DÜMF Mühendislik Dergisi
web: http://dergipark.gov.tr/dumf

Araştırma Makalesi / Research Article

Eğitim Binalarının Aydınlatma Performansı Açısından Değerlendirilmesi

İrem BAYRAM
Ege Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir
irem.bayram@ege.edu.trORCID: 0000-0001-9630-2422, Tel: (232) 311 51 97

Özge AKBOĞA KALE*
Ege Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir
ozge.akboga@ege.edu.tr ORCID: 0000-0002-3848-0578, Tel: (232) 311 51 64

Selim BARADAN
Ege Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir
selim.baradan@ege.edu.tr ORCID: 0000-0002-9172-8552, Tel: (232) 311 51 70

Geliş: 26.04.2019, Revizyon: 01.07.2019, Kabul Tarihi: 02.07.2019

Öz

Aydınlatma, görsel konforu etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Eğitim binalarında doğru aydınlatma sisteminin seçilmesi öğrenci ve eğitmenin performansını olumlu bir şekilde etkilerken; yanlış aydınlatma göz kuruması, göz yaşarması, bulanık görme, göz yorgunluğu ve baş ağrısına sebep olmaktadır. Bu çalışmada Ege Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği bölüm binası ve bina eklentisi olan bölüm laboratuvarındaki aydınlatma koşulları kullanıcı sağlığı açısından incelenmiştir. Çalışma kapsamında iç ortam aydınlık düzeyi, aydınlatma türleri ve önemi kullanıcı sağlığı açısından ele alınmıştır. 2015-2016 öğretim yılı bahar dönemi ve 2016-2017 öğretim yılı güz dönemi içerisinde Lüxmetre cihazı kullanılarak derslikler, konferans salonu, çalışma salonu, bilgisayar odası, teknik çizim dersliği, merdiven, koridor ve laboratuvarlar olmak üzere toplamda 14 farklı iç mekânda aydınlık düzeyi ölçümü yapılmıştır. Doğal aydınlatma, yapay aydınlatma ve doğal ile yapay aydınlatma aydınlık düzeyleri ölçülmüş ve ölçüm sonuçları TS EN 12464-1 Standardı ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca farklı katlarda ve yönlerde yer alan derslikler için günün değişik saatlerindeki, yılın farklı aylarındaki aydınlık değerleri irdelenmiş ve eksikliklerin düzeltilebilmesi için öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Doğal Aydınlatma; Yapay Aydınlatma; Aydınlık Düzeyi; Kullanıcı Sağlığı.*

* Yazışmaların yapılacağı yazar

DOI: 10.24012/dumf.558171

Giriş

Eğitim binalarının en önemli fiziksel mekânı olan derslikler, insanların ilkokuldan üniversiteye kadar yaşamlarının büyük bir bölümünü geçirdikleri mekanlardır. Eğitim süresi içinde okuma ve yazma gibi görsel işlevlerin olduğu bu alanlarda görsel konfor koşullarının sağlanması büyük önem taşımaktadır (Köknel Yener vd., 2009). Özellikle görsel algılamanın öğrenmeye olan etkisi oldukça fazladır (Winterbottom ve Wilkins, 2009). Öğrenmenin kolay gerçekleşmesinin görsel konforun sağlanmasına bağlı olduğu bilinmektedir (Bostancı Başkan ve Şerefhanoğlu Sözen, 2006). Eğitimin odak noktası olan öğrencilerin göz sağlığının korunması, akademik performanslarının arttırılması ve psikolojik açıdan ortamlarından hoşnut olabilmeleri için görsel konfor koşullarının gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Köknel Yener vd. 2009).

Görsel konforu oluşturabilmenin en önemli unsuru aydınlatmadır. Doğru aydınlatma seçimi ile öğrenme daha teşvik edici bir hal alabilmektedir (Anon, 2000). Aydınlatmanın amacı iç hacim içerisinde yeterli aydınlık düzeyini sağlamaktır (Yener vd., 2009). Derslik, ofis, toplantı salonu ve laboratuvar gibi farklı işlevlerde ve boyutlardaki mekânların bulunduğu üniversite yapılarında doğru aydınlık düzeyinin olması ile kullanıcıların herhangi bir yorgunluk ve görsel rahatsızlık olmadan ortamı algılamaları ve eylemlerini etkin bir şekilde gerçekleştirmeleri sağlanır (Capeluto, 2003).

Mekanlardaki aydınlatma düzeyi doğal aydınlatma (günışığı) ya da yapay aydınlatma kaynakları ile sağlanmaktadır (Sirel, 1992; Şerefhanoğlu, 1992). Özellikle gün boyu kullanılan yapılarda aydınlık düzeyinin doğal aydınlatma ile sağlanabilmesi hem aydınlatma için kullanılan hem de doğal ısı kazancı sağlayarak ısıtma için kullanılacak enerji tüketimini düşürecektir (Güvenkaya ve Küçükdoğu, 2009; Leslie, 2003; Kruger ve Dorigo 2008). Enerji açısından dışa bağımlı olan ülkemizde enerjiyi etkin kullanabilme açısından kullanılan binaların aydınlatma düzeylerinin belirlenmesi, doğal aydınlatma performanslarının değerlendirilmesi, görsel konfor koşullarının iyileştirilebilmesi için yapılacak çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenlerle gerçekleştirilen çalışma, Ege Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölüm binası ve laboratuvarlarında yürütülmüştür. Çalışmanın amacı üniversite binasında kullanılan mekanların doğal ve yapay aydınlatma kaynaklarıyla sağlanan aydınlık düzeylerini farklı dönem ve saatlerde yapılan ölçümlere göre incelemek ve iyileştirme önerileri sunmaktır.

Eğitim Yapıları için Aydınlatma Standartları

Yurtdışında ve yurtiçinde aydınlatma üzerine hükümler içeren pek çok standart ve yönetmelik bulunmaktadır. Aydınlatma standartları genellikle aydınlık düzeyini baz almaktadır. Aydınlık düzeyi "bir yüzeyin, bir noktasını çevreleyen sonsuz küçük bir parçacığının aldığı akının, bu yüzey parçacığının alanına bölümü" olarak tanımlanmaktadır ve birimi lux (lx)'tur (Sirel, 1997). Türkiye'deki aydınlatma açısından eğitim yapılarını da kapsayan en geniş standart "TS EN 12464-1: Çalışma Alanlarının Aydınlatılması Standardı"'dır (TS EN 12464-1, 2013). Bu Standart, kapalı alan çalışma yerlerindeki kişiler için normal göze ait kapasiteye sahip kişilerin görsel rahatlık ve performans ihtiyaçlarını karşılayan aydınlatma kurallarını kapsar. Standarda göre belirlenen minimum aydınlık düzeyi değerleri Tablo 1'de gösterilmektedir.

Global bazda bakılacak olursa özellikle Avustralya ve Yeni Zelanda'nın birlikte hazırladığı standartlar kullanılması gereken aydınlık düzeyi değerlerini net olarak ifade ettiği için dünya çapında kabul görmektedir. Eğitim tesisleri ile ilgili olan kısımda aydınlık düzeyleri sınıflar için 240 lux, ofisler için 320 lux ve koridorlar için 80 lux olarak tanımlanmıştır (AS/NZS 1680.2.3, 2008). İngiltere standardında önerilen minimum aydınlık düzeyleri ofisler için 300 lux; amfi ve laboratuvarlar için 500 lux, giriş holü için 200 lux ve koridor gibi sirkülasyon

alanları için 100 lux'tür (CIBSE, 2002). Almanya'da kullanılan aydınlatma standardı incelendiğinde ise mekânda gerçekleştirilen eylemin zorluğuna göre farklı aydınlık düzey aralıkları tanımlandığı görülmektedir. Kolay gerçekleştirilebilecek bir eylem için minimum 60-120 lux, normal zorlukta bir eylem için 250-500 lux, zor bir eylem için ise 750-1000 lux aydınlık düzeyleri sağlanmalıdır (DIN 5034-4 standardı, 1994).

