

HUMAN ORIENTED ARCHITECTURAL LIGHTING DESIGN IN AMPHI-CLASSROOM LEARNING AREAS

AMFİ-DERSLİK ÖĞRENME ALANLARINDA İNSAN ODAKLI MİMARİ AYDINLATMA TASARIMI

Mehmet Sait CENGİZ 

Assoc. Prof. Dr., Bitlis Eren Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yükseokulu, Bitlis, Türkiye

Geliş Tarihi / Received: 24.08.2021
Kabul Tarihi / Accepted: 23.09.2021

Araştırma Makalesi/Research Article
DOI: 10.38065/euroasiaorg.688

ÖZET

Mimari kısıtlamaların olduğu ve gün ışığından yeterince yararlanılamayan ortamlarda ışığın az olduğu AMFİ dersliklerde yapay aydınlatma kullanarak, öğrencilerin görsel konforuna ve dolaylı olarak sağlığına katkıda bulunulabilir. Bu çalışmada, İnsan Odaklı Aydınlatma konseptinde belirtilen WELL standartlarındaki kriterlere göre okullarda yapay aydınlatma ile öğrenme ortamlarının Eşdeğer Melanopik Lüks değerlerinin nokta bazlı analizi yapılmıştır. Direkt aydınlatma kullanılarak, mimari tasarım değiştirilmeden, düşük maliyetli yapay aydınlatma düzenlemeleri ile insan biyolojisine uygun optimum aydınlatma sağlanmaktadır. İnsan Odaklı Aydınlatma konseptine göre WELL standartları kriterlerine uygun bir mimari aydınlatma tasarımı yapılmıştır. AMFİ sınıflarında okuyan öğrencilerin öğrenme ortamlarında görsel konforun ve optimum sirkadiyen etkilerin iyileştirilmesi sonucunda bu öğrenme alanlarını kullanan öğrencilerin başarı ve derse katılımlarının artacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sirkadiyen ritmi, mimari aydınlatma, aydınlatma tasarımı, fiziksel çevre denetimi, insan odaklı aydınlatma

ABSTRACT

By using artificial lighting in AMFI classrooms where there are architectural constraints and daylight cannot be adequately benefited from, it can contribute to the visual comfort and indirectly to the health of the students. In this study, point-based analysis of the Equivalent Melanopic Lux values of artificial lighting and learning environments in schools was made according to the criteria of WELL standards specified in the Human Centric Lighting concept. By using direct lighting, without changing the architectural design, optimum lighting suitable for human biology is provided with low-cost artificial lighting arrangements. According to the Human-Centered Lighting concept, an architectural lighting design was made in accordance with the WELL standards criteria. As a result of the improvement of visual comfort and optimum circadian effects in the learning environments of the students studying in AMFI classrooms, it is predicted that the success and participation of the students who use these learning areas will increase.

Keywords: Circadian rhythm, architectural lighting, lighting design, physical environment control, human-centered lighting.

1. GİRİŞ

Aydınlatma, mimaride yüzey hacimlerinin görsel konforunu, görsel verimliliğini ve mimari özelliklerini vurgulamak için kullanılır. Aydınlatmada önemli olan kullanılan mekânda yapılan işin amacına uygun aydınlatmanın sağlanmasıdır. Işığın rengi ve yönü ile mekândaki gölgelerin kalitesi, uygun aydınlatmanın sağlanmasında önemli rol oynar. Modern çağın insanları zamanlarının çoğunu ofisler, okullar, alışveriş merkezleri, restoranlar, showroomlar gibi kapalı ortamlarda geçirmektedir. Bu yaşam alanlarının mimari özellikleri, kullanıcıları üzerinde çeşitli etkiler yaratmaktadır (Pechacek et al. 2008, Bellia et al. 2004, Andersen et al. 2012, Özkiper, 2004) . Aydınlatma, insanları etkileyen en önemli mimari özelliklerden biridir. Mimaride ışığın bireylerin toplam yaşam

kalitesi üzerindeki olumlu ya da olumsuz etkileri göz ardı edilemeyecek kadar önemlidir. Aydınlatma, görselliğin yanı sıra insanların sağlığını ve yaşam kalitesini iyileştirecek veya bozacak biyolojik ve psikolojik etkilere sahiptir. Örneğin, güneşli bir bahar gününde, kişi kendini karanlık bir kış gününden daha aktif ve mutlu hisseder. Bir diğer benzer örnek ise optimum aydınlatılmış bir ofiste çalışanların daha üretken olmalarıdır (Köknel Yener, 2002, Aykal, et al. 2011, Onaygil and Güler, 2003).

Günümüzde insanlar ışık ihtiyaçlarını doğal aydınlatma, yapay aydınlatma veya hibrit aydınlatma (doğal ve yapay aydınlatma sentezi) ile karşılamaktadır. Bu tür mimari aydınlatma tekniklerine ev, ofis, hastane, okul, maden endüstrisi gibi kapalı ortamlarda ihtiyaç duyulmaktadır (Hernandez, et al. 2001, Ünver, et al. 2003, Köknel Yener, 2003). İnsanların bulunduğu her ortamda ışık olmalıdır. Çok az veya çok fazla ışık insan biyolojisinin dengesini bozabilir. Işığın insanlar üzerindeki etkileri görsel efektler ve görsel olmayan efektler olarak gruplandırılır (Ünver and Öztürk, 2001, Enezi et al. 2011, Geisler and Dur, 2010). İnsan biyolojisindeki hormonlar ve sinir sistemi aydınlatmadan etkilenir (Inanici, et al. 2015, Giray, 2009, Aktaş, 2009).

