Honey, G. (2003). Effective Physical Security, United States of America: Elseiver Publisher.

Rudner, M. J. (1962). *A Study of the Effect of Classroom Color on Student Achievement*. New York: New York University Press.

Salleh, M. N. M., Kandar, M. Z., & Sakip, S. R. M. (2016). Benchmarking for energy efficiency on school buildings design: a review. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 222*, 211-218.

Samani, S. A., & Samani, S. A. (2012). The impact of indoor lighting on students' learning performance in learning environments: A knowledge internalization perspective. *International Journal of Business and Social Science, 3*(24).

Sleegers, P. J., Moolenaar, N. M., Galetzka, M., Pruyn, A., Sarroukh, B. E., & van der Zande, B. (2013). Lighting affects students' concentration positively: Findings from three Dutch studies. *Lighting research & technology, 45*(2), 159-175.

Sliney, D. H. (2016). What is light? The visible spectrum and beyond. *Eye, 30*(2), 222-229.

Sholanke, A., Fadesere, O., & Elendu, D. (2021). The role of artificial lighting in architectural design: a literature review. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 665*(1), 012008.

Smolders, K. C. H. J. (2013). *Daytime light exposure : effects and preferences.* Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.

Steffen, R. (2023). Exploring effects of lighting in physical and virtual spaces Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern. Doctoral Thesis. Landau.

Sugimoto, S., & Hataoka, H. (1986). Physiological effects of illuminance. *Journal of Light & Visual Environment, 10*(1), 115-120.

Sun, C., Lian, Z., & Lan, L. (2019). Work performance in relation to lighting environment in office buildings. *Indoor and Built Environment, 28*(8), 1064-1082.

Sümenger, O. & Yener, A. K. (2015). Investigation of daylight parametres which effects lighting energy performance of buildings. *Erciyes University Journal of the Institute of Science and Technology, 31*(2), 135–148.

Şahin, M., Büyüktümtürk, F., & Oğuz, Y. (2014). Karma ve yarı endirekt aydınlatma türlerinin teknik ve ekonomik yönden karşılaştırılması. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 16*(2), 26-38.

Şentürk, S., & Satıcı, B. (2022). İç Mekândaki Yüzeylerin Görsel Özellikleri ve Işık Arasındaki İlişki. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Teknoloji Ve Uygulamalı Bilimler Dergisi, 4*(2), 1-12.

Şahin M., Oğuz, Y. & Büyüktümtürk, F. (2013). İç Mekân Aydınlatmasında Renk Seçiminin Aydınlatma Ekonomisi ve Görselliğe Etkisi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi. 10*, 15-26.

Tavşan, F. & Yolcu F.Z. (2023), Green Star Sertifika Sisteminde Sürdürülebilir Sağlık Yapılarının İncelenmesi. *ASOS Journal. 136*, 38-64.

Tregenza, P. & Wilson, M. (2013), Daylighting: Architecture and Lighting Design, London: Routledge.

Resmi Gazete. (2017). Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği. 1-55. Cumhurbaşkanlığı Basımevi 30113.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2022). *Kamu Binalarında Tasarruf Hedefi ve Uygulama Rehberi,* Ankara: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Basımevi.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2024). *2023 Yılı Faaliyet Raporu,* Ankara: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Basımevi.

T.C. M.E.B. (2022). *Örgün Eğitim İstatistikleri 2021/'22.* Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı Basımevi.

T.C. Orman Bakanlığı (2010). Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Türkiye Güneşlenme Potansiyeli Atlası, Ankara: Orman Bakanlığı Basımevi.

Resmi Gazete. (2019). Kamu Binalarında Enerji Tasarrufunun Sağlanmasına Yönelik Genelge. 21. Cumhurbaşkanlığı Basımevi 30860.

T.S.E. (2021). Işık ve aydınlatma - Çalışma yerlerinin aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı çalışma alanları, TS EN 12464-1, Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.

Ulusan, N. G. & Fitöz, İ. (2017). Eğitim Yapılarında Enerji Etkin Aydınlatma: İstanbul Kağıthane Anadolu Lisesi Örneği. *Tasarim+ Kuram, 13*(24), 138-147.

URL-1. (2024, Temmuz 13). Elektromarketim: https://www.elektromarketim.com/blog/renk-sicakligi-ve-kelvin-olcegi-nedir-ampul-secerken-nelere-dikkat-edilmelidir, adresinden alınmıştır.

URL-2. (2024, Haziran 2). Ahmet Saka İlkokulu: https://ahmetsaka.meb.k12.tr, adresinden alınmıştır.

URL-3. (2024, Haziran 2). Türkiye Güneş Haritası: https://www.btrenerji.com.tr/turkiye-gunes-haritasi.html, adresinden alınmıştır.

URL-4. (2024, Eylül 10). Güneş batarken ve doğarken neden kırmızı görünür? https://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-53717520 adresinden alınmıştır.

Ünver, F. R. (2023). İç aydınlatmada görsel konfora yönelik standart ve ölçütlere bir bakış. XI. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu (AYSem), İzmir.