Tablo 1. Farklı mekanlara ait minimum aydınlık düzeyi değerleri (TS EN 12464-1, 2013)

Aydınlatılacak Yer	Minimum Aydınlık Düzeyi (lux)
Sınıflar, özel ders odaları	300
Akşam dersleri ve yetişkin eğitimi için sınıflar	500
Konferans Salonu	500
Sanat odaları	500
Teknik çizim odaları	750
Uygulama odaları ve laboratuvarlar	500
Bilgisayar uygulama odaları	300
Holler	200
Dolaşım alanları, koridorlar	100
Merdivenler	150
Öğrencilerin ortak kullandığı odalar	200

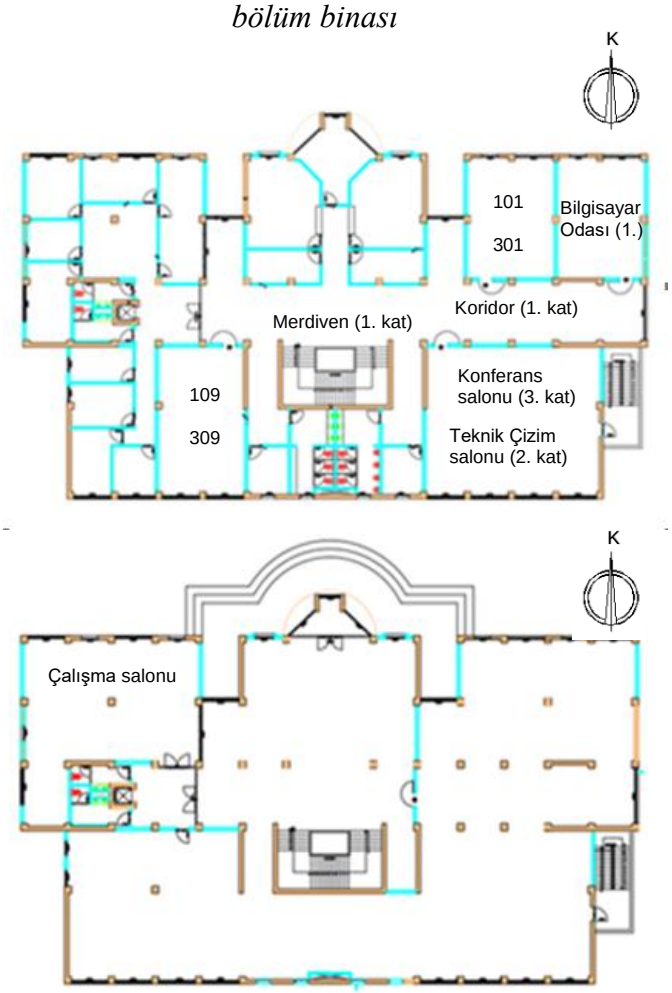
Materyal ve Yöntem

Alan Tanıtımı

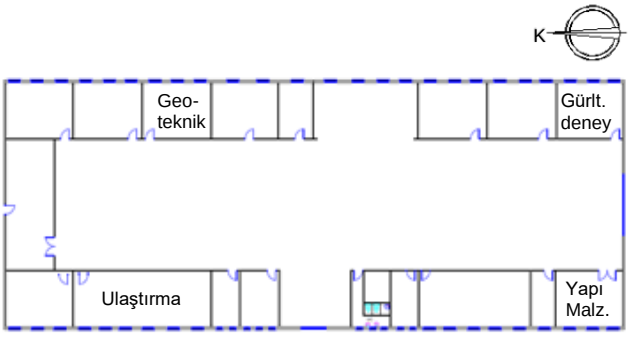
Alan çalışması İzmir ilinde bulunan Ege Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölüm binası ve laboratuvarında gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Laboratuvar binası bölüm binasının hemen yan tarafında yer almaktadır. İnşaat Mühendisliği Bölüm binasının ön cephesi kuzey yönüne bakmaktadır. Yaklaşık 4308 m^2 kullanım alanına sahip olan yapı, zemin ve 3 kattan oluşmaktadır. Çalışma salonu ve hidrolik laboratuvarı binanın zemin katında, derslikler ve öğretim üyelerine ait odalar 1., 2. ve 3. katlarda yer almaktadır. Laboratuvar binası yaklaşık 1570 m^2 kullanım alanına sahiptir ve ön cephesi doğu yönüne bakmaktadır. Ana binanın zemin kat ve normal kat planı Şekil 2'de laboratuvar binasının kat planı ise Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 1.Ege Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölüm binası



Şekil 2.Bölüm ana binası zemin kat (altta) ve normal kat planı (üstte)



Şekil 3.Laboratuvar binası kat planı

Genel aydınlık düzeyini tespit etmek amacıyla farklı katlarda bulunan, farklı yönlere bakan ve farklı amaçlarla kullanılan mekânlar seçilmiştir. Bu mekanlar; derslikler, konferans salonu, çalışma salonu, bilgisayar odası, teknik çizim salonu, merdiven, koridor ve laboratuvarlardır. Dersliklerin çoğu LED panel armatürler (600 x 600 mm) ile aydınlatılmaktadır. Bu armatürler 30.000 saat kullanım ömrüne sahiptir ve 4000 lm/m^2 sıcak beyaz ışık yaymaktadır. Laboratuvarlar ve bazı dersliklerde ise 60 x 60 cm sıva üstü dörtlü floresan armatür grubu kullanılmaktadır. Bu armatür türü toplamda 4200 lm/m^2 ışık yaymaktadır.

Alan çalışması için seçilen her bir mekân farklı özelliklere sahiptir. TS EN 12464-1 Standardında farklı aydınlık düzeyi değerlerine sahip konferans salonu, bilgisayar odası, teknik çizim salonu ve çalışma salonu gibi mekanlar bu çalışma için özellikle seçilmiştir. Konferans salonu üçüncü katta bulunmaktadır ve 143,3 m^2 taban alanına sahiptir. Güney yönüne bakan salon tek duvar yüzeyinde bulunan 25,8 m^2 alana sahip pencereler ile günışığı almaktadır. Konferans salonu LED panellerle aydınlatılmaktadır ve panel armatür sayısı 17'dir. Teknik çizim salonu; ikinci katta, konferans salonunun olduğu alt katında yer almaktadır. Her iki mekânın taban ve pencere alanı aynıdır, aydınlatma armatürü sayısı eşittir. Öğrencilerin sosyal alanı olarak kullanılan çalışma salonu zemin katta yer almaktadır ve alanı 118 m^2'dir. Salon kuzey ve batı yönünde yer alan 20,1 m^2 pencere alanına sahiptir. Salonda 14 floresan armatür grubu bulunmaktadır. Bilgisayar odası birinci katta kuzey yöne bakmaktadır ve toplam 56,2 m^2 taban alanına sahiptir. Kuzey cephesinde 8,8 m^2 pencere alanı bulunmaktadır ve 15 adet floresan armatür grubu ile aydınlatılmaktadır.

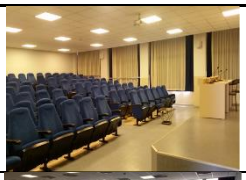
Aydınlık düzeyindeki değişimi inceleyebilmek amacıyla farklı yönlere bakan ve farklı katlarda yer alan derslikler seçilmiştir. Birinci katta ve üçüncü katta yer alan kuzey ve güneye yönelmiş 4 farklı derslik çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Bu dersliklerden ilki birinci katta bulunan 101 numaralı kuzeye bakan dersliktir. 101 numaralı dersliğin taban alanı 56,4 m^2 iken kuzey cephede yer alan pencere alanı 8,8 m^2'dir. Seçilen 301 numaralı derslik, üçüncü katta yer almaktadır ve alan açısından 101 numaralı derslik ile birebir aynı özelliklere sahiptir. 101 numaralı derslikte 6 adet LED panel armatür bulunurken 301'de 10 adet floresan armatür grubu bulunmaktadır. Güney yönündeki aydınlık performansını değerlendirebilmek için 1. ve 3. katlarda yer alan 109 ve 309 numaralı derslikler seçilmiştir. Her iki derslik de 70,1 m^2 taban alanına sahiptir ve güney cephede bulunan 12,9 m^2 alana sahip pencereler ile aydınlatılmaktadır. 309 numaralı derslikte 7 adet LED panel armatür bulunurken 109 numaralı derslikte bu sayı 8'dir.