Güncel bilimsel araştırmalara göre göze gelen ışığın miktarı ve kalitesi hormonları ve sinir sistemini doğrudan etkiler. Bu nedenle ışık sirkadiyen ritim, biyolojik saat, biyolojik sistem, algılama kapasitesi ve psikolojik durum üzerinde etkilidir (Memiş and Ekren 2019). İnsan biyolojik saati, dünyanın aydınlık-karanlık döngüsü ile senkronizedir. Bu nedenle ışık, biyolojik saat için en önemli uyarıcı çevresel faktördür (Rea, et al. 2005, Schlangen et al. 2014, Krzysztow et al. 2006). Görsel olarak sabah uyanmak için ışıklı bir ortam, akşam uyumak için ışısız bir ortam gerekir. Görsel olmayan bir etki olarak ışık, ruh hali düzenlemesini, uyanıklığı, algısal kapasiteyi ve vücudun biyolojik saatini düzenler (Memiş and Ekren 2019, Mardaljevic et al. 2013). İç ortamlarda kullanılan yapay aydınlatma, parlaklık ve renk sıcaklığı gibi parametreler açısından gün içinde değişiklik göstermez. Yapay aydınlatma, gün ışığını taklit etmediği için insan metabolizmasının ihtiyaçlarını karşılayamaz (Memiş and Ekren 2019, Giray, 2009, Aktaş, 2009, Apaydın 2012, Doğan, 2017). Bu nedenle kişiler sirkadiyen ritim bozuklukları ve buna bağlı çeşitli olumsuzluklarla karşılaşabilmektedir. Bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak için gün ışığının insanlar üzerindeki etkileri dikkate alınarak mimari projeler tasarlanmalıdır. Binanın mimari tasarımı sırasında doğal veya yapay aydınlatmanın insanlar üzerindeki fizyolojik ve psikolojik etkilerine göre mimari aydınlatma tasarımları yapılmalıdır.

Bu çalışmada mimari yapısı gereği kapalı olan ve az ışık alan öğrenme alanlarında İnsan Odaklı Aydınlatma konseptine göre optimum aydınlatma sağlanmaya çalışılmıştır. Bu amaçla mevcut bir okuldaki 25 yaştan küçük bireylerin eğitim gördüğü az ışık alan öğrenme alanlarından bir sınıf seçilerek mevcut aydınlatma durumu analiz edilmiştir. Aydınlatma parametreleri bir simülasyon ile incelenmiştir. Bu kapsamda sirkadiyen ritim ve ortam aydınlatması ile uyumlu aydınlatma tasarımı yapılmıştır. İnsan Odaklı Aydınlatma konseptine göre kapalı alanlardan olan okul sınıflarının aydınlatma parametreleri ile ilgili olarak CIE, CEN (EN 12464-1) ve TS EN 12464-1 standartları yerine yeni nesil olan bir standart dikkate alınmıştır. İnsan Odaklı Aydınlatma konseptine uygun olarak oluşturulan WELL standartlarındaki kriterlere göre bir analiz yapılmıştır (CEN EN 12464-1:2011, TSE -TS EN 12464-1:2013).

2. İNSAN ODAKLI AYDINLATMA

WELL standartlarında belirtilen Sirkadiyen Aydınlatma Tasarımı kriterlerine göre İnsan Odaklı Aydınlatma'nın amacı, gündüz ışık yoğunluğu için minimum bir eşik ayarlayarak sirkadiyen sağlığı desteklemektir. Işık, beyinde başlayan, vücudun dokuları-organları boyunca fizyolojik ritimleri düzenleyen, hormon seviyelerini ve uyku-uyanıklık döngüsünü etkileyen sirkadiyen sistemin ana itici güçlerinden biridir. Sirkadiyen ritimler, ışığa duyarlı retina ganglion hücreleri (ipRGC'ler) tarafından kolay bir şekilde dış etkilere yanıt verir. Işık ile Sirkadiyen ritimler dış dünyaya karşı senkronize tutulur. Gözlerin görüntü oluşturmayan fotoreseptörleri ipRGC'ler aracılığıyla, yüksek frekans ve yoğunluktaki ışıklar uyanıklığı artırır. Işığın eksikliği ise vucutta enerji harcamasını

