

Karma ve Yarı Endirekt Aydınlatma Türlerinin Teknik ve Ekonomik Yönden Karşılaştırılması

Mustafa ŞAHİN^{1,*}, Fuat BÜYÜKTÜMTÜRK², Yüksel OĞUZ³

¹Erzincan Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Uçak Teknolojisi Bölümü, Erzincan

²Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fak. Elk. Eğt. Bölümü, Göztepe kampüsü İstanbul

³Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Fak. Elk & Elek. Müh. Bölümü, ANS kampüsü Afyonkarahisar

Özet

Bu çalışmada, iç mekan aydınlatmasında yarı endirekt ve karma aydınlatma türlerinin seçiminin aydınlatma ekonomisine ve aydınlatma ergonomisine katkısından bahsedilmiştir. Çalışma için örnek iki farklı ortam seçilmiş ve tüm fiziksel ortam koşulları aynı kalmak şartıyla sadece aydınlatma türleri değiştirilmiştir. Ortamlarda yarı endirekt ve karma aydınlatma türleri kullanılmış ve bu iki aydınlatma türü için ayrı ortam içerisinde yerden 90 cm sabit yükseklikte birçok noktada aydınlık düzeyi ölçümleri yapılmıştır. Ölçülen bu değerler bir kağıt üzerine matris şeklinde kaydedilmiştir. Daha sonra, bu iki aydınlatma çeşidi için kaydedilen bu değerler MATLAB ortamında üç boyutlu olarak modellenip karşılaştırılmıştır. Böylece bir aydınlatma sisteminin tasarımı aşamasında seçilen aydınlatma türünün aydınlatma elemanlarının gereksinim duyduğu enerji talebindeki azalmaları da beraberinde getirdiği gözlemlenmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada, iç mekan aydınlatma türü ve aydınlık düzeyi dağılımı ilişkisi, yapılan ölçümlerle sayısal olarak karşılaştırılmış ve aydınlatma türü seçiminin hem ekonomiklik hem de kullanım açısından aydınlatma sistemlerine olumlu katkıda bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: İç mekan aydınlatması, aydınlatma türleri, karma aydınlatma, yarı endirekt aydınlatma, aydınlatma ekonomisi, ergonomi.

Effect of Lighting Economy and Visuality to Lighting Types Selection in Indoor Lighting.

Abstract

In this study, the effect of diffused and semi indirect Lighting Types Selection for interior lighting on lighting economy and visual quality is explained. For the study, two sample environments were selected and only the Lighting Types was changed on

* Mustafa ŞAHİN, mustafa.sahin@erzincan.edu.tr, Tel: (446) 226 66 00.

condition that all the physical environment conditions would remain the same. Lighting Types was changed in indoors diffused and semi indirect Lighting Types and for these two Lighting Types; 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 two Lighting Types were modeled as three-dimensional in MATLAB medium and then they were compared. In this way, it was observed that the Lighting Types of place selected in designing phase of a lighting system brought along decreases in energy demand required by lighting elements. Consequently, Lighting Types and lighting level distribution relation was compared numerically with the measurements realized in this study and it was concluded that Lighting Types choice had positive contribution to lighting systems in terms of both economy and usage.

Keywords: *Indoor lighting, lighting types, diffused lighting, semi indirect lighting, lighting economy, ergonomics.*

1. Giriş

Aydınlatma için harcanan enerji, bina enerji tüketimini büyük ölçüde etkiler. Ülkemizde tüketilen toplam elektrik enerjisinin % 45'i binalar tarafından tüketilmekte ve %45'lik toplam tüketimin % 25'lik kısmı da konutlar tarafından tüketilmektedir. Binalar ölçeğinde, elektrik enerjisi tüketiminde % 56 pay ile en ağırlıklı sektördür [1]. Elektrik enerjisinin üretim ve kullanım maliyeti yüksek olması nedeniyle verimli kullanılması gerekmektedir [2]. 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 [3-5]. Yapılan bu araştırmaların birçoğu elektrik enerjisinin optimal kullanılmasına yönelik, aydınlatma sistemlerinde enerji tasarrufu ile ilgilidir. Enerji tasarrufu için akıllı aydınlatma sistemleri [6], bürolarda, ofislerde enerji kontrol sistemleri [7], havalandırma ve aydınlatma sistemlerinde enerji tasarrufuna yönelik etkin bina tasarımı [8] ve binalarda enerji kontrolü sağlamak amacıyla akıllı kontrol sistemlerinin kullanımı [9-10] 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 [11-12] ve yabancı çalışma da mevcuttur [13-15].