Koridorlara batı cephesinde bulunan 13 m^2 alana sahip pencereler ile doğal aydınlatma sağlanmaktadır. Ayrıca koridor boyunca 35 adet LED panel armatür bulunmaktadır. Koridorlar tüm katlarda aynı olduğundan, yalnızca birinci kattaki koridordan ölçüm alınmıştır. Koridorun toplam taban alanı 146,6 m^2 'dir. Merdivenler ana binada asansör çevresinde yer almakta olup 3 koldan oluşmaktadır. Binanın iç kısmında yer aldığı için merdivenlerde doğal aydınlatma sağlayabilecek bir kaynak bulunmamaktadır. Yalnızca 2 adet otomatik açılıp kapanabilen fotoselli floresan armatür vasıtasıyla yapay olarak aydınlatılmaktadır. Merdivenler tüm katlarda aynı özelliklere sahip oldukları için, ölçümler sadece zemin kat ile 1. katı bağlayan merdivende gerçekleştirilmiştir. Merdivenin taban alanı 37,7 m^2'dir.

Laboratuvar binasının aydınlatma performansını inceleyebilmek için batı ve doğu yönüne bakan 4 farklı laboratuvar bölümü seçilmiştir. Laboratuvarlardaki yapay aydınlatma kaynağı floresan armatürlerdir. Batı yönüne bakan laboratuvarlardan biri ulaştırma laboratuvarıdır. Ulaştırma laboratuvarı, teknik şartnamelerde yer alan tüm deneyleri yapabilecek altyapıya sahiptir. Taban alanı 78,6 m^2 olan bu laboratuvar, 15,6 m^2 pencere alanına sahiptir. Ulaştırma laboratuvarında 6 adet floresan armatür grubu bulunmaktadır. Batı yönünde yer alan ikinci laboratuvar yapı malzemesi laboratuvarıdır. Bu laboratuvarda agrega deneyleri, çimento ve harç

deneyleri, beton deneyleri gerçekleştirilmektedir. Taban alanı yaklaşık 38 m^2 olan laboratuvarın, pencere alanı 7,2 m^2'dir. Yapı malzemesi laboratuvarında 4 adet floresan armatür grubu bulunmaktadır. Doğu yönündeki aydınlık performansını inceleyebilmek için gürültülü deneyler odasından ve geoteknik laboratuvarından ölçümler alınmıştır. Gürültülü deneyler odasında agrega ve benzeri diğer ilgili malzemelerin kırımı gerçekleştirilmektedir. Taban ve pencere alanı ile aydınlatma sayısı yapı malzemesi laboratuvarı ile aynıdır. Geoteknik laboratuvarında, zeminlerin fiziksel özelliklerini belirleyebilecek tüm deneyler yapılmaktadır. Bu laboratuvarın taban alanı 39 m^2 pencere alanı 7,2 m^2'dir. Laboratuvarda 4 adet floresan armatür grubu bulunmaktadır. Mekanların parametrik tanımları Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2.Çalışma yapılan mekanların parametrik tanımı

No	Fotoğraf	Mekân	Taban Alanı (m^2)	Pencere Alanı (m^2)	Pencere Oranı (%)	Cephe Yönü	Kat	Yapay Aydınlatma Sayısı
1		Konferans Salonu	143,3	25,8	18,0	Güney	3	17
2		Teknik Çizim Salonu	143,3	25,8	18,0	Güney	2	17
3		Çalışma Salonu	118	20,1	17,0	Kuzey	Zemin	14
4		Bilgisayar Odası	56,2	8,8	15,7	Kuzey	1	15
5		101 Numaralı Derslik	56,4	8,8	15,6	Kuzey	1	6
6		109 Numaralı Derslik	70,1	12,9	18,4	Kuzey	1	8
7		301 Numaralı Derslik	56,4	8,8	15,6	Güney	3	10

8		309 Numaralı Derslik	70,1	12,9	18,4	Güney	3	7
9		Koridor	146,6	13	8,9	Doğu	1	35
10		Merdiven	37,7	-	-	-	1	2
11		Ulaştırma Laboratuvarı	76,6	15,6	20,4	Batı	Zemin	6
12		Yapı Malzemesi Laboratuvarı	38	7,2	18,9	Batı	Zemin	4
13		Gürültülü Deneyler Odası	38	7,2	18,9	Doğu	Zemin	4
14		Geoteknik Laboratuvarı	39	7,2	18,5	Doğu	Zemin	4

Araştırma Yöntemi

Aydınlık düzeyleri, sadece doğal aydınlatma, sadece yapay aydınlatma ve her ikisinin de olduğu durum olmak üzere 3 farklı şekilde ölçülmüştür. Doğal aydınlatma seviyesi ölçülürken ışıklar kapatılmış ve perdeler açık bırakılmıştır. Yapay aydınlatma ölçümü esnasında ışıklar açılmış ve perdeler kapatılmıştır. Doğal ve yapay aydınlatma ölçümü sırasında ise hem perdeler hem de ışıklar açılmıştır. Kısaca, doğal aydınlatmada güneşten, yapay aydınlatmada aydınlatma ünitelerinden yayılan ışınlardan, doğal ve yapay aydınlatmada ise hem güneşten hem de armatürlerden yayılan ışıktan faydalanılmıştır.

Ölçümler 2015-2016 öğretim yılı bahar dönemi ve 2016-2017 öğretim yılı güz dönemi içerisindeki iki farklı tarihte gerçekleştirilmiştir. Yapılan ilk ölçüm 19.06.2016 tarihinde, ikinci ölçüm ise 05.01.2017 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerin alındığı tarihler doğal aydınlık düzeyi üzerindeki mevsimsel etkilerin değerlendirilebilmesi amacıyla hem yaz hem de kış dönemi olarak seçilmiştir. Aydınlatma ölçümleri homojen bir şekilde yapılmış olup, doğru bir ölçüm sonucu elde etmek amacıyla ölçüm sık bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

Dersliklerde doğal aydınlatma ile doğal ve yapay aydınlatmanın beraber yapıldığı ölçümler sırasıyla 08.30-09.30, 09.30-10.30, 11.30-12.30, 12.30-13.30, 14.30-15.30 ve 16.30-17.30 saatleri arasında yapılmıştır. Yapay aydınlatma düzeyinin gün içinde çok değişmediği tespit

edildiğinden yalnızca 2 ölçüm alınması yeterli görülmüştür. Dersliklerde sıraların bulunduğu en ön, orta ve en arka kısım ile en arka kısmın sağ ve sol köşesi ölçülmüştür. Arka sağ ve sol köşeler, öğrencinin tahtayı izleme pozisyonuna göre değerlendirilmiştir. Koridor ve merdivendeki ölçümler gün içerisinde 3 kez sabah, öğlen ve akşam olmak üzere 09.00-10.00, 13.00-14.00 ve 16.00-17.00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. Koridordaki pencerede perde bulunmadığı için doğal aydınlatma ile doğal ve yapay aydınlatmanın olduğu durum ölçülmüştür. Merdivenlerde ise sadece yapay aydınlatma ölçülmüştür.

Laboratuvar ölçümleri 09.00-10.00, 13.00-14.00 ve 16.00-17.00 saatlerinde yapılmıştır. Laboratuvar kullanımı sürekli olduğundan yapılan çalışmalara engel olmamak adına ölçüm aralığı çok sık tutulmamıştır. Tüm laboratuvarlar saat 17.00'de kilitlendiği ve çoğunda perde olmadığı için sadece yapay aydınlatmayı kapsayan bir ölçüm yapılamamıştır. Ölçümler taban alanına bağlı olarak her mekân için pek çok farklı noktada gerçekleştirilmiştir.

Ortam ölçümleri için DT-8809A Işık Ölçer Datalogger Cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz ortamdaki ışık seviyesini ölçen, ışık şiddetini lux biriminde kaydedebilen dijital bir aydınlık ölçerdir. Cihazın ışık ölçüm seviye aralıkları 0.1 lux-0.1 klux'dur. Ölçümler koridor ve merdiven gibi boş olan yerlerde 80 cm yükseklikte, dersliklerde masalar üzerinde, laboratuvarda ise çok kullanılan aletlerin veya tezgahların üzerinde yapılmıştır. Ölçüm yapılırken ışığın cihaz üzerine direk gelmemesine dikkat edilmiştir. Aksi takdirde anormal derecede yüksek rakamlarla karşılaşılmaktadır. Cihaz her zaman yatay pozisyonda ve hareketsiz bir şekilde tutulmuştur. Ölçüm alırken ışık şiddetini ölçen kişi ışığın geliş tarafına göre duruşunu ayarlamış, ışığın cihaza ulaşmasına engel olmamaya özen göstermiştir.