azaltarak, vücudun dinlenmeye hazırlanması için sinyal verir. Işığın insanlar üzerindeki biyolojik etkileri, geleneksel lükste olduğu gibi, koniler yerine ipRGC'lere göre ağırlıklandırılan önerilen bir alternatif metrik olan Eşdeğer Melanopik Lüks (EML) ile ölçülebilir. İnsan Odaklı Aydınlatma konseptine göre performans doğrulaması sırasında Eşdeğer Melanopik Lüks, insan vücuduna göre göz hizasında dikey düzlemde ölçülür. İnsan Odaklı Aydınlatma konseptine göre Sirkadiyen Aydınlatma Tasarımı- Bölüm 4-Öğrenme Alanlarında Melanopik Işık Yoğunluğu ile ilgili koşullar incelendiğinde, özellikle 25 yaşın altındaki öğrenciler için okul öncesi eğitim, ilköğretim, ortaöğretim ve yetişkin eğitiminde gün ışığını içeren ışık modellemelerinde, dikey düzlemde öğrenci oturma sıra yüzeylerinin %75 veya daha fazlasında en az 125 Eşdeğer Melanopik Lüks değerinin sağlanması gerektiği vurgulanmıştır. İnsan Odaklı Aydınlatma konseptine göre kullanıcının görüşünü simüle etmek için zeminden 1.2 m yukarısı aydınlatılan yüzey olarak kabul edilir. WELL standartlarındaki kriterlere göre öğrenme alanlarında bu ışık seviyesinin yılın her günü ve günde en az 4 saat var olduğu ilkesine göre hareket edilir (WELL Building Institute, 2020, Demirci, 2008, Buttgereit et al. 2015, Rea et al. 2012, Şahin, 2012, Walerczyk et al. 2012, Smolders, 2013, Öztürk, 2003). İnsan Odaklı Aydınlatma yapılmazsa, normal şartlarda hesaplamada lamba ile zemin arasındaki mesafe kullanılır. İnsan Merkezli Aydınlatma yapılacak ise bu çalışmada olduğu gibi $E_{ortalama}$ kriteri yerine E noktası değerleri dikkate alınmaktadır. CEN (EN 12464-1) ve TS EN 12464-1 kriterlerinde $E_{ortalama}$ dikkate alınır. Mevcut binaları yıkmak ve mimari tasarımı ışığa uygun binalar yapmak pahalıdır. Bu açıdan yapay aydınlatma kullanılması avantajlıdır. Bu çalışmada, mimari tasarımları yapay ışık kullanılarak değiştirilemeyen daha önce inşa edilmiş alanlar için İnsan Odaklı aydınlatma konseptine uygun aydınlatma tasarımı yapılmıştır. Bu sayede gün ışığından yeterince yararlanılamayan alanlarda (sirkadiyen ritim, biyolojik saat, biyolojik sistem ve psikolojik durum) ortam görme konforunu iyileştirici etki oluşturulmaya çalışılmıştır.

Bu amaçla alan yüzeyinde Nokta Aydınlatma Hesaplama Yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde aydınlatmanın hesaplanacağı alan seçilmiş ve hesaplama alanı olarak seçilen öğrenme alanı yani sınıfın ölçüleri 9 m* 20 m ölçülerindedir. 9 m * 20 m boyutlarındaki alan 0,80 m * 1.00 m boyutlarında dikdörtgen şekilli 90 eşit parçaya bölünmüştür. Dikdörtgen şekilli alanların tam ortasına gelecek şekilde dikey aydınlatma için Eşdeğer Melanopik Lüks değerleri simülasyon ortamında ölçülmüştür. Hesap alanındaki ilk lambadan başlayarak, seçilen yüzeyin ortasında ve arkasında konumlanan gözlemciye göre noktasal aydınlatma hesaplamaları yapılmıştır. Doğrudan aydınlatma senaryosu için, kapalı öğrenme alanlarında yüzeydeki bir noktanın parlaklık düzeyi, bir noktaya gelen ışık düzeylerinin toplamına eşit olacak şekilde hesaplanır. Simülasyon ortamında elde edilen sayısal değerlere göre AMFİ sınıflarda sıraların basamaklarına göre lambaların sarkıtlarının yada tij boylarının uzatılması ile yani bu çalışmaya konu olan 5 m mesafenin korunması ile İnsan Odaklı Aydınlatma konseptinin WELL standartlarına dönüştürülebileceği görülmektedir. Örnek basamak tasarımlı AMFİ derslikler Şekil 1 ve Üç boyutlu AMFİ dersliklerin model hali Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 1. Basamak tasarımlı AMFİ derslikler



Şekil 2. Üç boyutlu AMFİ dersliklerin model hali

3. MİMARİ AYDINLATMA TASARIMI

Bir aydınlatma tasarımcısının amacı, kullanıcıları için her zaman konforlu, sağlıklı ve güzel mekânlar yaratmaktır. Tasarım sürecinde tasarımcı, fonksiyonel ve psikolojik ihtiyaçları göz önünde bulundurarak doğrudan ve dolaylı aydınlatma türlerinden yararlanır. Seçilen aydınlatma ile bir mekânın konforu artırılabilir veya azaltılabilir. Tasarımcı, yaratmak istediği ortama göre aydınlatma sistemini seçer. Karar verme sürecinde ilgili aydınlatma standartları, enerji tasarrufu ve kullanıcı konforu dikkate alınır. Aydınlatma tasarımında dikkat edilmesi gereken ana unsurlar, mekânın mimari özellikleri ve mekânın kullanım amacıdır. Kullanılan malzeme türleri, renkler, dokular, yansımaya katsayıları ve mekânın yüksekliği gibi fiziksel özellikler tasarımcının kararlarında belirleyici rol oynamaktadır (WELL Building Institute, 2020).

