

Karma Aydınlatma Türü ve İç Mekân Rengi İlişkisinin Ekonomi ve Ergonomi Başlığı Altında İncelenmesi

Analysis of Diffused Lighting and Indoor Color under the Economy and Ergonomic Title

Yüksel Oğuz¹, Mustafa Şahin², Fuat Büyüktümtürk³

¹Elektrik Elektronik Mühendisliği
Afyon Kocatepe Üniversitesi
yukseloguz@aku.edu.tr

²Uçak Teknolojisi Bölümü
Erzincan Üniversitesi
mustafasahin@erzincan.edu.tr

³Elektrik Eğitimi Bölümü
Marmara Üniversitesi
fuat@marmara.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, iç mekân aydınlatmasında karma aydınlatma türü için duvar rengi seçiminin aydınlatma ekonomisi ve aydınlatma ergonomisi ile ilişkisinden bahsedilmiştir. Çalışma için örnek iki ortam seçilmiş ve tüm fiziksel ortam koşulları aynı kalmak şartıyla sadece ortamın duvar renkleri değiştirilmiştir. Duvar şampanya rengi, krem rengi, bej rengi olarak boyanmış ve bu renkler için ayrı ayrı ortam içerisinde yerden 90 cm sabit yükseklikte birçok noktada aydınlık düzeyi ölçümleri yapılmıştır. Ölçülen bu değerler bir kâğıt üzerine matris şeklinde kaydedilmiştir. Daha sonra, bu renkler için kaydedilen değerler MATLAB ortamında üç boyutlu olarak modellenip karşılaştırılmıştır. Böylece bir aydınlatma sisteminin tasarımı aşamasında karma aydınlatma türü için seçilen mekân renginin aydınlatma elemanlarının gereksinim duyduğu enerji talebindeki azalmaları da beraberinde getirdiği gözlemlenmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada, iç mekân rengi ve karma aydınlatma türü için aydınlık düzeyi dağılımı ilişkisi, yapılan ölçümlerle sayısal olarak karşılaştırılmış ve renk seçiminin hem ekonomiklik hem de kullanım açısından aydınlatma sistemlerine olumlu katkıda bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Abstract

In this study, the correlation of color choice of diffused lighting types for interior lighting on lighting economy and visual quality is explained. For the study, two sample environments was selected and only the wall color of the environment was changed on condition that all the physical environment conditions would remain the same. The wall was painted in champagne, cream, and beige and for these colors; lighting level measurements were made at many points, in height of 90 cm from the ground, separately in the

environment. These measured values were recorded on a paper in a matrix form. Then, the values recorded for these colors were modeled as three-dimensional in MATLAB medium and then they were compared. In this way, it was observed that the color of place selected for diffused lighting type in designing phase of a lighting system brought along decreases in energy demand required by lighting elements. As a result, interior color and lighting level lighting distribution relation of diffused lighting was compared numerically with the measurements realized in this study and it was concluded that color choice had positive contribution to lighting systems in terms of both economy and usage.

1. Giriş

İş verimliliğinin ve eylem performansının nicel ve nitel olarak artması için görsel konfor ihtiyaçlarının en iyi seviyede olması sağlanmalıdır. Gerekli görsel konfor koşullarının sağlanması için, aydınlatma yoğunluğu, çevredeki yüzeyler, aydınlatma araçları, parlıltı, çevredeki egemen olan renkler gibi görsel çevre öğelerinin iyi irdelenmesi gerekmektedir. Görsel konforu oluşturan temel öğeler şunlardır:

- Renk
- Doku
- Aydınlık düzeyi

Görsel konforu oluşturan bu temel unsurlar kullanıldıkları mekânda kullanıcıları hem fiziksel hem de psikolojik olarak etkiler. Doğru kullanıldıklarında motivasyonu ve verimliliği olumlu etkiledikleri düşünülmektedir [1]. Işığın değişik dalga boylarının gözün retinasına ulaşması ile oluşan algıya renk denir. Bu algılama, ışığın maddeler üzerine çarpması ve kısmen soğurulup kısmen yansımaya nedeniyle çeşitlilik gösterir ki bunlar renk tonu veya renk olarak adlandırılır.