Bulgular ve Değerlendirme

İnşaat mühendisliği bölüm binası ve laboratuvar binasında ölçümler alınarak aydınlık düzeyi tespitleri yapılmış, ölçümler her mekân için uygun noktalarda gerçekleştirilmiştir. Verilen tablolarda "YA" yapay aydınlatmayı, "DA" doğal aydınlatmayı, "DA&YA" ise doğal ve yapay aydınlatmanın beraber ölçüldüğü durumu temsil etmektedir.

Özellikli Salon ve Odalara İlişkin Bulgular

TS EN 12464-1 standardında özel olarak belirtilen konferans salonu, teknik çizim salonu, çalışma salonu ve bilgisayar odasına ilişkin sonuçlar her bir kısım için standartça tanımlanan özel aydınlık düzeyi değerine göre değerlendirilmiştir. İlk olarak konferans salonu ele alınmıştır. Konferans salonunda pencere tarafında 3, duvar tarafında 3, kürsüde bir olmak üzere toplam 7 farklı noktadan ölçümler alınmıştır (Tablo 3). TS EN 12464-1 standardına göre konferans salonları için gereken minimum aydınlık düzeyi 500 lux'tür. Tablo 3 incelendiğinde duvar tarafında doğal aydınlatmanın yetersiz kaldığı (<500 lux) görülmektedir. Duvar tarafındaki doğal aydınlatma miktarı, özellikle güz döneminde gün boyunca standardın altında kalırken, bahar döneminde saat 16.30'dan sonra yetersiz kalmaktadır. Konferans salonundaki en yüksek aydınlık düzeyi değeri bahar döneminde 11.30-12.30 saatleri arasında görülmüştür. Bu değer, güz döneminde 12.30-13.30 saatleri arasında görülen değerin neredeyse iki katıdır.

Teknik çizim salonunda; kürsü, pencere tarafı, duvar tarafı ve orta sıralar olmak üzere 10 farklı noktadan ölçüm alınmıştır (Tablo 4). Elde edilen değerler, teknik çizim salonları için belirtilen minimum aydınlık düzeyi olan 750 lux ile karşılaştırılmıştır (TS EN 12464-1). Yapay aydınlatma, teknik çizim salonu için oldukça yetersiz kalmaktadır. Doğal aydınlatma güz döneminde öğle saatleri hariç orta ve duvar tarafındaki sıralarda yetersiz kalmaktadır. Bahar döneminde ise doğal aydınlatmanın duvar kenarında standardın altında kaldığı gözlemlenmiştir. Doğal ve yapay aydınlatmanın beraber kullanıldığı durumda, bahar dönemindeki aydınlık düzeyleri çoğunlukla standardın üstündedir. Ancak güz döneminde, duvar tarafındaki ön ve son sıralarda standarttaki değerler sağlanamamıştır. Çalışma salonunda

pencere ve duvar tarafı olmak üzere 4 farklı yerde ölçüm yapılmıştır. Mekânda perde bulunmadığı için sadece yapay aydınlatmanın olduğu durum değerlendirilememiştir (Tablo 5). Aydınlık düzeyi değerleri çoğunlukla standardın (200 lux) üstündedir. Her iki dönemde de duvar tarafındaki ön sıralarda doğal aydınlatma yetersiz kalmaktadır.

Bilgisayar odasında 6 farklı noktadan ölçüm alınmıştır (Tablo 6). Bu odanın sağlıklı bir şekilde çalışılabilir olması için 300 lux ile aydınlatılması gerekmektedir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde, yapay aydınlatma değerlerinin güz ve bahar dönemlerinde farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bunun sebebi odadaki perdelerin gün ışığını geçirmesidir. Yapay aydınlatmanın pencere kenarına ve kürsüye ulaşmadığı tespit edilmiştir. Doğal aydınlatmanın ise duvar tarafında yer alan kürsüde, ilk ve orta sıradaki ölçüm noktalarında istenilen düzeye ulaşamadığı görülmüştür. Doğal ve yapay aydınlatmanın beraber kullanımı ile pencere kenarında istenilen aydınlık düzeyi sağlanabilmektedir. Ancak, köşede yer alması sebebiyle kürsü için gerekli aydınlık düzeyi değeri sağlanamamıştır.

Tablo 3. Konferans salonuna ait aydınlık düzeyi değerleri (lux)

	Ölçülen Durumlar	YA	08.30 09.30		09.30-10.30		11.30-12.30		12.30-13.30		14.30-15.30		16.30-17.30	
			DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA
Bahar dönemi	Pencere ön	500	2351	2702	4628	5170	4747	5465	2451	2900	880	1111	910	1467
	Pencere orta	522	1389	2147	1431	2169	2460	3166	2243	2731	1347	1800	850	1100
	Pencere son	**444**	1598	1750	1467	2057	1349	1743	1759	2199	1541	2003	692	1214
	Duvar ön	**388**	571	1056	804	1130	777	1221	772	1100	600	876	**179**	628
	Duvar orta	**332**	**333**	830	**412**	888	**489**	878	711	952	**360**	700	**175**	591
	Duvar son	**376**	**250**	**467**	**328**	557	**299**	**412**	**458**	823	**267**	648	**157**	**350**
	Kürsü	**338**	3562	3749	3005	3241	3223	3599	3640	3890	1672	1986	609	1119
Güz dönemi	Pencere ön	506	1111	1250	807	1598	831	1756	2012	2500	766	1244	567	995
	Pencere orta	**498**	910	1138	750	1261	1114	1375	1420	1654	712	1140	593	949
	Pencere son	**455**	561	1028	700	1067	723	1138	1178	1489	578	1017	**365**	855
	Duvar ön	**378**	**235**	650	**243**	611	**258**	639	**355**	670	**183**	600	**150**	563
	Duvar orta	**354**	**162**	545	**217**	550	**223**	577	**263**	645	**150**	550	**100**	**499**
	Duvar son	**389**	**100**	**437**	**117**	**477**	**112**	505	**148**	603	**65**	**475**	**62**	**467**
	Kürsü	**342**	567	960	762	1121	798	1201	1080	1423	563	955	**405**	725

Tablo 4. Teknik çizim salonuna ait aydınlık düzeyi değerleri (lux)

	Ölçülen Durumlar	YA	08.30 09.30		09.30-10.30		11.30-12.30		12.30-13.30		14.30-15.30		16.30-17.30	
			DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA
Bahar dönemi	Pencere ön sıra	**289**	2650	2956	3749	4158	5748	6691	5109	6345	5060	5745	4129	4310
	Pencere orta sıra	**336**	4539	4999	6174	6500	7945	8431	5823	6502	3438	4235	3055	3390
	Pencere son sıra	**278**	3756	4021	4510	5567	8130	8750	5183	5700	5561	5980	4710	4789
	Orta ön sıra	**453**	1190	1671	1698	1892	2100	2210	921	1229	955	1190	764	1058
	En orta sıra	**500**	903	1350	1234	1469	1967	2095	1023	1420	1220	1734	1123	1645
	Orta son sıra	**408**	**269**	758	**673**	1100	1450	1678	815	1540	1316	1692	1234	1603
	Duvar ön sıra	**289**	**511**	800	**649**	888	843	1070	**395**	**710**	**415**	**691**	**393**	**672**
	Duvar orta sıra	**477**	**507**	953	**555**	965	769	1136	**435**	1050	**577**	1023	**501**	981
	Duvar son sıra	**412**	**422**	**678**	**499**	**700**	**534**	956	**587**	932	**629**	956	**550**	938
	Kürsü	**345**	2138	2456	2778	2854	2769	2950	1875	1875	1754	1567	910	1305