Doğrudan aydınlatma, aydınlatma armatürlerinden gelen ışığın %90-100'ünü doğrudan çalışma alanına iletir. Direkt aydınlatmada parlamayı önlemek önemlidir. Direkt aydınlatma ile tavan çalışma alanına göre daha karanlık görünür. Doğrudan aydınlatma, enerji verimliliği sağlayan bir aydınlatma türüdür (Cengiz and Cengiz, 2021, Efe and Varhan, 2020, Güler and Onaygil, 2003). Doğrudan aydınlatma yapılan bir derslik Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 3. Doğrudan aydınlatma yapılan bir derslik

4. AYDINLATMA STANDARTLARI

Aydınlatma kalitesi, ilgili görev için her zaman yeterli görsel performans sağlamalıdır. Ortalama aydınlık düzeyi, düzgün dağılım, kamaşma kontrolü ve renksel geriverim, görsel konforun sağlanmasında dikkate alınan kalite parametreleridir. Yetersiz aydınlatma, uygun olmayan aydınlatma seviyeleri, parlamalar ve istenmeyen gölgeler nedeniyle belgelerin veya bilgisayar ekranlarının görülmesini zorlaştırır. Yetersiz aydınlatma ortamın, nesnelerin ve renklerin doğru algılanmasını engeller. Oluşumu nedeniyle gün ışığı dinamiktir ve farklı zamanlarda farklı yoğunluklara ve renk sıcaklıklarına sahiptir. Bu dinamizm, kapalı ortamda insanlar üzerinde olumlu etkiler sağlar [3,4]. Yapay aydınlatma sistemleri, gün ışığından yeterince yararlanılamayan ortamlarda faydalı olabilir. Işık şiddeti kontrol edilerek saatlere göre optimum aydınlatma yapılabilir.

İnsan odaklı aydınlatma konseptine göre, Eşdeğer Melanopik Lüks, zeminden 1.2 m yükseklikte masa başında çalışan bir çalışanın göz hizası olduğu varsayılarak ve dikey aydınlatma düzeyi olarak ölçülür. Çalışma düzlemindeki yatay aydınlatma gereksinimleri tanıdık bir kavramdır. Ancak dikey aydınlatma ile yatay aydınlatma arasında düzlemsel bir dönüşüm yöntemi yoktur. Düşey düzlemdeki ışık miktarı, bir armatürden gelen direkt ışık, duvarlardan yansıyan ışık, tavanlardan yansıyan ışık ve pencerelerden gelen ışığın birleşimi olduğundan, tamamen ışığın mekana nasıl iletildiğine bağlı olan bu yöntem, Eşdeğer Melanopik Lüks değeri olarak adlandırılır (WELL Building Institute, 2020, ZVEI-Akademie, 2021, Boyce, 2014, Boyce, 2021). İnsan Odaklı Aydınlatma konseptinde Sirkadiyen Aydınlatma Tasarımı kriterleri CEN (EN 12464-1) ve TS EN 12464-1 kriterleri ile karşılaştırıldığında zeminden aydınlatılacak alan yerden 1.2 m yükseklikte başlamaktadır, yani yaklaşık olarak göz hizasıdır. Çalışma Alanları için Eşdeğer Melanopik Lüx değeri, Işık Şiddeti Ortalaması yerine, aydınlatılacak alanın %75 veya daha fazlasında en az noktasal olarak 125 Eşdeğer Melanopik Lux değerinin sağlanması koşulunu sağlar (WELL Building Institute, 2020, ZVEI-Akademie, 2021, The Light Review, 2021). Sirkadiyen Aydınlatma Tasarımı için U_0 değerinin herhangi bir sınır değer şartını sağlanması kriterine bakılmaz.

5. SİMÜLASYON UYARLAMASI

Lambaların tavan yüksekliği 6.2 m seçilmiştir. Bu çalışmada İnsan Merkezli Aydınlatma konseptine göre 6.2 m olan lambanın yüksekliği 5 m + 1.2 m şeklinde tasarlanmıştır. Zeminden 1.2 m yükseklikteki alan İnsan Odaklı Aydınlatma kapsamında Eşdeğer Malaponik Lüx değerinin ölçüleceği alan olarak kabul edilmiştir. Buna göre lamba ile aydınlatılacak yüzey arasındaki mesafe

5 m olarak ölçülmüştür. Bu nedenle aydınlatılacak yüzey ile lamba arasındaki mesafe 5 m olarak hesaba dâhil edilmiştir. İnsan Merkezli Aydınlatma konseptine göre Öğrenme Alanları için (AMFİ derslikler) Melanopik Işık Yoğunluğu, için 125 lüks değeri tüm alanın %75'inde sağlanmalıdır.

Alan aydınlatmasında kullanılacak armatürler, aydınlık düzeyi, alan ve duvarların aydınlık düzeyi, aydınlatma homojenliği ve ekonomisi göz önünde bulundurularak seçilmiştir. Hesaplamalar noktasal aydınlık düzeyi yöntemine göre bilgisayar hesaplamaları sonucunda belirlenmiştir. Kullanılan simülasyon programında alan-yüzey parametreleri için çeşitli seçenekler mevcuttur. Alan-yüzey parametreleri için aydınlatma sistemi (karşılıklı lambalar, çapraz lambalar, split, tek lamba, iki lamba vb.), alan-yüzey sınıfı, alan genişliği ve alan-yüzey aydınlatma sınıfı olarak seçilebilmektedir. Aydınlatma parametreleri için lambalar arası mesafe, lamba yüksekliği, lambanın yüzeye uzaklığı, IP koruma sınıfı, kirlilik oranı, temizleme süresi, bakım faktörü gibi özellikler duvar içi veya asma sistem aydınlatması seçilebilir. Lamba parametreleri için lambanın yüzeye göre açısı, kullanılan lambanın gücü, ömrü, ışık akısı, balast gücü simülasyona eklenebilmektedir. Sonuç olarak simülasyona her türlü lambayı eklemek mümkündür (Çıbuk and Cengiz, 2020, Yıldırım et al. 2017, Cengiz, 2019, Onaygil, and Güler 2005, Cengiz, 2020, Cengiz et al. 2018, Akalp et al. 2021, Cengiz, and Cengiz 2018, Efe, 2018, Onaygil and Güler, 2007). Verilerin girildiği aydınlatma sistemi için kolay ve doğru bir hesaplama ile simülasyon sonuçları elde edilebilmektedir.