Bu çalışmada farklı olarak aynı iç mekanlar kullanmak şartıyla sadece iç mekanda kullanılan aydınlatma türü değiştirilip aydınlık düzeyi dağılımı irdelenmiştir. Böylece bir iç mekanda kurulum aşamasında bilinçli aydınlatma türü seçimi ile daha ergonomik ve daha ekonomik bir aydınlatma sistemi tasarımı yapılmasının önemi vurgulanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Aydınlatma sistemleri

Günümüzde binaların iç hacimlerinde yaşayan insanların en önemli ihtiyaçları arasında aydınlatma önemli bir unsurdur. Aydınlatma, en basit tanımıyla, bir işlevin

görülebilmesi için gerekli aydınlık düzeyinin sağlanmasıdır. Aydınlatma, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından “çevrenin ve nesnelere gereği gibi görülmesini sağlamak amacıyla ışık uygulamak” şeklinde tanımlanmıştır [16]. Söz konusu nesne ve çevre her aydınlatma uygulamasında amaca göre farklılıklar gösterir. Bu farklılıklar Aydınlatma Tekniği kavramının çıkmasına sebep olur. Aydınlatma tekniği, bir yandan görsel algılamanın en iyi koşullarda gerçekleşmesini sağlarken, öte yandan, bunun, ilk yapım giderleri ve kullanma harcamaları bakımından en ekonomik çözümlerle elde edilmesini, insan doğasına uygunluğunu ve sonucunda estetik değerler ve mimariye uyumu bakımından da doyurucu olmasını sağlamak zorundadır [17]. Görüldüğü üzere aydınlatma tekniği, estetik, psikoloji ve ekonomik kazanımlar peşinde olan bir kavramdır. Günümüzde aydınlatma; öncelikle kişilerin fizyolojik görme ihtiyacına cevap vermeyi amaç edinmenin yanı sıra, görme konforunu, iş verimliliğini ve mimaride hacim ve yüzeylerin mimari özelliklerini ön plana çıkarmayı amaç edinen bir konu haline gelmiştir [18]. Uygulamada aydınlatmanın nicelik ve nitelik olarak iki önemli boyutu vardır.

Aydınlığın niceliği sayısal değer olarak gerekli aydınlık düzeyinin saptanmasıdır. Bu saptamada yapılan işin özelliği, çalışma süresi, işin hızı, çevre koşulları ve çalışan kişilerin yaşı gibi etkenler önem taşır. Aydınlatmada önemli olan kullanılan hacimlerde yapılan işin amaçlarına uygun bir aydınlatmayı sağlayacak düzeni oluşturmaktır. Burada ışığın rengi, doğrultusu, elde edilen aydınlıkta oluşan gölgelerin yumuşaklığı ve sertliği gibi özellikler rol oynar. Renkli bir nesnenin doğru algılanmasında ise ışık kaynağının renk özelliği büyük önem taşır [19]. Bugün gerek kişilerin özel isteklerine cevap vermek ve gerekse normal ve olağan üstü koşullar karşısında bulunan toplumların çeşitli sorunlarını çözmek amacıyla iyi bir aydınlatma zorunluluk haline gelmiştir [20]. Aksi halde, uygun olmayan aydınlatmada göz yorgunluğu ortaya çıkar ve çalışma alanlarında ciddi yaralanmalara sebep olur. Bir iş ortamında yapılan çalışmada, her üç kişiden ikisinde iş yerindeki fiziksel yorgunluğun zayıf aydınlatmadan dolayı oluştuğu belirlenmiştir [21].