Güz dönemi	Pencere ön sıra	**267**	1578	1879	2567	2773	5550	5421	4789	4970	3550	3756	2345	2494
	Pencere orta sıra	**326**	2167	2546	3812	3978	5120	5789	3678	4019	3027	3348	1998	2216
	Pencere son sıra	**270**	1534	1875	2376	3024	4657	4567	4321	4213	3082	3297	1978	2205
	Orta ön sıra	**351**	**450**	853	**641**	1004	934	1089	880	1110	**584**	910	**456**	825
	En orta sıra	**524**	**475**	1010	**635**	1190	931	1333	853	1286	**600**	1134	**422**	964
	Orta son sıra	**418**	**345**	799	**500**	936	856	1178	**700**	1125	**489**	900	**364**	788
	Duvar ön sıra	**298**	**196**	**516**	**250**	**567**	**378**	**655**	**362**	**677**	**275**	**534**	**234**	**492**
	Duvar orta sıra	**476**	**256**	**740**	**270**	792	**410**	879	**357**	857	**245**	756	**199**	**677**
	Duvar son sıra	**383**	**191**	764	**390**	**634**	**315**	693	**297**	**658**	**194**	**567**	**152**	**525**
	Kürsü	**342**	**530**	900	752	1167	1111	1356	1051	1347	789	1116	**541**	886

Tablo 5.Çalışma salonuna ait aydınlık düzeyi değerleri (lux)

Ölçülen Durumlar		09.30-10.30		13.30-14.30		15.30-16.30	
		DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA
Bahar dönemi	Duvar ön	**112**	278	205	297	**65**	233
	Pencere ön	638	677	876	1047	560	654
	Duvar son	212	421	599	888	177	416
	Pencere son	547	756	1270	1324	879	1027
Güz dönemi	Duvar ön	**118**	202	**166**	257	**174**	265
	Pencere ön	457	729	644	853	666	1133
	Duvar son	**130**	219	209	331	232	374
	Pencere son	398	759	515	964	560	980

Tablo 6. Bilgisayar odasına ait aydınlık düzeyi değerleri (lux)

Ölçülen Durumlar		YA	08.30 09.30		09.30-10.30		11.30-12.30		12.30-13.30		14.30-15.30		16.30-17.30	
			DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA
Bahar dönemi	Pencere orta	**283**	940	1174	1040	1250	1045	1350	1101	1427	1956	2150	819	1064
	Pencere sol	**193**	376	522	558	1148	575	750	750	1030	1453	1650	846	1057
	Pencere sağ	**132**	**244**	364	**263**	399	**263**	682	522	730	792	933	348	491
	Orta sıra	392	**177**	538	**227**	669	**240**	650	**271**	680	352	690	**174**	533
	İlk sıra	440	**28**	446	**42**	500	**55**	520	**65**	521	**59**	395	**29**	407
	Kürsü	**231**	**18**	**239**	**24**	301	**26**	**296**	**44**	320	**34**	**258**	**18**	**195**
Güz dönemi	Pencere orta	**177**	352	525	564	677	585	708	625	755	477	605	407	551
	Pencere sol	**194**	395	630	657	748	636	775	601	754	605	477	365	496
	Pencere sağ	**76**	**231**	305	372	460	386	507	405	515	350	456	**286**	390
	Orta sıra	303	**93**	450	**208**	472	**220**	410	**235**	414	**130**	310	**100**	320
	İlk sıra	**284**	**30**	350	**95**	395	**81**	**270**	**89**	**260**	**32**	**200**	**22**	**210**
	Kürsü	**100**	**22**	**124**	**80**	380	**78**	**180**	**86**	**181**	**25**	**120**	**19**	**125**

Dersliklere İlişkin Bulgular

Çalışmada yön ve kat farklılıklarını incelemek için 1. kat güney yöne bakan 109 numaralı derslik, 1. kat kuzey yöne bakan 101 numaralı derslik, 3. kat güney yöne bakan 309 numaralı derslik ve 3. kat kuzey yöne bakan 301 numaralı derslik seçilmiştir. Ölçümler, pencere kenarlarındaki sıraların tam ortasından, köşe sıralardan, orta şeritteki sıraların ortasından, ilk sıralardan ve kürsüden alınmıştır. Dersliklerden

elde edilen aydınlık düzeyi değerleri Tablo 7-10'da gösterilmektedir. Derslikler için standartta tanımlanan aydınlık düzeyi 300 lux'tur (TS EN 12464-1). 101 numaralı derslikten alınan ölçümler incelendiğinde yapay aydınlatmanın ilk ve orta sıra dışındaki alanlarda yetersiz kaldığı görülmektedir (Tablo 7). Doğal aydınlatma bahar döneminde duvar kenarında kalan kürsü ve ilk sıra için yetersiz kalmaktadır. Güz döneminde ise doğal aydınlatmanın kürsü ve ilk sıraya ek olarak orta sıraya da ulaşamadığı görülmektedir. Yapay ve doğal aydınlatmanın beraber kullanıldığı durumda dersliğin tamamında yeterli düzeyde aydınlık sağlanmaktadır.

109 numaralı derslikten alınan ölçümler incelendiğinde yapay aydınlatmanın pencere tarafındaki tüm sıralarda yetersiz kaldığı görülmektedir (Tablo 8). Doğal aydınlatmanın her iki ölçüm döneminde de duvar kenarında yer alan kürsü ve ilk sıraya ulaşamadığı gözlemlenmiştir. Yapay ve doğal aydınlatmanın beraber kullanıldığı durumda dersliğin tamamında yeterli aydınlık düzeyinin sağlandığı tespit edilmiştir.

301 numaralı derslikten alınan ölçümler incelendiğinde yapay aydınlatmanın pencere tarafındaki orta ve sol sıralarda yetersiz kaldığı görülmektedir (Tablo 9). Doğal aydınlatmanın her iki ölçüm döneminde de duvar kenarında yer alan kürsü ve ilk sıraya ulaşamadığı gözlemlenmiştir. Yapay ve doğal aydınlatmanın beraber kullanıldığı durumda, aydınlık düzeyi derslikteki tüm noktalarda standardın üstündedir.

309 numaralı derslikten alınan ölçümler, yapay aydınlatmanın dersliğin tamamında yetersiz olduğunu göstermektedir (Tablo 10). Doğal aydınlatma değerlerine bakıldığında, aydınlık düzeyinin bahar dönemi için duvar kenarındaki kürsüde; güz dönemi için ise kürsü ve ilk sırada yetersiz kaldığı tespit edilmiştir. Yapay ve doğal aydınlatma beraber kullanıldığında dersliğin tamamında yeterli aydınlık düzeyi sağlanmaktadır.

Tablo 7. 101 numaralı dersliğe ait aydınlık düzeyi değerleri (lux)

	Ölçülen Durumlar	YA	08.30 09.30		09.30-10.30		11.30-12.30		12.30-13.30		14.30-15.30		16.30-17.30	
			DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA
Bahar dönemi	Pencere kenarı	**162**	941	1109	1065	1084	1133	1252	1800	1933	1641	1812	941	1113
	Sol köşe	**112**	776	898	1174	1170	1280	1390	1308	1430	2249	2285	1465	1583
	Sağ köşe	**109**	309	422	311	419	310	360	356	475	500	600	308	425
	Orta sıra	326	**207**	560	308	640	340	650	400	755	409	760	302	656
	İlk sıra	331	**101**	467	**129**	472	**167**	512	**215**	587	**195**	565	**153**	526
	Kürsü	**281**	**63**	370	**88**	382	**115**	394	**134**	443	**119**	430	**111**	406
Güz dönemi	Pencere kenarı	**154**	314	474	540	705	567	733	817	966	625	755	513	684
	Sol köşe	**95**	333	443	575	680	565	718	680	787	820	940	412	512
	Sağ köşe	**101**	**110**	303	**250**	380	**263**	386	**266**	389	**287**	350	**240**	307
	Orta sıra	327	**94**	440	**203**	560	**201**	561	**222**	588	**176**	480	**140**	490
	İlk sıra	341	**45**	400	**122**	480	**114**	495	**123**	480	**95**	460	**83**	434
	Kürsü	**247**	**29**	300	**97**	340	**104**	364	**108**	370	**76**	336	**63**	335

Tablo 8. 109 numaralı dersliğe ait aydınlık düzeyi değerleri (lux)