AMFİ derslik ortamında 7750 lümen ışık akısı değerine sahip LED lambalar kullanılmıştır. Lamba açıları 0, zemin yansıtma katsayısı 0.10 ve bakım faktörü 0.93 (daha az kirli, yılda bir kez temizlenen ortamlar için) olarak seçilmiştir. Doğal aydınlatmanın yetersiz olduğu AMFİ derslikler yani kapalı bir alan seçilmiştir. Öğrencilerin bulunduğu 9 m genişliğinde ve 20 m uzunluğundaki alan 90 noktaya bölünmüştür. 9 m * 20 m boyutlarındaki alan 0.80 m * 1.00 m boyutlarında 90 eşit parçaya bölünerek her dikdörtgen alan için aydınlık düzeyi (E) simülasyon ortamında ölçülmüştür.

Tablo 1'de gündüz doğrudan aydınlatma senaryosu için, seçilen alandaki 90 noktanın %75'i olan 68 nokta için Eşdeğer Melanopik Lüks değerinin 125 lux ve üzeri olması şartı kontrol edilmiştir. Direkt aydınlatma için gün içinde yapılan aydınlatmanın 20 ölçüm noktasında 125 lux'ün altında olduğu gözlemlendi. Başka bir deyişle, Eşdeğer Melanopik Lüks değeri açısından oluşturulan 90 noktanın %22'si 125 lüks'ün altında kalmıştır. 125 lüks aydınlık düzeyi altında kalan noktalar duvar yanı olup duvar ile sıra arasındaki yürüme alanını kapsamaktadır. Masa üzerine düşen Aydınlık düzeyi değerlerinin tamamı yani %100'ü 125 lüks değerinin üstündedir. Çünkü 125 lüks değerini karşılamayan ama WELL standartları açısından sakıncası olmayan bu noktalar dahi masa yüzeyine denk gelmemektedir. Bu yönüyle yapılan aydınlatma tasarımının başarısı ortaya çıkmaktadır. AMFİ derslikte yapılan direkt aydınlatma ile 125 lux değeri 70 noktada Eşdeğer Melanopik Lüks değeri %78 oranında sağlanmıştır. Bu durumda gün içerisinde yapılan direkt aydınlatma ile Sirkadiyen Aydınlatma Tasarımı başarılı bir şekilde sonuçlandırılmıştır. Çünkü mevcut halde ışık oranı yetersizken, ışık miktarı artırılarak insan biyolojisinin ihtiyaç duyacağı ışık miktarının bu ortamda sağlandığı anlaşılmaktadır. İnsan Odaklı Aydınlatma konseptine göre WELL standartlarındaki şartlar karşılanmıştır. Sirkadiyen Aydınlatma Tasarımı ile AMFİ dersliklerde eğitim gören öğrencilerin öğrenme ortamlarındaki iyileşme nedeniyle ders başarılarının artacağı derse katılımlarının artacağı öngörülmektedir. İnsan Merkezli Aydınlatma konseptine göre Öğrenme Alanları için 125 lux'ün altına inmek kişilerin dinlenmesini olumlu etkiler yani ışık miktarını azaltmak, insan biyolojisinin ihtiyaç duyacağı sakinleştirici etkiyi artırır. Bu durum öğrencilerin derse olan ilgisini azaltarak başarısızlık etkisi yaratacaktır. Tablo 1'de doğrudan aydınlatma için hesaplanan 90 noktaya ait aydınlık düzeyi değerlerinin Eşdeğer Melanopik Lüks karşılığı gösterilmektedir. 125 lux'ün altındaki İnsan Merkezli Aydınlatma konseptine göre Öğrenme Alanları için (AMFİ derslikler) Melanopik Işık Yoğunluğu değerleri Tablo 1'de koyu renkli olarak çevrelendirilmiştir.

Tablo 1. Doğrudan aydınlatma için hesaplanan 90 noktaya ait aydınlık düzeyi değerlerinin Eşdeğer Melanopik Lüks karşılığı

$E_{min}=84.05 \text{ Lx}$ $E_{max}=187.90 \text{ Lx}$ $E_{ort}=140.05 \text{ Lx}$										
Meter/Meter	0.4	1.2	2	2.8	3.6	4.4	5.2	6	6.8	7.6
0.5	86.64	84.72	84.15	85.37	90.42	90.42	85.38	84.16	84.3	86.67
1.5	135,8	132,5	125,2	125,9	130	130	125,9	125,2	132,5	135,8
2.5	178,1	173,1	150,3	150	155,7	155,7	150	150,3	173,2	178,2
3.5	187,9	186,9	164,6	157,7	161,6	161,7	157,7	164,6	186,9	187,9
4.5	164,8	160,9	157,8	160,9	164,8	164,8	160,9	157,8	160,9	164,8
5.5	161,6	157,7	164,6	186,9	187,9	187,9	186,9	164,6	157,7	161,7
6,5	155,7	150	150,3	173,1	178,1	178,1	173,2	150,3	150,1	155,7
7.5	130	125,9	125,2	132,5	135,8	135,8	132,5	125,2	125,9	130
8.5	90.41	85.37	84.15	84.72	86.66	86.66	84.73	84.16	85.38	90.43

6. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Mimari aydınlatmada okullar, ofisler, hastaneler, hapishaneler ve kapalı alanlarda faaliyet gösteren diğer iş kolları gibi çeşitli uygulama alanlarında sirkadiyen ritmi desteklemek için yapay ışık kullanılmalıdır. Yeni nesil insan merkezli mimari tasarımda aydınlatma sistemleri, sadece görsel ihtiyaçları karşılamakla kalmamalı, aynı zamanda bireylerin biyolojik (örneğin uyku-uyanıklık düzeni) ve psikolojik (örneğin ruh hali, zihinsel yorgunluk, stres) ihtiyaçlarını da desteklemelidir [18]. İnsan merkezli aydınlatma çözümleri ile günün saatine, hava durumuna (bulutlu veya güneşli) ve bireylerin vücut metabolizma durumlarına (uykulu veya stresli) göre optimize edilmiş ışık ayarları sunan aydınlatma sistemleri geliştirilmelidir.

Aşırı aydınlatmaya maruz kalan kişiler geceleri uyku problemleri ile karşı karşıya kalmaktadır. Uyumakta güçlük çekerler. Çünkü gün içinde yüksek ışık altında serotonin hormonu salgısı artarken, melatonin hormonu salgısı durur. Bu etkinin bir sonucu olarak, uyumak zorlaşmaktadır (Figueiro et al. 2008, Lockley, 2009). Çünkü bu insanlar gün boyunca öğlen güneşine maruz kalmış gibi parlak ışık altında faaliyet göstermişlerdir. Fiziksel ortamın zorunlu olarak değiştirilemeyeceği bir ortam olsa bile, insanların gündüz çalışma ortamı, akşam dinlenme ortamı ve gece uyku ortamını İnsan Odaklı Aydınlatma konseptine uyarlamak için farklı aydınlatma türleri kullanılabilir. Bu sayede biyolojik saat olan sirkadiyen ritme uygun ortamlar oluşturulabilir. Bu süreçte mimari değiştirilmediğinden fiziksel çevre kontrolü ekonomik olarak revize edilebilir.

7. SONUÇLAR

Sonuç olarak, fiziksel ve biyolojik insan ihtiyaçları ve sürdürülebilir bir çevre için gün ışığından maksimum düzeyde yararlanmak gerekmektedir. Gün ışığı kullanımının yanı sıra yapay ışığı insan doğasına uyarlamak genel sağlığımızı olumlu yönde etkileyecektir.

Bu çalışmada, mevcut bir öğrenme alanındaki bir okulun AMFİ dersliğinde yapay aydınlatma uygulandığı görülmektedir. Mimarisi değiştirilemeyen bir ortamın yapay aydınlatma ve insan merkezli aydınlatma tasarımı ile iyileştirilebileceği fikrinden yola çıkarak yapılan çalışmada İnsan Merkezli Aydınlatma konseptine göre Öğrenme Alanları için (AMFİ derslikler) Melanopik Işık Yoğunluğu değerleri tüm noktaların %75'inde ve 125 lux Eşdeğer Melanopik Lüks koşulu sağlanmıştır.

Gündüz doğrudan aydınlatma senaryosu için, seçilen alandaki 90 noktanın %75'i olan minimum 68 nokta için 125 lüks ve üzerinde Eşdeğer Melanopik Lüks değerine uygun olarak 70 nokta tespit

edilmiştir. Eşdeğer Melanopik Lüks değeri olan 125 lüks değerinin altındaki değerler veya noktalar duvar yanı olup duvar ile sıra arasındaki yürüme alanını kapsamaktadır. Masa üzerine düşen Aydınlık düzeyi değerlerinin tamamı yani %100'ü 125 lüks değerinin üstündedir. Çünkü 125 lüks değerini karşılamayan ama WELL standartları açısından sakıncası olmayan bu noktalar masa yüzeyine denk gelmemektedir. Bu yönüyle yapılan aydınlatma tasarımı başarılıdır. AMFİ derslikte yapılan direkt aydınlatma ile 125 lux değeri 70 noktada Eşdeğer Melanopik Lüks değeri %78 oranında sağlanmıştır. İnsan Odaklı Aydınlatma konseptine göre WELL standartlarındaki kriterlere uygun bir mimari aydınlatma tasarımı yapılmıştır. Sirkadiyen Aydınlatma Tasarımı ile AMFİ dersliklerde eğitim gören öğrencilerin öğrenme ortamlarındaki iyileşme nedeniyle ders başarılarının ve derse katılımlarının artacağı öngörülmektedir.

Öğrenme alanları olan AMFİ dersliklerde İnsan odaklı aydınlatma konseptine göre yapılan doğrudan aydınlatma için Sirkadiyen Aydınlatma Tasarımı, simülasyon oranında Eşdeğer Melanopik Lüks değerlerindeki görüldüğü üzere başarıyla sonuçlandırılmıştır. 125 lüks altındaki Eşdeğer Melanopik Lüks değerleri öğrencilerin aktivitelerini azaltacağı için rahatlatıcı ve gevşetici etki yapacak ve ders başarı oranlarını düşürecektir.

KAYNAKÇA

Akalp, O., Ozbay, H., Efe S. B. (2021) Design and Analysis of High-Efficient Driver Model for LED Luminaires, *Light and Engineering*. 29(2):96–106.