Doğada 3 ana renk vardır. Bunlar kırmızı, sarı ve mavi renktir. Doğadaki diğer renkler bu üç ana rengin farklı karışım ve tonları ile elde edilir. Siyah ve beyaz rengin oluşumu ise daha farklıdır. Tüm dalga boyları birden aynı anda gözümüze ulaşırsa bunu beyaz, hiç ışık ulaşmazsa siyah olarak algılarız. Yani güneş ışınlarını yansıtmadan tamamen emen cisimler, gerçek anlamda bir renk olmayan siyah olarak görülürler. Güneş ışınlarını tamamen yansıtan cisimlerin rengi ise beyazdır [2]. Bu tanımlardan cisimlerin renklerine göre insan gözüne yansıyan ışık miktarının farklı olduğu anlaşılmaktadır. Bu da yansıtma faktörü kavramını ortaya çıkarmaktadır. Yansıtma faktörü, yüzey üzerine düşen ışığın yansıma oranını belirtilmektedir. Işık kaynaklarının renk üzerindeki etkisine ise renksel geriverim endeksi (CRI) denir. Renksel geriverim endeksi, ışık kaynağının objenin renklerini gerçeğe yakın olarak yansıtması olarak tanımlanmaktadır. Işık kaynağının renksel geriverim endeksi Ra ile ifade edilir ve gün ışığı referans alınmaktadır. Ra=100 olan ışık kaynağı, renkleri en iyi şekilde yansıtan kaynaklar olarak bilinmektedir. Bir mekânın gerçek boyutları sabit tutulduğu halde farklı renkler kullanılarak, farklı boyutsal etkiler ortaya çıkarmak mümkündür. Renklerin açıklığı-koyuluğu, optik yanılmalar yaratarak mekânın fiziksel karakterini değiştirme olanağı verebilir. [3-4].

Dünyada tüketilen toplam elektrik enerjisi miktarının % 19'luk kısmı aydınlatma amaçlı kullanıma aittir. [5-6]. Türkiye'de ise tüketilen toplam elektrik enerjisinin yaklaşık %20'si aydınlatma amaçlı kullanılan elamanlara aittir [7-8]. Elektrik enerjisinin üretim ve kullanım maliyeti yüksek olması nedeniyle verimli kullanılması gerekmektedir [9]. Kullanmakta olduğumuz enerji kaynaklarının hızlı ve bilinçsiz bir şekilde tüketilmesi insanoğlunu yeni alternatif enerji kaynakları bulmaya itmiştir. Aynı zamanda mevcut enerji potansiyellerini de en ekonomik bir şekilde kullanmak amacıyla bir takım enerji tasarrufu yöntemleri geliştirmeye sevk etmiştir. Bu amaçla özellikle son zamanlarda gerek Türkiye'de gerekse uluslararası düzeyde alternatif enerji kaynakları ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır [10]. Yapılan bu araştırmaların birçoğu elektrik enerjisinin optimal kullanılmasına yönelik, aydınlatma sistemlerinde enerji tasarrufu ile ilgilidir. Enerji tasarrufu için akıllı aydınlatma sistemleri [11], bürolarda, ofislerde enerji kontrol sistemleri [12], havalandırma ve aydınlatma sistemlerinde enerji tasarrufuna yönelik etkin bina tasarımı [13] ve binalarda enerji kontrolü sağlamak amacıyla akıllı kontrol sistemlerinin kullanımı [14-15] gibi çalışmalar enerji tasarrufuna yönelik yapılan çalışmalara örnek olarak gösterilebilir. Aynı şekilde son zamanlarda aydınlatma sistemleri ve aydınlatma sistemlerinde enerji tasarrufuna yönelik yapılmış birçok yerli [16-17] ve yabancı çalışma da mevcuttur [18].

Bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak farklı renklerdeki iç mekânlarda karma aydınlatma türü kullanmak şartıyla 'karma aydınlatma-iç mekân rengi ilişkisi' irdelenmiştir. Böylece karma aydınlatılan bir iç mekânda kurulum aşamasında bilinçli iç mekân rengi seçimi ile daha ergonomik ve daha ekonomik bir aydınlatma sistemi tasarımı yapılmasının önemi vurgulanmıştır. Karma aydınlatma türünün kullanıldığı iç mekândaki aydınlık düzeyi dağılımının iç mekân rengi ile olan ilişkisi sayısal olarak ispat edilmiştir.

2. Aydınlık Düzeyi Dağılımı Ölçümleri

Bu çalışmada ölçüm yapmak amacıyla ikiye ayrılmış farklı renge boyanmış iki farklı ortam kullanılmıştır. Şekil 1'de ölçüm yapılan iç mekânlarda kullanılan renkler görülmektedir. Renkler şekil üzerinde şampanyadan krem rengine doğru koyudan açığa doğru sıralanmıştır. Çalışmada daha iyi bir kıyaslama yapabilmek amacıyla şampanya rengi her iki mekân içinde ortak renk seçilmiştir. Diğer iki renk ise birbirine çok yakın seçilmiştir. Bu iki rengin birbirine çok yakın seçilmesinin sebebi ise karma aydınlatma türünün iç mekân rengi değişimine olan hassasiyetini ölçmektir. Ayrıca çalışmada duvar rengi ve karma aydınlatma türü arasındaki ilişki incelendiği için ölçümlerin yapıldığı her iki iç mekânın tavan ve zemin renkleri değiştirilmemiştir. Ölçümler gece yapıldığı için dışarıdan herhangi bir ışık girişi söz konusu olmamıştır.



Şekil 1: İç mekânda kullanılan duvar renkleri

Bu amaçla; ilk olarak şekil 2'de görüldüğü gibi eni: 3,10 metre, boyu: 3,80 metre ve yüksekliği: 2,60 metre olan bir iç mekân (salon) ölçüm yapmak üzere belirlenmiştir. Bu iç mekânın duvarları sırasıyla önce şampanya, sonra krem rengi boyanmıştır.



Şekil 2: Sırasıyla şampanya ve krem rengi boyanmış salon.

İkinci olarak ise şekil 3'de görüldüğü gibi eni: 2,80 metre, boyu: 3,90 metre ve yüksekliği: 2,60 metre olan bir iç mekân (çalışma odası) ölçüm yapmak üzere belirlenmiştir. Bu iç mekânın duvarları sırasıyla önce şampanya, sonra bej renk boyanmıştır.



Şekil 3: Sırasıyla şampanya ve bej rengi boyanmış çalışma odası.

Belirlenen iç mekânlarda ölçümler ikişer farklı iç mekân rengi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İlk olarak birinci ortamın duvarları sırasıyla şampanya ve krem rengine boyanmış ve bu iki iç mekân rengi için ayrı ayrı aydınlık düzeyi ölçümleri yapılmıştır. Daha sonra ikinci ortamın duvarları sırasıyla şampanya ve bej rengine boyanmış ve yine bu iki iç mekân rengi için aydınlık düzeyi dağılımları ölçülmüş ve kaydedilmiştir. İç mekân aydınlatmasında kompakt flüoresan ampul tercih edilmiştir. Aydınlatmada kompakt flüoresan ampul kullanılmasının sebebi ise iç mekân aydınlatmasında çok tercih ediliyor olmasıdır. Ölçümlerin yapıldığı iç mekânlar Şekil 4’de görüldüğü gibi 30x35 cm.lik karelere ayrılmıştır. Her bir karenin köşesine numara verilmiştir ve toplam $9 \times 9 = 81$ adet ölçüm noktası elde edilmiştir.



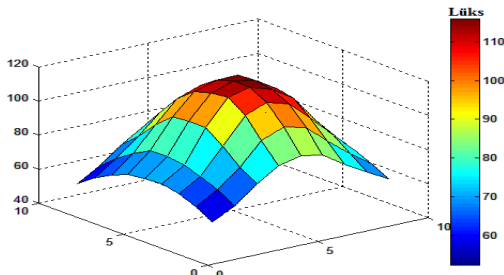
Şekil 4: İç mekânın 30x35 cm.lik karelere ayrılmış hali.