	Ölçülen Durumlar	YA	08.30 09.30		09.30-10.30		11.30-12.30		12.30-13.30		14.30-15.30		16.30-17.30	
			DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA
Bahar dönemi	Pencere kenarı	**275**	4290	4567	4778	4949	5431	5765	5211	5445	5796	5977	4319	4581
	Sol köşe	**158**	3750	4197	4879	5298	6689	6821	5671	5807	2497	2617	1617	2019
	Sağ köşe	**165**	1356	1834	1934	2127	2081	2557	2015	2223	6521	6734	5218	5561

	Orta sıra	341	915	1265	1176	1458	1578	1856	1094	1411	1165	1456	970	1259
	İlk sıra	307	**218**	500	**280**	524	323	620	**213**	486	**254**	566	**188**	484
	Kürsü	313	**135**	345	**148**	444	**248**	578	128	434	**181**	465	**142**	371
Güz dönemi	Pencere kenarı	**255**	1359	1635	1756	2066	3145	3410	3054	3324	3434	3741	1946	2402
	Sol köşe	**145**	889	1035	1555	1720	1967	2076	1567	1741	1783	1924	978	1086
	Sağ köşe	**157**	850	987	1187	1349	2123	2347	2199	2348	2296	2450	1746	1876
	Orta sıra	333	**225**	570	491	749	666	765	503	845	475	823	315	645
	İlk sıra	301	**70**	384	**105**	414	**192**	435	**158**	480	**164**	488	**97**	417
	Kürsü	**299**	**39**	328	**66**	379	**100**	371	**119**	386	**95**	378	**60**	353

Tablo 9. 301 numaralı dersliğe ait aydınlık düzeyi değerleri (lux)

Ölçülen Durumlar		YA	08.30 09.30		09.30-10.30		11.30-12.30		12.30-13.30		14.30-15.30		16.30-17.30	
			DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA
Bahar dönemi	Pencere kenarı	**251**	1678	1955	1724	2080	2635	2898	3626	3860	2527	2925	1325	1520
	Sol köşe	**231**	710	884	1030	1375	1461	1665	1784	1996	1222	1375	1200	1365
	Sağ köşe	301	311	457	478	610	392	555	452	696	352	588	320	565
	Orta sıra	390	734	1050	842	1065	1074	1470	1748	2145	1092	1480	682	985
	İlk sıra	458	**235**	588	**256**	670	**274**	720	475	930	**290**	740	**230**	575
	Kürsü	391	**103**	371	**111**	462	**121**	525	**195**	620	**108**	526	**98**	360
Güz dönemi	Pencere kenarı	**223**	1040	1194	1058	1201	1080	1320	1190	1350	1150	1240	850	965
	Sol köşe	**221**	690	923	712	1020	796	1043	745	910	670	815	453	570
	Sağ köşe	303	**257**	367	303	366	346	386	370	402	355	383	**238**	357
	Orta sıra	353	380	789	395	812	490	905	543	810	465	650	325	489
	İlk sıra	371	**153**	624	**211**	655	**229**	685	**240**	530	**180**	390	**110**	310
	Kürsü	338	**93**	480	**132**	493	**166**	536	**175**	335	**114**	385	**57**	372

Tablo 10. 309 numaralı dersliğe ait aydınlık düzeyi değerleri (lux)

Ölçülen Durumlar		YA	08.30 09.30		09.30-10.30		11.30-12.30		12.30-13.30		14.30-15.30		16.30-17.30	
			DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA
Bahar dönemi	Pencere kenarı	**298**	3445	3571	3658	3976	4965	5155	6000	6341	2810	2891	2302	2575
	Sol köşe	**267**	4000	4286	4120	4512	4976	5375	2679	2948	1802	2023	919	1199
	Sağ köşe	**151**	2245	2435	3328	3513	4513	4690	3925	4325	3808	4178	2543	2887
	Orta sıra	**276**	2078	2457	2920	3232	2419	2698	3071	3300	1889	2112	775	1041
	İlk sıra	**287**	515	855	770	1106	880	1185	845	1162	655	906	310	555
	Kürsü	**233**	**267**	523	415	750	523	810	328	821	340	541	**150**	408
Güz dönemi	Pencere kenarı	**293**	1569	1889	3078	2474	3591	3658	3978	4133	2301	2450	1647	1785
	Sol köşe	**258**	1111	1317	2146	2369	1900	2100	1665	1878	992	1198	756	962
	Sağ köşe	**149**	1065	1115	1719	1789	2345	2395	3108	3201	1535	1678	1127	1255
	Orta sıra	**263**	588	810	791	1055	942	1200	1289	1525	765	989	539	765
	İlk sıra	**275**	**181**	467	**231**	534	**270**	560	315	600	**214**	500	**160**	450
	Kürsü	**222**	**99**	335	**121**	375	**145**	362	**157**	386	**99**	335	**95**	325

Dersliklerin Mevsime, Yöne ve Kot Farkına Bağlı olarak Değerlendirilmesi

Dersliklerden elde edilen aydınlık düzeyleri değerlendirildiğinde, tüm dersliklerde bahar dönemi değerlerinin güz dönemi değerlerinden daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ölçüm değerleri standartla kıyaslandığında, bahar dönemi değerleri standardı güz dönemine göre daha büyük bir oranla sağlamıştır. Aynı kattaki güney (109, 309) ve kuzey yöne bakan derslikler (101, 301) incelendiğinde; güney yönünde yer alan dersliklerin, kuzey yönünde yer alanlara göre daha iyi aydınlandığı tespit edilmiştir. Aynı saat diliminde alınan ölçümlerde doğal aydınlatma performansları karşılaştırıldığında; 109 numaralı derslikteki değerler 101 numaralı dersliğin yaklaşık 3 katıyken, 309 numaralı derslikteki değerler 301 numaralı dersliğin neredeyse 2 katıdır. Dersliklerin aydınlatma performansları bulundukları kota göre karşılaştırıldığında ise üçüncü kattaki dersliklerin (301, 309) birinci kattaki benzer dersliklerine göre (101, 109) daha iyi aydınlandığı görülmüştür.

Koridor ve Merdivene İlişkin Bulgular

Koridorlarda doğal aydınlatma sadece batı cephesinden 4 adet 2 kanatlı sürgülü alüminyum pencere ile sağlanmaktadır ve binanın iç kısmına doğru ilerlendikçe doğal aydınlatma seviyesinde azalma gözlenmektedir. Ölçümler sonucunda çıkan bulgular Tablo 11'de gösterilmiştir. Koridorlar için standartta tanımlanan değer 100 lux'tür (TS EN 12464-1). Buna göre doğal aydınlatma durumunda, pencere tarafı yeterli aydınlatmaya sahipken iç kısımlarda genelde yetersiz aydınlatma hakimdir. Doğal ve yapay aydınlatmada ise tamamında yeterli aydınlatma gözlemlenmiştir.

Merdivenler ana binada asansör çevresinde yer almakta olup 3 koldan oluşmaktadır. Binanın iç kısmında yer aldığı için pencere gibi doğal aydınlatma sağlayabilecek bir kaynak bulunmamakta, 2 adet otomatik açılıp kapanabilen fotoselli floresan armatür vasıtasıyla yapay olarak aydınlatılmaktadır. Merdivenler tüm katlarda aynı özelliklere sahip oldukları için ölçümler yalnızca en yüksek değere çıkabilecek zemin kat ile 1. katı bağlayan merdivende gerçekleştirilmiştir (Tablo 12). TS EN 12464-1 standardına göre merdivenlerde olması gereken minimum aydınlık düzeyi 150 lux'tür. Ölçüm değerleri standart ile karşılaştırıldığında, merdivene yeterli aydınlatmanın sadece bahar döneminde zemin kattaki alt kısımda sağlandığı görülmektedir. Alınan diğer tüm ölçüm sonuçlarında aydınlatmanın yetersiz olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 11. Koridora ait aydınlık düzeyi değerleri (lux)