Uygun bir aydınlatmanın faydalarından önce akla ilk gelen “doğru bir aydınlatma nasıl olmalıdır?” sorusudur. Dış görünüşlerine özen gösterilmiş bir takım ışıklı nesnelere sağa sola yerleştirip iç mekanları süslemeye, ya da herhangi bir yere bir lamba asıp, karanlığı yok etmeye çalışmanın, “aydınlatma” kavramı ile hemen hemen hiçbir ilgisi yoktur [22].

İnsanın duyuusal ve algısal verileri kapsamında, aydınlatma ile görsel algılama önemli bir yer tutmaktadır. Bütün algılamaların % 80 ile %90’ı görme ile gerçekleşmektedir. Görme duyumlarını ise, renk ve ışık uyarınları meydana getirmektedir. Bu nedenle çalışanların optimal aydınlatma koşullarında çalışması onların göz sağlığı ve görme yeteneğini koruması açısından önemlidir ve buna bağlı olarak mekanda kullanım amacına uygun bir aydınlatma yapılması gerekmektedir [23].

2.2. İç mekan aydınlatma türleri

Dâhili aydınlatma (iç aydınlatma) ışığın yüzeye ne şekilde geldiğine yani aydınlık düzeyi dağılımına göre kendi içinde 5 gruba ayrılmaktadır [24-25].

a-) Direkt (dolaysız) aydınlatma

Aydınlatma araçlarından çıkan ışığın %90’ı ile %100’ü oranında, doğrudan aydınlatılacak düzleme yollayan aydınlatma şeklidir. Direkt aydınlatmalarda keskin

sınırlar ve sert gölgeler elde edilmektedir. Direkt aydınlatmalara en önemli örnek olarak spotlar verilebilir. Özellikle hacimli sanat eserlerinin aydınlatılmasında bu aydınlatma şekli uygulanmalıdır. Örneğin; heykel sergilerinde hacim ve gölgeler, bu aydınlatmayla belirgin olacaktır. Ancak spot uygulamaları resim ve posterlerde kullanılmamalıdır.

b-) Yarı direkt (yarı dolaysız) aydınlatma

Işığın %60'ı ile %90'ı arasında kalan kısmını, doğrudan aydınlatılacak düzleme yollayan aydınlatma türüdür. Bu aydınlatma şekline tavan aydınlatmaları örnek verilebilir.

c-) Karma aydınlatma

Işığın %40'ı ile %60'ı arasında kalan kısmının aydınlatılacak düzleme yollayan aydınlatma şeklidir. Karma aydınlatmalara tavan ve duvar yansıtıcıları örnek olarak verilebilir [26].

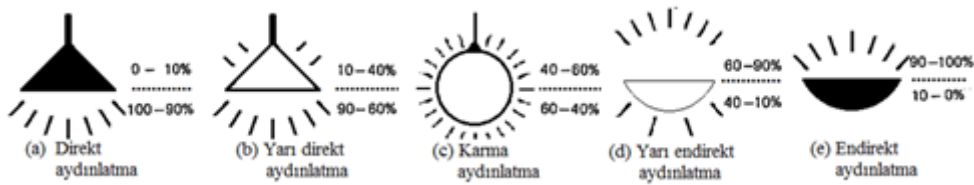
d-) Yarı endirekt aydınlatma (yarı dolaylı)

Işığın %10'u ile %40'ı arasında kalan kısmını aşağı doğru, kalanını yukarı doğru gönderen armatürlerle yapılan aydınlatma türüdür. Burada amaç kullanıcılar için loş ve huzur verici bir ortamın sağlanmasıdır.

e-) Endirekt aydınlatma (dolaylı)

Dolaylı ışık veren armatürlerle ışığın % 0'ı ile %10'u arasını aşağı doğru, kalanını duvarların üst taraflarına ve tavana doğru gönderilmesiyle yapılan aydınlatma biçimidir. Dolaylı aydınlatma yansıtma faktörü yüksek mekanlarda tercih edilir. Tavan ve duvar renkleri önemli bir etkiye sahiptir [27].