Ölçümler 81 adet noktada, iki farklı mekânda ve ikişer renk için, yerden yüksekliği 90 cm olan çalışma masası yüksekliğinde LUTRON marka kalibrasyon ayarlı olan (kalibrasyon sertifikasına sahip) lüksmetre ile gerçekleştirilmiştir.

Ölçümler ilk olarak karma aydınlatılan şampanya rengi salonda yapılmıştır. Ölçülen bu değerler 9×9 matris şeklinde Tablo 1’te görüldüğü gibi kaydedilmiş ve Şekil 5’de görüldüğü gibi MATLAB ortamında 3 boyutlu olarak modellenmiştir.

Tablo 1. Şampanya renk salonun aydınlık düzeyi dağılımı (lüks)

59,2	65,6	75,8	83,7	86,7	84,3	76,1	68,6	62,0
64,2	71,5	82,2	94,9	100	96,8	86,1	75,9	67,2
68,5	75,6	90,7	106	111	107	96,0	83,2	71,7
70,5	78,9	97,9	113	116	112	104	88,3	74,9
70,0	80,0	98,3	112	116	114	106	90,0	75,6
68,7	79,7	96,9	109	113	113	104	87,4	74,2
64,8	74,6	88,5	101	106	105	94,8	81,7	72,1
59,5	67,8	78,2	89,3	94,5	92,6	85,2	75,9	68,3
52,4	59,4	69,3	77,8	82,3	81,1	77,1	70,2	63,5

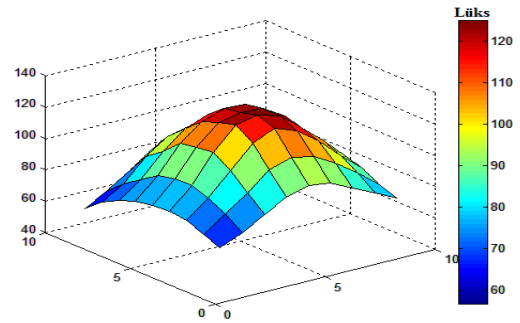


Şekil 5: Şampanya renk salonun 3 boyutlu aydınlık düzeyi dağılımı

Daha sonra iç mekân duvarları krem rengi boyanmış ve aynı ölçümler burada da yapılmıştır. Ölçülen değerler 9×9 matris şeklinde Tablo 2’de görüldüğü gibi kaydedilmiş ve Şekil 6’da görüldüğü gibi MATLAB da 3 boyutlu olarak modellenmiştir.

Tablo 2: Krem rengi salonun aydınlık düzeyi dağılımı (lüks)

68,0	74,1	82,5	89,8	94,0	91,7	85,0	78,4	71,8
72,1	81,7	91,4	103	107	104	96,5	86,6	75,9
76,6	87,3	101	115	121	116	106	93,0	81,4
77,6	90,7	108	122	125	121	110	98,0	84,3
76,8	90,0	107	119	122	121	113	98,5	83,4
75,1	87,8	105	115	120	119	110	95,0	82,6
70,7	80,7	95	106	111	111	101	88,6	78,4
65,4	73,3	87	96,2	100	98,6	91,8	83,0	74,2
56,6	63,8	73	83,5	88	87,8	83,1	76,1	69,8