Aktaş, İ. (2009) Dinamik aydınlatmanın insan sağlığı üzerindeki etkileri. 2012.

Andersen, M., Mardaljevic, J., Lockley, S. W. (2012) A framework for Predicting the Non-visual Effects of Daylight – Part I: Photobiology based Model, *Lighting Research and Technology*, 44:37-53.

Apaydın, S. (2012) Ofislerde aydınlatma tasarımının sürdürülebilirlik açısından mekân tasarımına etkileri. 2012.

Aykal, F. D., Gümüş, B., Ünver, F. R., Özgür, M. (2011) An Approach in Evaluation of Re Functioned Historical Buildings in view of Natural Lighting A Case Study in Diyarbakir Turkey, *Light and Engineering*. 19(2): 64–76.

Bellia, L., Pedace, A., Barbato, G. (2014) Daylighting Offices: A First Step Toward an Analysis of Photobiological Effects for Design Practice Purposes, *Building and Environment* 74 (2014):54-64.

Buttgereit, F., Smolen, J. S., Coogan, A. N., Cajochen, C. (2015) Clocking in: chronobiology in rheumatoid arthritis. *Nature Reviews Rheumatology*, 11(6):349.

CEN EN 12464-1:2011 Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places, 01-Jun-2011.

Boyce, Peter R. (2014) Human factors in lighting Third Edition. 2014. ISBN 9780429104763

Boyce, Peter R. (2021) Light, lighting and human health, *Lighting Research & Technology*. First Published April 28, 2021.

Cengiz, Ç., Cengiz M. S. (2021) Design and Road Luminance Relationship in Tunnel Lighting, IMAEC 1st International Congress of Mathematics, Architecture, Engineering-UBSDER Congresses, Jakarta – Indonesia, February 26-28, 2021. pp. 19-26.

Cengiz, M. S. (2019) Simulation and Design Study for Interior Zone Luminance In Tunnel Lighting. *Light & Engineering*, 27(2):42–51.

Cengiz, M. S. (2020) Effects of Luminaire Angle and Illumination Topology on Illumination Parameters In Road Lighting. *Light & Engineering*, 28(4).

- Cengiz M.S., Cengiz, Ç., Mamiş, M.S. Contribution of Reflector Design formed by Numeric Calculations to Energy Efficiency, International GAP Renewable Energy and Energy Efficiency Congress, 10–12 May 2018, pp. 349–350.
- Cengiz M. S., Cengiz, Ç. (2021) Use of Direct and Semi-Indirect Lighting in Tunnel Lighting for Tourism Purposes, IMAEC 1st International Congress of Mathematics, Architecture, Engineering-UBSDER Congresses, Jakarta – Indonesia, February 26-28, 2021. pp. 11-18.
- Cengiz, M. S. (2019) The Relationship between Maintenance Factor and Lighting Level in Tunnel Lighting. *Light & Engineering*, 27(3):75–88.
- Cengiz, M.S., Cengiz, Ç. (2018) Numerical Analysis of Tunnel LED Lighting Maintenance Factor, *IUM Engineering Journal*. 19(2):154-163.
- Cengiz, M.S. (2019) Effects of Luminaire Angle on Illumination Performance in Tunnel Lighting, *Balkan Journal of Electrical & Computer Engineering*, 7(3):250–256.
- Çıbuk, M., Cengiz, M. S. (2020) Determination of Energy Consumption According To Wireless Network Topologies In Grid-Free Lighting Systems. *Light & Engineering*. 28(2): 67–76.
- Demirci, H. (2008) Bina tasarımında aydınlatma ve renk olgusunun biyoharmoloji ve biyosüreç açısından incelenmesi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyomühendislik, 2008. Elazığ.
- Doğan Yusuf, F. (2017) Hasta odalarında aydınlatma koşullarının araştırılması: İzmir’de örnek inceleme Yüksek lisans tezi. 2017.
- Efe, S.B., Varhan, D. (2020) Interior Lighting of a Historical Building by Using LED Luminaires A Case Study of Fatih Paşa Mosque, *Light and Engineering*. 28(4):77–83.
- Efe, S.B. (2018) UPFC Based Real-Time Optimization of Power Systems for Dynamic Voltage Regulation, *Computer Modeling in Engineering & Sciences*. 116():391-406.
- Enezi, J., Revell V, Brown T, Wynne J, Schlangen L, Lucas R. (2011) A Melanopic Spectral Efficiency Function Predicts the Sensitivity of Melanopsin Photoreceptors to Polychromatic Lights, *Journal of Biological Rhythms*, 26(4): 314-323.
- Figueiro, M. G., Brainard G. C., Lockley, S. W., Revell V. L., White R. (2008) Light and Human Health: An Overview of the Impact of Optical Radiation on Visual, Circadian, Neuroendocrine, and Neurobehavioral Responses. *Illuminating Engineering Society Technical memorandum, IES TM-18-08*.
- Geisler-Moroder, D., Dur, A. (2010) Estimating Melatonin Suppression and Photosynthesis Activity in Real-World Scenes from Computer Generated Images, 5th European Conference in Graphics, Imaging, and Vision and 12th International Symposium on Multispectral Color Science, Joensuu, Finland.
- Giray, E. (2009) Dinamik aydınlatma ve uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Güler, Ö., Onaygil, S. (2003) The Effect of Luminance Uniformity on Visibility Level in Road Lighting, *Lighting Research & Technology*. 35(3):199–215.
- Hernandez-Andres, J., Romero, J., Nieves, J. (2001) Color and Spectral Analysis of Daylight in Southern Europe, *Optical Society of America*, 18(6).
- Inanici, M, Brennan M, and Clark E. (2015) Multispectral Lighting Simulations: Computing Circadian Light, International Building Performance Simulation Association (IBPSA) 2015 Conference, Hyderabad, India, December 7-9, 2015.
- International WELL Building Institute-Circadian Lighting Design Q4-2020, Melanopic Light Intensity for Work Areas 2020 version. <https://standard.wellcertified.com/light/circadian-lighting-design>