Aşağıdaki Şekil 1 (a), (b), (c), (d), ve (e)'de sırasıyla Direkt Aydınlatma, Yarı Direkt Aydınlatma, Karma Aydınlatma, Yarı Endirekt Aydınlatma ve Endirekt Aydınlatma örnekleri sırasıyla verilmiştir.



Şekil 1. Dâhili (iç) Aydınlatma türleri

2.3. Karma ve yarı endirekt aydınlatma türleri için aydınlık düzeyi dağılımı ölçümleri

Aydınlatma sistemlerinde gözün görme yeteneği ve görsel konfordan taviz vermeden gerekli minimum düzeyde aydınlık şiddetinin sağlanması ön koşuldur. Bu sayede insanın göz, ruh, fizik, estetik ve motivasyon birlikteliği sağlanarak verimli bir çalışma ortamı oluşturulmuş olacaktır. Bu bilgiler doğrultusunda çalışmamızda ölçüm yapmak amacıyla iki farklı ortam belirlenmiştir. Bu iki farklı ortamlar sırayla karma ve yarı endirekt aydınlatma türlerinin ikisi ile aydınlatılmıştır. Bu amaçla; ilk olarak Şekil 2'de görüldüğü gibi duvar rengi krem, eni: 3.10 metre, boyu: 3.80 metre ve yüksekliği: 2.60 metre olan bir iç mekan ölçüm yapmak üzere belirlenmiştir. İkinci olarak ise, Şekil

3'de görüldüğü gibi duvarları şampanya rengi, eni: 2.80 metre, boyu: 3.90 metre ve yüksekliği: 2.60 metre olan bir iç mekan ölçüm yapmak üzere belirlenmiştir.



Şekil 2. Ölçümlerin yapıldığı krem rengi iç mekanın genel görünümü



Şekil 3. Ölçümlerin yapıldığı şampanya rengi iç mekanın genel görünümü

Belirlenen iç mekanlarda ölçümler iki farklı aydınlatma türü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İç mekan aydınlatma türleri Şekil 4 (a)'da görüldüğü gibi birinci durum için karma aydınlatma, Şekil 4 (b)'de görüldüğü gibi ikinci durum için yarı endirekt aydınlatma olarak belirlenmiştir. İlk olarak birinci ortam sırasıyla karma ve yarı endirekt aydınlatma türleriyle aydınlatılmış ve bu iki aydınlatma türü için ayrı aydınlık düzeyi ölçümleri yapılmıştır. Daha sonra ikinci ortam karma ve yarı endirekt aydınlatma türleriyle aydınlatılmış ve yine bu iki aydınlatma türü için aydınlık düzeyi dağılımları ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Mekan içerisinde yarı direkt ve yarı endirekt aydınlatma türlerinin kullanılmasının nedeni ise bu iki aydınlatma türünü sayısal olarak mukayese edebilmektir. İç mekan aydınlatmasında her iki aydınlatma türü için de kompakt flüoresan ampul kullanılmıştır. Aydınlatmada kompakt flüoresan ampul kullanılmasının sebebi ise iç mekan aydınlatmasında çok tercih ediliyor olmasıdır.