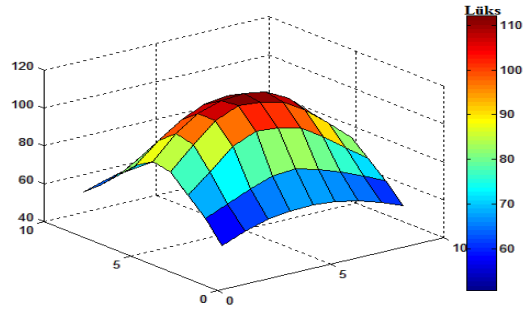


Şekil 6: Krem rengi salonun 3 boyutlu aydınlık düzeyi dağılımı

Salon kısmındaki ölçümler yapıldıktan sonra ölçüm yapmak amacıyla Şekil 3’de görülen çalışma odası kısmına geçilmiştir. Bu ortamda da duvarlarda ilk olarak şampanya renk kullanılmış, bu iç mekân rengi için ortam içerisinde aydınlık düzeyi ölçümleri yapılmıştır. Ölçülen bu değerler 9×9 matris şeklinde Tablo 3’te görüldüğü gibi kaydedilmiş ve Şekil 7’de görüldüğü gibi MATLAB ortamında 3 boyutlu olarak modellenmiştir.

Tablo 3: Şampanya renk çalışma odasının aydınlık düzeyi dağılımı (lüks)

57,6	62,1	65,6	67,4	67,8	66,6	64,3	60,6	56,3
68,1	73	78,3	82,2	83,1	79,8	75,9	71,1	65,4
76,9	86,1	96,8	102	101	98,1	90,8	81,9	73,9
85,2	96,8	107	112	111	108	101	91,4	81,3
87,3	99,2	107	111	112	110	104	93,2	82,4
81,4	91,9	100	105	107	105	97,7	87,1	76,6
72,8	79,6	85,5	90,9	91,7	87,6	81	74,2	67,3
64,1	68,5	71,8	74,2	74,6	71,8	67,9	63,2	57,5
56,6	59,9	62,4	63,5	63,4	60,8	56,2	54,3	50,8

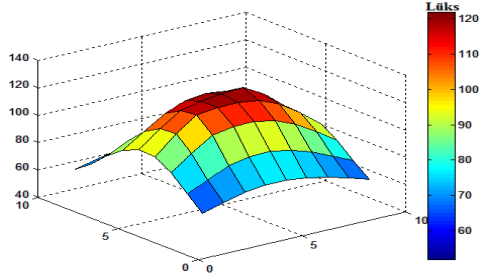


Şekil 7: Şampanya renk çalışma odasının 3 boyutlu aydınlık düzeyi dağılımı

Son olarak çalışma odasının duvarları bej renk boyanmış, sonra tüm fiziksel şartlar sabit kalmak şartıyla aynı ölçümler bej renk çalışma odası için yapılmış ve 9x9 matris şeklinde tablo 4’de görüldüğü gibi kaydedilmiştir. Aynı şekilde burada da ölçülen lüks değerleri Şekil 8’de görüldüğü gibi MATLAB ortamında 3 boyutlu olarak modellenmiştir.

Tablo 4: Şampanya Bej çalışma odasının aydınlık düzeyi dağılımı (lüks)

66,2	70,6	74,5	76,0	76,4	74,6	71,6	67,5	62,6
75,5	82,2	89,4	92,3	93,1	89,7	85,5	78,6	72,2
86,3	97,5	107	110	110	107	101	92,1	82,3
93,8	107	117	119	119	117	111	101	89,0
94,4	106	116	119	121	122	114	102	90,4
88,9	99,5	109	115	117	115	104	93,3	84,4
80,7	88,1	92,2	97,3	99,2	96,2	89,0	81,4	74,0
70,1	75,1	76,9	79,7	80,3	78,0	73,7	68,3	62,8
61,4	64,8	67,2	68,1	68,1	65,6	60,9	55,8	51,9