Ölçülen Durumlar		09.30-10.30		13.30-14.30		15.30-16.30	
		DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA
Bahar dönemi	Kapalı Taraf	**35**	253	**29**	234	**15**	298
	Ara Değer	154	618	123	521	**22**	506
	Ara Değer	349	817	422	631	141	555
	Pencere Kısmı	3114	3642	1876	3653	1621	2125
Güz dönemi	Kapalı Taraf	**24**	135	**16**	175	**5**	205
	Ara Değer	101	302	112	342	**7**	389
	Ara Değer	240	545	170	574	113	496
	Pencere Kısmı	1600	2101	1243	1714	724	1234

Tablo 12. Merdivene ait aydınlık düzeyi değerleri (lux)

Ölçülen Durumlar		09.30-10.30		13.30-14.30		15.30-16.30	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz	Bahar	Güz
Yapay Aydınlatma	Aşağı Kısım	164	**58**	168	**61**	**143**	**73**
	Alt Sahanlık	**27**	**40**	**28**	**43**	**22**	**37**
	Orta Kısım	**2**	**7**	**4**	**8**	**1**	**3**
	Sahanlık	**34**	**25**	**36**	**28**	**32**	**32**
	Üst Kısım	**103**	**32**	**105**	**30**	**95**	**26**

Laboratuvarlara İlişkin Bulgular

Ulaştırma laboratuvarı laboratuvar binasının batı kısmında yer almakta olup, ince uzun bir geometriye sahip olduğundan pencere tarafından 3, duvar tarafından 3 olmak üzere toplam 6 ölçüm alınmıştır (Tablo 13). Standartta laboratuvarlar için belirlenen minimum aydınlık düzeyi 500 lux'tür (TS EN 12464-1). Tablo 13 incelendiğinde pencere tarafının arka kısmı hariç laboratuvarın aydınlatma açısından yetersiz olduğu görülmüştür.

Yapı malzemesi laboratuvarı laboratuvar binasının batı kısmında en sağda yer almaktadır. Bu ve diğer laboratuvarlarda perde veya

herhangi bir güneş kırıcı olmadığı için yapay aydınlatmaya ilişkin bir ölçüm alınamamıştır (Tablo 14). Doğal aydınlatma ile doğal ve yapay aydınlatmanın birlikte kullanıldığı durumlarda laboratuvarın tamamının yetersiz aydınlatmaya sahip olduğu gözlemlenmiştir. Gürültülü deneyler odası, yapı malzemesi laboratuvarının tam karşısında ve binanın doğusunda yer almaktadır. Alınan ölçümlere göre aydınlık düzeyi bahar döneminde sabah, güz döneminde öğlen olmak üzere pencerenin önü dışında genellikle yetersizdir (Tablo 15).

Geoteknik laboratuvarı laboratuvar binasının doğusunda, ulaştırma laboratuvarının karşısında yer almaktadır. Alınan ölçüm değerleri Tablo 16'da gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde laboratuvardaki ölçüm noktalarının tamamı yetersiz aydınlatmaya sahiptir.

Tablo 13. Ulaştırma laboratuvarına ait aydınlık düzeyi değerleri (lux)

Ölçülen Durumlar		YA	09.30-10.30		13.30-14.30		15.30-16.30	
			DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA
Bahar Dönemi	Duvar ön	**85**	**17**	**114**	**49**	**170**	**65**	**152**
	Duvar orta	**79**	**10**	**98**	**38**	**159**	**83**	**141**
	Duvar arka	**143**	**7**	**137**	**123**	**284**	**72**	**187**
	Pencere ön	**157**	**146**	**255**	**260**	**361**	**387**	**400**
	Pencere orta	**151**	**97**	**197**	**194**	**358**	**349**	**450**
	Pencere arka	**233**	**66**	**182**	619	716	566	788
Güz Dönemi	Duvar ön	**83**	**11**	**98**	**43**	**155**	**54**	**140**
	Duvar orta	**79**	**7**	**91**	**21**	**149**	**68**	**135**
	Duvar arka	**140**	**8**	**131**	**118**	**240**	**59**	**169**
	Pencere ön	**151**	**133**	**243**	**254**	**321**	**377**	**393**
	Pencere orta	**130**	**94**	**184**	**185**	**347**	**354**	**441**
	Pencere arka	**223**	**56**	**180**	598	614	**499**	**489**

Tablo 14. Yapı malzemesi laboratuvarına ait aydınlık düzeyi değerleri (lux)

Ölçülen Durumlar		09.30-10.30		13.30-14.30		15.30-16.30	
		DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA
Bahar dönemi	Duvar ön	**24**	**138**	**43**	**158**	**21**	**136**
	Pencere ön	**157**	**418**	**165**	**488**	**154**	**462**
	Duvar arka	**27**	**95**	**39**	**121**	**17**	**100**
	Pencere arka	**96**	**187**	**158**	**257**	**140**	**243**
Güz dönemi	Duvar ön	**21**	**125**	**35**	**137**	**15**	**130**
	Pencere ön	**151**	**401**	**157**	**479**	**146**	**453**
	Duvar arka	**20**	**88**	**31**	**100**	**12**	**89**
	Pencere arka	**94**	**179**	**143**	**250**	**125**	**236**

Tablo 15. Gürültülü deneyler odasına ait aydınlık düzeyi değerleri (lux)

Ölçülen Durumlar		09.30-10.30		13.30-14.30		15.30-16.30	
		DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA
Bahar dönemi	Duvar ön	**217**	**305**	**39**	**122**	**7**	**71**
	Pencere ön	1483	1659	**312**	**392**	**162**	**284**

	Kapı arka	**257**	**352**	**50**	**154**	**19**	**99**
	Pencere arka	**196**	**309**	**24**	**127**	**5**	**78**
Güz dönemi	Duvar ön	**28**	**93**	**79**	**170**	**44**	**68**
	Pencere ön	**294**	**367**	**420**	620	**159**	**235**
	Kapı arka	**169**	**250**	**280**	**380**	**50**	**74**
	Pencere arka	**37**	**117**	**95**	**230**	**218**	**227**

Tablo 16. Geoteknik laboratuvarına ait aydınlık düzeyi değerleri (lux)

Ölçülen Durumlar		09.30-10.30		13.30-14.30		15.30-16.30	
		DA	DA&YA	DA	DA&YA	DA	DA&YA
Bahar dönemi	Duvar ön	**3**	**79**	**5**	**93**	**4**	**85**
	Pencere ön	**20**	**161**	**33**	**194**	**25**	**147**
	Duvar arka	**4**	**184**	**9**	**168**	**2**	**155**
	Pencere arka	**64**	**111**	**59**	**127**	**19**	**70**
	Orta	**18**	**89**	**23**	**98**	**5**	**69**
Güz dönemi	Duvar ön	**0**	**75**	**2**	**86**	**0**	**75**
	Pencere ön	**17**	**147**	**29**	**169**	**20**	**134**
	Duvar arka	**2**	**172**	**6**	**154**	**0**	**147**
	Pencere arka	**61**	**106**	**42**	**120**	**21**	**74**
	Orta	**15**	**83**	**16**	**91**	**2**	**72**

Sonuç ve Öneriler

Eğitim yapılanın sağlıklı görsel konfor koşullarına sahip olması, öğrenme performansı, çalışanların ve öğrencilerin motivasyonu ve çalışma üretkenliği için çok önemlidir. Sağlıklı görsel konfor koşullarının sağlanması aydınlatma ile mümkün kılınmaktadır. Bu çalışma kapsamında Ege Üniversitesi İnşaat Mühendisliği ana binası ve eklentisinde yer alan farklı mekânların aydınlık düzeyleri ölçülmüş ve bulgular değerlendirilmiştir. Derslikler, çalışma salonu, konferans salonu, bilgisayar odası, teknik çizim salonu, merdiven, koridor ve laboratuvarlar olmak üzere toplam 14 farklı mekânda ölçülen değerler TS EN 12464-1 standardı ile karşılaştırılmıştır.