Ünver, F. R. (2005). Yapı dışı engeller ve hacim içi doğal aydınlık ilişkisi üzerine bir inceleme. İç aydınlatmada görsel konfora yönelik standart ve ölçütlere bir bakış. III. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi Bildirileri, Ankara.

Vaisi, S., & Kharvari, F. (2019). Evaluation of Daylight regulations in buildings using daylight factor analysis method by radiance. *Energy for Sustainable Development, 49,* 100-108.

Verso, V. L., Giuliani, F., Caffaro, F., Basile, F., Peron, F., Dalla Mora, T., ... & Costanzo, V. (2021). Questionnaires and simulations to assess daylighting in Italian university classrooms for IEQ and energy issues. *Energy and Buildings, 252,* 111433.

Vetter, C., Pattison, P. M., Houser, K., Herf, M., Phillips, A. J., Wright, K. P., ... & Glickman, G. (2022). A review of human physiological responses to light: implications for the development of integrative lighting solutions. *Leukos, 18*(3), 387-414.

Weisbuch, C. (2018). Historical perspective on the physics of artificial lighting. *Comptes Rendus Physique, 19*(3), 89-112.

Veitch, J. A., Hine, D. W., & Gifford, R. (1993). End users' knowledge, preferences, and beliefs for lighting. *Journal of Interior Design, 19*(2), 15-26.

Veitch, J. A., & McColl, S. L. (1995). Full-spectrum fluorescent lighting effects on people. *Publications-Commission Internationale De Leclairage CIE, 119*, 481-482.

Yang, W., & Jeon, J. Y. (2020). Effects of correlated colour temperature of LED light on visual sensation, perception, and cognitive performance in a classroom lighting environment. *Sustainability, 12*(10), 4051.

Yağmur, Ş. A. & Sözen, M. Ş. (2016). Dersliklerde görsel konfor ve iç yüzeylerin etkisi. *Megaron, 11*(1), 49-62.

Yener, A.K., Güvenkaya, R. K. & Şener, F. (2009). İlköğretim Binalarının Görsel Konfor Koşulları Açısından İn-celenmesi ve Değerlendirilmesi. *İTÜ/a Mimarlık, Planlama, Tasarım Dergisi, 8*(1), 105-116.

Yıldırım, B. & Erikli, M. (2021). Aydınlatma İlkeleri ve Kullanıldığı Yapılara Göre Doğal Aydınlatma. *Online Journal of Art & Design, 9*(2), 56-75.

Yılmaz, F. Ş. (2019). Binalarda Günışığı Performans Ölçütlerine Güncel bir Bakış: EN 17037 Standardı ve Uygulaması, X. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, İzmir.

Yılmaz, S. & Sungur, C. (2020). Kamu binalarında mevcut aydınlatma elemanlarının LED aydınlatma ele-manlarına dönüştürülmesi ile elde edilecek elektrik enerjisi tasarrufunun belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi,* 214-218.

Yılmaz, F. Ş., & Yener, A. K. (2013). Aydınlatma tasarımında görsel konfor, enerji performansı ve çevresel etki değerlendirmesi. VII. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu.

Yokoi M, Aoki K, Shimomura Y, Iwanaga K, Katsuura T. (2003). Effect of bright light on EEG activities and subjective sleepiness to mental task during nocturnal sleep deprivation. *J Physiol Anthropol Appl Hum Sci. 22,*:257–263.

Yüce, D., Perdahçı, C. & Ünsalan, H. (2015). Aydınlatmada Geleneksel Işık Kaynaklarından LED'e Uzanan Tarihçe. VIII. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, s.17-22. İzmir

TEDAŞ. (2024). *Genel Aydınlatma Tüketimleri.* Ankara.

Zehra, F., Korkmaz, K. A. & Ahmeda, M. S. (2018). Sustainable Lighting System for University Buildings. *J. Build. Sustain, 1*. 12-22.

Vandewalle, G., Gais, S., Schabus, M., Balteau, E., Carrier, J., Darsaud, A., ... & Maquet, P. (2007). Wavelength-dependent modulation of brain responses to a working memory task by daytime light exposure. Cerebral cortex, 17(12), 2788-2795.

Winterbottom, M., & Wilkins, A. (2009). Lighting and discomfort in the classroom. *Journal of environmental psychology, 29*(1), 63-75

Wilkins A. (2016). A physiological basis for visual discomfort: Application in lighting design. *Lighting Research & Technology, 48*(1), 44-54.

Wurtman, R.J. (1975). The Effects of Light on the Human Body. *Sci. Am., 233*, 68–77.

Zeng, Y., Zhou, J., Yu, J., & Lin, B. (2023). Effects of General and Task Lighting on Subjective Perception and Work Performance: Empirical Study in an Office. 11th International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation & Energy Conservation in Buildings, E3S Web of Conferences, s. 1-5, Tokyo.

Zomorodian, Z. S., Korsavi, S. S., & Tahsildoost, M. (2016). The effect of window configuration on daylight performance in classrooms: A field and simulation study. *International journal of architectural engineering and urban planning, 26*(1), 15-24.