Şekil 8: Bej renk çalışma odasının 3 boyutlu aydınlık düzeyi dağılımı

3. Tartışma

Aydınlatma sistemlerinin tasarımları aşamasında hedeflenen aydınlık düzeyi, ortamın kullanım ihtiyaçları göz önüne alınarak iyi tespit edilmelidir. Uygun bir aydınlatmanın faydalarından önce akla ilk gelen “doğru bir aydınlatma nasıl olmalıdır?” sorusudur. Bu bağlamda çalışmada seçilen farklı iç mekân renklerinin karma aydınlatma türü ile ilişkisi incelenmiştir. Bu doğrultuda farklı iki adet iç mekânda tüm koşullar aynı kalmak şartıyla duvar renkleri değiştirilmiştir. Her bir duvar rengi için ayrı ayrı aydınlık şiddeti ölçümleri yapılmıştır. Tablo 1 ve Tablo 2’de salon duvarlarının sırasıyla şampanya ve krem renklerine boyanmışken ölçülen aydınlık düzeyi dağılımları görülmektedir. Tablo 3 ve Tablo 4’de ise çalışma odası duvarlarının sırasıyla şampanya ve bej renklerine boyanmışken ölçülen aydınlık düzeyi dağılımları görülmektedir. Tablolarda da görüldüğü gibi iç mekân rengi değiştiğinde aydınlık düzeyi dağılımı da değişmiştir.

Görüldüğü üzere birinci iç mekânda yapılan ölçümler neticesinde karma aydınlatma için şampanya rengi iç mekândaki lüks dağılımı Şekil 5’deki gibi ölçülmüş ve aynı ortamda duvarlar krem rengine çevrildiğinde mekândaki lüks dağılımı Şekil 6’daki gibi ölçülmüştür ve bu iki duvar rengi türü için aydınlık düzeyi dağılımları birbirinden farklı çıkmıştır. Bu fark aydınlık düzeyi değerleri 9x9 matris şeklinde tablo 5’de görülmektedir.

Tablo 5: Karma aydınlatılan krem rengi ve şampanya rengi iç mekândaki aydınlık düzeyi dağılımları farkı (lüks)

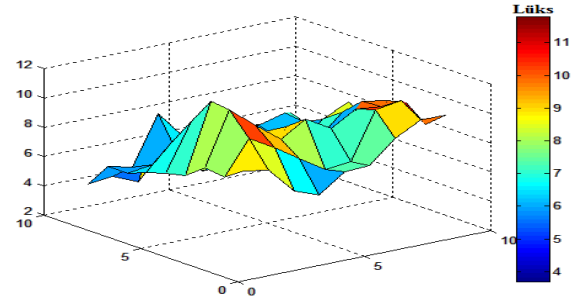
8,8	8,5	6,7	6,1	7,3	7,4	8,9	9,8	9,8
7,9	10,2	9,2	8,1	7	7,2	10,4	10,7	8,7
8,1	11,7	10,3	9	10	9	10	9,8	9,7
7,1	11,8	10,1	9	9	9	6	9,7	9,4
6,8	10	8,7	7	6	7	7	8,5	7,8
6,4	8,1	8,1	6	7	6	6	7,6	8,4
5,9	6,1	6,5	5	5	6	6,2	6,9	6,3
5,9	5,5	8,8	6,9	5,5	6	6,6	7,1	5,9
4,2	4,4	3,7	5,7	5,7	6,7	6	5,9	6,3

İkinci iç mekânda (çalışma odası) yapılan ölçümler neticesinde ise şampanya rengi için mekândaki lüks dağılımı Şekil 7’deki gibi ölçülmüş ve aynı ortamda duvarlar bej rengine çevrildiğinde mekândaki lüks dağılımı Şekil 8’deki gibi ölçülmüştür ve bu iki aydınlatma türü için aydınlık düzeyi dağılımları da birbirinden farklı çıkmıştır. Bu fark aydınlık düzeyi değerleri 9x9 matris şeklinde tablo 6’da görülmektedir.

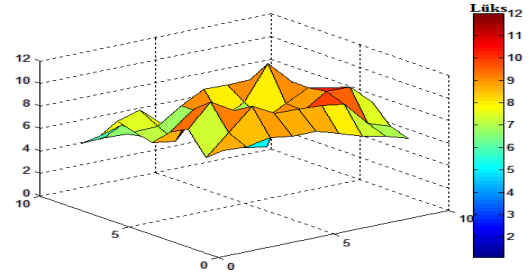
Tablo 6: Karma aydınlatılan bej rengi ve şampanya rengi iç mekândaki aydınlık düzeyi dağılımları farkı (lüks)