Yapılan ölçümleri genel anlamda değerlendirmek gerekirse doğal aydınlatmanın pencere kenarlarında yeterli ancak pencere kenarlarından uzaklaştıkça dersliklerin ön kısımlarına yaklaştıkça yetersiz seviyeye ulaştığı tespit edilmiştir. Yapay aydınlatmada ise dersliklerin genel anlamda ön ve orta kısımlarının aydınlık düzeylerinin yeterli olduğu, dersliklerin arka kısımlarının aydınlık düzeylerinin ise yetersiz olduğu gözlemlenmiştir. Doğal ve yapay aydınlatmada ise dersliklerin tamamının TS EN 12464-1 standardına uyduğu gözlenmiştir. Koridorlarda doğal aydınlatma pencere kenarında yeterli aydınlık düzeyinde iken, pencere kenarından uzaklaştıkça yetersiz hale gelmiştir. Merdiven ve laboratuvarların aydınlık düzeyi yetersiz bulunmuştur.

Laboratuvar çalışmalarının daha sağlıklı bir şekilde sürdürülebilmesi, merdiven ve laboratuvarda aydınlatma yetersizliğinden kaynaklanabilecek olası kazaların önlenebilmesi için aydınlatma düzeni değiştirilmelidir. Bu bağlamda öncelik doğal aydınlatmanın arttırılmasına ilişkin çözüm önerileri olmalıdır. Yetersiz aydınlatmanın doğal yollarla desteklenebilmesi için gün ışığını engellemek ve bu ışığı tavana yönlendirmek amacıyla pencerenin iç ve dış yüzeyinde yer alan yatay veya yataya yakın ışık rafları tercih edilebilir. Işık rafları hem göz kamaşmasını engeller hem de dış görüşü sağlamaya yardımcı olur. Yine

benzer şekilde ışık bacaları kullanılarak çatıdan dersliklere uzatılacak bacalardan ışık geçişi sağlanabilir. Ayrıca açık renkli ve saydam yüzeylerin tercih edilmesi aydınlık düzeyinin artmasına yardımcı olacaktır. Laboratuvarlarda pencerelerdeki tozlu ve kirli yüzeylerin sürekli temizlenmesi ile yansıyan ışığın değeri artacak ve görsel konfor açısından uygun ortam sağlanacaktır. Buna ek olarak mümkünse pencere sayısının arttırılması da yetersiz aydınlatmanın önlenmesini sağlayacaktır. Doğal aydınlatma ile yeterli aydınlık düzeyine ulaşılamadığı durumlar için yapay aydınlatmaya ilişkin de iyileştirmeler yapılmalıdır. Standarda göre yetersiz kalan eski floresan armatürlerin daha az enerji tüketen ve daha uzun süre kullanılabilen LED armatürlerle değiştirilmesi gerekmektedir. Bu sayede bina ve eklentilerinde enerji tüketimi azalacak, görsel konfor koşulları sağlanacaktır.

Kaynaklar

Anon, (2000). IESNA, Lighting Handbook, Ed. M.S.Rea, USA.

AS/NZS 1680.2.3: Interior and Workplace Lighting, Part 2.3: Specific Applications – Educational and Training Facilities, (2008) Council of Standards of Australia and New Zealand.

Bostancı Başkan, T. ve Şerefhanoğlu Sözen, M. (2006). Dersliklerde Görsel Konfor ve Etkin Enerji Kullanımı – Bir Örnek Derslik Aydınlatması, *Megaron Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi E-Dergisi*, 1(2), 143-153.

Capeluto, J.G., (2003). The Influence Of The Urban Environment On The Availability of Daylighting in Office Buildings in Israel, *Building and Environment*, sayfa 38, s. 745-52.

CIBSE (2002), Code for lighting, Oxford, Butterworth-Heinemann.

DIN 5034-4: 1994. Daylight in Interiors - Part 4: Simplified Method Of Determining Window Sizes For Dwellings (1994). German Institute for Standardization (Deutsches Institut für Normung).

Güvenkaya, R., Küçükdoğu, M., (2009). İlköğretim dersliklerinde aydınlatma enerjisi yönetiminde yönlere göre uygun cephe seçeneklerinin belirlenmesi, *İTÜ dergisi/a*, cilt 8, Sayı 2, s. 77-88.

Köknel Yener, A., Kutlu Güvenkaya, R., Şener, F. (2009). İlköğretim Dersliklerinin Görsel Konfor Açısından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi, *İTÜ Dergisi/a, Mimarlık, Planlama, Tasarım*, 8(1), 105-116.

Kruger, L.E., Dorigo, A.L, (2008). Daylighting Analysis in A Public School in Curitiba, Brazil, *Renewable Energy*, sayfa 33, s. 1695-1702.

Leslie, R.P., (2003). Capturing The Daylight Dividend in Buildings, Why and How?, *Building and Environment*, sayfa 38, s. 381-5.

Sirel, Ş., (1992), Aydınlığın niteliği, Kitapçık no. 4, YFU.

Sirel, Ş. (1997). Aydınlatma sözlüğü, YEM Yayın, İstanbul.

Şerefhanoğlu, M., (1992). Yapıların İç Aydınlatmasında Günışığı ile Lamba Işığının Temel Özellikleri Ve Ayrımları, Yıldız Mimarlık Fakültesi Yayını, İstanbul.

TS EN 12464-1: Işık ve Aydınlatma-Çalışma alanlarının aydınlatılması- İç Ortam çalışma alanları (2013). Aydınlatma ve Bina İçi Tesisleri ile Yardımcı Donanımları Teknik Komitesi, Ankara.

Winterbottom, M, Wilkins, A., (2009). Lighting And Discomfort in The Classroom, *Journal of Environmental Psychology*, sayı 29, s. 63-75.

Yener, A.K., Güvenkaya, R., Şener., F., (2009), İlkokul Sınıflarında Görsel Konfor ve Enerji Verimi, *TTMD Isıtma, Soğutma, Havalandırma, Klima, Yangın ve Sıhhi Tesisat Dergisi*, Temmuz-Ağustos, 30-5.

Evaluation of Educational Buildings with Respect to Lighting Performance

Extended abstract

Lighting is one of the most important factors affecting visual comfort. Selecting accurate lighting system in educational buildings positively affects the performance of students and trainers. Nevertheless, studying under inappropriate visual conditions could cause various problems such as dry eye, tears, blurred vision, eye fatigue and headache. In order to increase academic performance of the students and please them with the psychological environment of the conditions, the visual comfort must be healthfully provided according to the needs of the users.

In this study, lighting conditions in Ege University Civil Engineering department building and its laboratory extension were evaluated in terms of user health. Within the scope of the study, the interior lighting levels, lighting types and importance were investigated and evaluated for the 2015-2016 spring and 2016-2017 fall academic year semesters.

The luminometers were used to measure the illumination level in 14 different interior spaces including classrooms, conference hall, study hall, computer room, technical drawing room, staircase, corridor and laboratories of soil mechanics, materials of construction, transportation and structure. The lighting levels of natural lighting, artificial lighting and the combined version of natural and artificial lighting were measured in each place.

The measurement results were compared with TS EN 12464-1 Standard which has defined illuminance levels as 300 lux for classrooms and computer rooms, 500 lux for conference halls and laboratories, 750 lux for technical drawing rooms, 150 lux for stairs and100 lux for corridors.

According to the measurement results, it was found that natural illumination was sufficient at the window edges of the classrooms but when moved away from the edges of the windows, the illumination levels of the classrooms reached inadequate values as approached the front. For the artificial illumination, it was observed that the illumination levels of the front and middle parts of the classrooms were sufficient; however, the illumination levels of the rear parts in the classrooms were observed as insufficient. For the combined measurements of the natural and artificial lighting, all classrooms were observed to comply with TS EN 12464-1 standard. While natural lighting in the corridors had sufficient illumination levels on the window side, it became insufficient as it moved away from the edge of the window. The illumination levels of the stairs and laboratories was observed as insufficient levels.

In addition, for the classrooms located on different levels and directions, the illumination values of the different months of the year were discussed within the scope of the study. It was observed that spring semester values were higher in all classrooms than fall semester. It was found that the classrooms on the same floor, which were located in the south direction, were better illuminated than those located in the north direction. According to the elevation levels; the classrooms on the third floor were better illuminated than the similar classrooms on the first floor.

It is recommended that illumination levels and visual comfort conditions should be improved to maintain healthier studies in the laboratories and to prevent potential accidents due to lack of lighting, In this context, priority should be given to solutions which increase natural daylighting for energy efficiency.

Keywords: *Natural Lighting, Artificial Lighting, Indoor Illuminance Levels, Occupants' Health*