- International WELL Building Institute-Circadian Lighting Design, Light, Light Features- Q4-2020 version, 2020. <https://standard.wellcertified.com/light>
- Köknel Yener, A. (2002) Daylight Analysis in Classrooms with Solar Control, *Architectural Science Review*. 45(4):311–316.
- Köknel Yener, A. (2003) Performance Analysis of Window Glazing from Visual Comfort and Energy Conservation Points of View, *Architectural Science Review*. 46(4):395–401.
- Krzysztof, W. (2006) Calculation of Circadian Illuminance Distribution with Radiance, 5th International Scientific Radiance Workshop, Leicester, UK.
- Kurtay, C. (2002) İç Hacimlerde Uygun Gün Işığı için Dış Çevrenin Tasarımı, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 17(3):75–87.
- Lighting Portal - Ayşe Özkiper Tüm Yazılar, (2021) <https://www.aydinlatma.org/en/yazar/ayse-ozkiper>. (Erişim Tarihi: 07.07.2021)
- Lockley, S.W. (2009) Circadian Rhythms: Influence of Light in Humans, *Encyclopaedia of Neuroscience*, 971-988.
- Mardaljevic, J., Andersen M., Roy N., Christoffersen J. (2013) A framework for Predicting the Non-visual Effects of Daylight – Part II: The Simulation Model, *Lighting Research and Technology*, 1-19.
- Memiş, Ö., Ekren, N. (2019) İnsan Odaklı Aydınlatma, *Int. Per. Recent Tech. in App. Eng.*, 1:30-35.
- Onaygil, S., Güler, Ö. (2003) Determination of the Energy Saving by Daylight Responsive Lighting Control Systems with an Example from Istanbul, *Building and Environment*. 38(7):973-977.
- Onaygil, S. (2005) TEDAŞ Genel Müdürlüğü Meslek İçi Eğitim Semineri, TEDAŞ Basımevi, Ankara, 2005. pp. 1–70.
- Onaygil S., Güler, Ö. (2007) TEDAŞ Genel Müdürlüğü Meslek İçi Eğitim Semineri-Gölbaşı Eğitim Tesisleri, Yol aydınlatma Semineri 23–24 Ocak 2007.
- Öztürk, L. (2003) The effect of luminance distribution on interior perception, *Architectural Science Review*. 46(3):233–238.
- Pechacek, C.S., Andersen, M. and Lockley S.W. (2008) Preliminary Method for Prospective Analysis of the Circadian Efficacy of (Day) Light with Applications to Healthcare Architecture, *Leukos, the Journal of the Illuminating Engineering Society*, 5(1):1-26.
- Rea, M., Figueiro, M., Bullough, J., Bierman, A. (2005) A model of phototransduction by the human circadian system. *Brain Research Rev*, 50(2):213-228.
- Rea, M. S., Figueiro, M. G., Bierman, A., Hamner, R. (2012) Modelling the spectral sensitivity of the human circadian system. *Lighting Research & Technology*, 44(4):386-396.
- Schlangen, L., L. E Lang, D., Cajochen, C., Nikunen, H., Tähkämö, L. (2014) *Accelerate SSL Innovation for EUROPE*. 2014.
- Smolders, K. C. H. J. *Daytime light exposure: effects and preferences*. 2013.
- Şahin, D. (2012) *The Assessment of The Physiological and Psychological Effects of Lighting Design on Occupants*, 2013. Doctoral dissertation, İstanbul Technical University, Institute of Science and Technology, 2012.
- The Light Review, Explainer: Melanopic Lux. 15th June 2021/John Bullock/Explainer, Health and Wellbeing, Tech Hub, <https://www.thelightreviewonline.com/explainer-melanopic-lux/>
- TSE - TS EN 12464-1:2013 Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places, 21 February 2013.

Ünver, F. R., Öztürk, L., Akın Adıgüzel , Ş., Çelik, Ö. (2003) Effect of the facade alternatives on the daylight illuminance in offices, *Energy and Buildings*. 35(8):737–746.

Ünver, F. R., Öztürk, L. (2001) An example of facade colour design of mass housing, *Color Research & Application*.27(4): 291–299.

Yıldırım S., Yapıcı I., Atıç S., Eren M., Palta O., Cengiz Ç., Cengiz M.S., Yurci Y. Numerical Analysis of Productivity and Redemption Periods in LED Illumination. *Imeset Book of Abstracts, Int. Conf. Mult. Sci. Eng. Tech.*, 12–14 July 2017. Baku.

ZVEI-Akademie, (2021) <https://zvei-services.de/zvei-akademie/>

Walerczyk, S., Hclpc, C., & Wizards, L. L. (2012) Human centric lighting. *Architectural SSI*, 20-26.