7. EKLER

Ek 1. Çalışma Alanı İçin İzin Belgesi

T.C.
TRABZON VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : E-82438636-605.99-83186555 07/09/2023
Konu : Bilimsel Araştırma İzni
(Fatma Zişan YOLCU)

VALİLİK MAKAMINA

Karadeniz Teknik Üniversitesi İç Mimarlık Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Öğrencisi Fatma Zişan YOLCU'nun, **"Sürdürülebilirlik Bağlamında Eğitim Yapıları Dersliklerinde Enerji Etkin Aydınlatma Yaklaşımı"** isimli çalışması kapsamında İlimiz Ortahisar İlçesine bağlı Ahmet Saka İlkokulunda çalışma yapma isteği Müdürlüğümüz Araştırma İzinleri Değerlendirme Komisyonu tarafından incelenmiştir.

Bahsi geçen çalışmanın eğitim öğretimi aksatmayarak yaz tatilinden 3 hafta öncesine kadar bitecek şekilde; 2023–2024 eğitim öğretim yılında yapılması gerekmektedir.

Araştırmacının 2020/2 sayılı genelge doğrultusunda hareket etmesi, **izinsiz herhangi bir ses ve görüntü kaydı yapılmasına kesinlikle izin verilmemesi,** elde edilen verilerin çalışma kapsamı dışında kullanılmaması, sonuçların bir örneğinin Ar-Ge birimine teslim edilmesi kaydıyla, çalışmanın okul müdürlerinin de uygun göreceği zamanlarda ve kontrolünde uygulanması Müdürlüğümüzce uygun görülmektedir.

Makamlarınızca da uygun görüldüğü takdirde olurlarınıza arz ederim.

Hasan UYGUN
Milli Eğitim Müdürü

OLUR

Ömer ŞAHİN
Vali a.
Vali Yardımcısı

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Belge Doğrulama Adresi : https://www.turkiye.gov.tr/meb-ebys
Bilgi için: YUSUF ÇEBİ
Unvan : Öğretmen
İnternet Adresi: trabzonarge.meb.gov.tr Faks:4622302096

Adres : Trabzon İl Millî Eğitim Müdürlüğü
Strateji Geliştirme Şubesi (Ar-Ge Birimi)
Telefon No : 0 (462) 223 55 52
E-Posta: argetrabzon@gmail.com
Kep Adresi : meb@hs01.kep.tr

Bu evrak güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır. https://evraksorgu.meb.gov.tr adresinden b430-1444-32c6-8e20-de69 kodu ile teyit edilebilir.

Ek 1'in devamı

T.C.
TRABZON VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : E-82438636-605.99-84103528 15.09.2023
Konu : Bilimsel Araştırma İzni
(Fatma Zişan YOLCU)

DAĞITIM YERLERİNE

İlgi: Karadeniz Teknik Üniversitesi Rektörlüğünün 13.06.2023 tarih ve E-76127911-044-5087 sayılı yazısı.

Karadeniz Teknik Üniversitesi İç Mimarlık Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Öğrencisi Fatma Zişan YOLCU'nun, **"Sürdürülebilirlik Bağlamında Eğitim Yapıları Dersliklerinde Enerji Etkin Aydınlatma Yaklaşımı"** isimli çalışmaları kapsamında araştırma önerileri ve ekleri Müdürlüğümüzce uygun görülmüş olup ilgi olurun Üniversite tarafından araştırmacıya verilmesi, İlçe Milli Eğitim Müdürlüğünce okullara duyuru yapılması hususunda;

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Ahmet BEKTAŞ
Vali a.
Milli Eğitim Müdür V.

EK:
1-Valilik Oluru

DAĞITIM:
Gereği:
-Karadeniz Teknik Üniversitesi Rektörlüğüne
(Öğrenci İşleri Daire Başkanlığı)
- Ortahisar Kaymakamlığına
(İlçe Milli Eğitim Müdürlüğü)

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Adres : Trabzon İl Millî Eğitim Müdürlüğü
Strateji Geliştirme Şubesi (Ar-Ge Birimi)
Telefon No : 0 (462) 223 55 52
E-Posta: argetrabzon@gmail.com
Kep Adresi : meb@hs01.kep.tr

Bilgi İçin:

Belge Doğrulama Adresi : https://www.turkiye.gov.tr/meb-ebys
Bilgi için: YUSUF ÇEBİ
Unvan : Öğretmen
İnternet Adresi: trabzonarge.meb.gov.tr Faks:4622302096

Bu evrak güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır. https://evraksorgu.meb.gov.tr adresinden 0c1e-a311-305e-b890-41fb kodu ile teyit edilebilir.

ÖZGEÇMİŞ

Fatma Zişan YOLCU, ilköğrenimini Bener Cordan İlköğretim Okulu'nda bitirdikten sonra lise eğitimini 2015 yılında Tevfik Serdar Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2015-2016 öğretim yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi İç Mimarlık bölümünde lisans eğitimine başladı. 2020 yılında bu bölümden mezun oldu. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İç Mimarlık Anabilim dalında tezli yüksek lisans programına başladı. İyi derecede İngilizce bilmektedir.