8,6	8,5	8,9	8,6	8,6	8,8	7,3	6,9	6,3
7,4	9,2	11,1	10,1	10	9,9	9,6	7,5	6,8
9,4	11,4	10,2	8	9	8,9	10,2	10,2	8,4
8,6	10,2	10	7	8	9	10	9,6	7,7
7,1	6,8	9	8	9	12	10	8,8	8
7,5	7,6	9	10	10	10	6,3	6,2	7,8
7,9	8,5	6,7	6,4	7,5	8,6	8	7,2	6,7
6	6,6	5,1	5,5	5,7	6,2	5,8	5,1	5,3
4,8	4,9	4,8	4,6	4,7	4,8	4,7	1,5	1,1

Bu fark lüks değerleri yine Matlab ortamında 2 ve 3 boyutlu olarak modellenip ortam içerisindeki dağılımının iki ve üç boyutlu grafikleri aşağıda Şekil 9 ve Şekil 10’da verilmiştir.



Şekil 9: Karma aydınlatılan krem rengi ve şampanya rengi salondaki aydınlık düzeyi dağılımı farkı (lüks)



Şekil 10: Karma aydınlatılan bej ve şampanya rengi çalışma odasındaki aydınlık düzeyi dağılımı farkı (lüks)

Karma aydınlatılan şampanya rengi salonda ortalama aydınlık düzeyi $E_{ort}=85,26$ lüks, aynı iç mekânda krem rengi duvar rengi kullanıldığında ortalama aydınlık düzeyi ise $E_{ort}=92,85$ lüks olarak ölçülmüştür.

Karma aydınlatılan şampanya rengi çalışma odasında ise ortalama aydınlık düzeyi $E_{ort} = 81,18$ lüks, aynı iç mekânda duvarlar bej renge çevrildiğinde ise ortalama aydınlık düzeyi ise $E_{ort} = 88,92$ lüks olarak ölçülmüştür.

Yukarıdaki sayısal değerlerde de görüldüğü gibi iç mekân duvarları bej renkten şampanyaya çevrildiğindeki aydınlık düzeyi dağılımı ile krem renginden şampanyada çevrildiğindeki aydınlık düzeyi dağılımı birbirinden farklı çıkmıştır. Her iki iç mekânda da zemin ve tavan renklerinin aynı olmasına rağmen ve ikinci ölçme grubu için kullanılan iç mekân renklerinin ton olarak birbirine çok yakın olmasına rağmen, karma aydınlatma türünün iç mekân duvar rengi değişimine tepkisinin belirgin olduğu gözlemlenmiştir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, aydınlatma sistemleri tasarımı aşamasında karma aydınlatma türü ile iç mekân renginin ilişkisinden ve aydınlık düzeyi dağılımlarına mekân renginin katkısından bahsedilmiştir. Yani karma aydınlatılan aydınlatma sistemlerinin tasarımları aşamasında, mekân renginin önemine vurgu yapılmıştır. Bu doğrultuda karma aydınlatılan, duvar renkleri farklı iki adet iç mekânda belirli noktalarda aydınlık düzeyi ölçmeleri yapılmıştır. Ölçülen bu aydınlık düzeyi dağılımı değerleri Şekil 5, Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8’de görüldüğü gibi MATLAB ortamında üç boyutlu olarak modellenmiştir. Bu oluşturulan grafikler karşılaştırılmış ve farkları alınmıştır. İç mekânların zemin ve tavan renklerinin aynı olmasına rağmen, ikinci ölçme grubu için kullanılan iç mekân renklerinin ton olarak birbirine çok yakın renkler olmalarına rağmen, karma aydınlatma türünün renk değişimine tepkisinin belirgin olduğu gözlemlenmiştir.

Ayrıca çalışmada, iç mekân aydınlatmasında mekân renginin önemine ve bu ortamlardaki aydınlık düzeyi dağılımlarına mekân renginin katkısına değinilmiştir. Yapılan sayısal ölçümlerde de görüldüğü gibi aynı aydınlatma elemanı ve aynı aydınlatma türü kullanılarak sadece mekân rengini değiştirmek suretiyle ortam içersindeki aydınlık düzeyini değiştirmek mümkün olduğu Şekil 9 ve Şekil 10’da görüldüğü gibi sayısal ve görsel olarak ispat edilmiştir. Sonuç olarak karma aydınlatma türü kullanılan bir iç mekânda aydınlık şiddeti dağılımında ve dolayısıyla bina enerji tüketiminde mekân renginin etkili olduğu sayısal olarak kanıtlanmıştır.

Kaynaklar

- [1] Çubuk, G., “İlköğretim Binalarının Renk Açısından Değerlendirilmesi”, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, *Yüksek Lisans Tezi*, Adana, 2006.
- [2] Demirarslan, S., “Renk ve dokunun algılamadaki rolü ve mimariye etkisi”, *Boya Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, İstanbul, 2004.
- [3] Yamaner, F., “Farklı Fonksiyonlarda Renk Kullanımına İlişkin Yaklaşımların Değerlendirilmesi”, Fen Bilimleri Enstitüsü, *Mimarlık*, Konya, 2001.
- [4] Demirci, H., “Bina Tasarımında Aydınlatma ve Renk Olgusunun Biyoharmoloji ve Biyosüreç Açısından İncelenmesi”, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü *Biyomühendislik*, Elazığ, 2008.
- [5] IEA, ‘Policies for Energy-Efficiency lighting’, *Energy Efficiency Policy Profiles*, International Energy Agency, 2014.
- [6] IEA, ‘Experience With Energy Efficiency Regulations For Electrical Equipment’, *In support of the G8 Plan of Action*, International Energy Agency, France, 2007.
- [7] Report, ‘Transition To Efficient Public Lighting’, *Ministry of Energy and Natural Resources*, Turkey, Ankara, 2009,
- [8] Koninklijke Philips Electronics N.V., ‘The LED Lighting Revolution’, *A Summary Of The Global Savings Potential*, 2012.
- [9] Akella, A.K., Saini, R.P., Sharma, M.P., “Social, economical and environmental impacts of renewable energy systems”, *Proceedings of Renewable Energy*, vol. 34, pp. 390-396, 2009,
- [10] Shafiullah, G.M., Amanullah M. T. , Jarvis D., Shawkat A, Wolfs P., “Prospects of solar energy in Australia”, *6th International Conference on Electrical and Computer Engineering*, 2010, pp. 350-353.
- [11] Matta, S., Mahmud, S.M., “An intelligent light control system for power saving”, *36th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society*, 2010, pp. 3316 – 332.
- [12] Galasiu, A.D., Newsham, G.R., Suvagau, C., Sander, D.M., “Energy saving lighting control systems for open-plan offices: a field study”, *Leukos*, vol. 4, pp. 7-29, Canada, 2007.
- [13] Dubin, F.S., 1990, “Energy-efficient building design. Innovative HVAC, lighting, energy-management control, and fenestration”, *Elsevier*, vol.36, pp. 11-20.
- [14] Jafrancesco, D., Mercatelli, L., Fontani, D., Francini, F., Sansoni, P., “ Indoor illumination by solar light collectors”, *Chartered Institution of Building Services Engineers, Lighting Research & Technology*, Vol. 40, pp. 323–332, 2008.
- [15] Dounis, A.I., Tiropas, P., Argiriou, A., Diamantis, A., “Intelligent control system for reconciliation of the energy savings with comfort in buildings using soft computing techniques”, *Energy and Buildings*, vol. 43, pp. 66–74, 2011.
- [16] Gençoğlu M.T., “İç Aydınlatmada Enerji Tasarrufu”, *III. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi*, Ankara, 2005.
- [17] Özbudak B.Y., Gümüş B., Çetin F.D., “İç Mekan Aydınlatmasında Renk ve Aydınlatma Sistemi İlişkisi”, *II. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi Bildirileri*, Diyarbakır, 2003.
- [18] Singh, M.C., Garg, S.N., “ Illuminance estimation and daylighting energy savings for Indian regions”, *Renewable Energy*, Vol. 35 pp. 703-711, 2010.