(a)

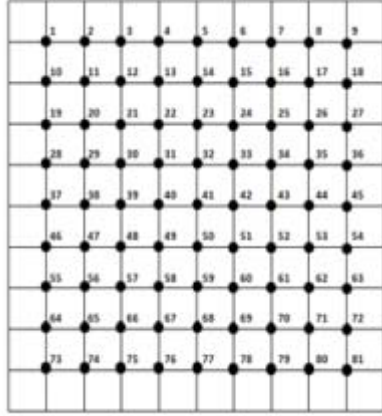


(b)

Şekil 4. İç mekanda kullanılan karma (a) ve yarı endirekt aydınlatma (b) türleri

Deneyin yapıldığı iç mekanlar aşağıda Şekil 5 (a)'da görüldüğü gibi önce kağıt üzerinde ve sonrasında Şekil 5 (b)'de görüldüğü fiziksel olarak karelere ayrılmıştır. Her bir

karenin köşesine numara verilmiştir ve toplam $9 \times 9 = 81$ adet ölçüm noktası elde edilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5. İç mekanın kâğıt üzerinde (a) ve fiziksel olarak (b) 30x35 cm.lik karelere ayrılmış hali

Ölçümler 81 adet noktada, iki farklı mekanda ve ikişer aydınlatma türü için, yerden yüksekliği 90 cm olan çalışma masası yüksekliğinde LUTRON marka kalibrasyon ayarı olan (kalibrasyon sertifikasına sahip) lüksmetre kullanılmıştır. Ölçümler ilk olarak krem rengi iç mekanda yarı direkt aydınlatma türü için yapılmış ve 9x9 matris şeklinde Tablo 1’te görüldüğü gibi kaydedilmiştir.

Tablo 1. Karma aydınlatılan krem rengi iç mekanda aydınlık düzeyi dağılımı (lüks)

← Oda boyu →								
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

↑ Oda eni ↓

Daha sonra aynı iç mekanda yani krem rengi ortamda aydınlatma türü karma aydınlatmadan yarı endirekt aydınlatmaya çevrildikten sonra tüm fiziksel şartlar sabit kalmak şartıyla aynı ölçümler yarı endirekt aydınlatma için yapılmış ve 9x9 matris şeklinde Tablo 2’de görüldüğü gibi kaydedilmiştir.

Krem rengi ortamda karma ve yarı endirekt aydınlatma türleri için ayrı ayrı ölçümler yapıldıktan sonra ölçüm yapmak amacıyla Şekil 3’de görülen şampanya rengi iç mekana geçilmiştir. Bu ortamda da ilk olarak karma aydınlatma türü kullanılmış, bu aydınlatma türü için iç mekan içerisinde aydınlık düzeyi ölçümleri yapılmış ve Tablo 3’de görüldüğü gibi kaydedilmiştir.

Tablo 2. Yarı Endirekt aydınlatılan krem rengi iç mekanda aydınlık düzeyi dağılımı (lüks)

← Oda boyu →								
51,4	57,1	62	66,9	69,1	67,5	64,1	59,7	54,3
55,4	61,6	68,1	74,3	77,2	75,6	70,3	64,5	59
58,6	65,8	74,3	82,7	87,9	84,4	76,9	69,5	61,9
60,7	68,6	79,7	89,3	94,4	92,3	82,8	72,9	64,5
60,8	70	81,2	92,4	99,6	95,6	86,1	75,6	66,8
59,2	68	78,4	88	94,4	91,8	84,2	73,6	65,5
56,3	64,3	73,1	81,3	86,4	84,2	77,9	69,9	62,8
54,5	61,5	68,8	75,9	79,1	78,8	73,2	67,1	60,2
48,2	54	62	68	70,8	70,6	66,9	61,9	56,5

↑ Oda eni ↓

Tablo 3. Karma aydınlatılan şampanya renk iç mekanda aydınlık düzeyi dağılımı (lüks)

← Oda boyu →								
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

↑ Oda eni ↓

Son olarak şampanya renk iç mekanda aydınlatma türü karma aydınlatmadan yarı endirekt aydınlatmaya çevrildikten sonra tüm fiziksel şartlar sabit kalmak şartıyla aynı ölçümler yarı endirekt aydınlatma için yapılmış ve 9x9 matris şeklinde Tablo 4’de görüldüğü gibi kaydedilmiştir.

Tablo 4. Yarı Endirekt aydınlatılan şampanya rengi iç mekanda aydınlık düzeyi dağılımı (lüks)

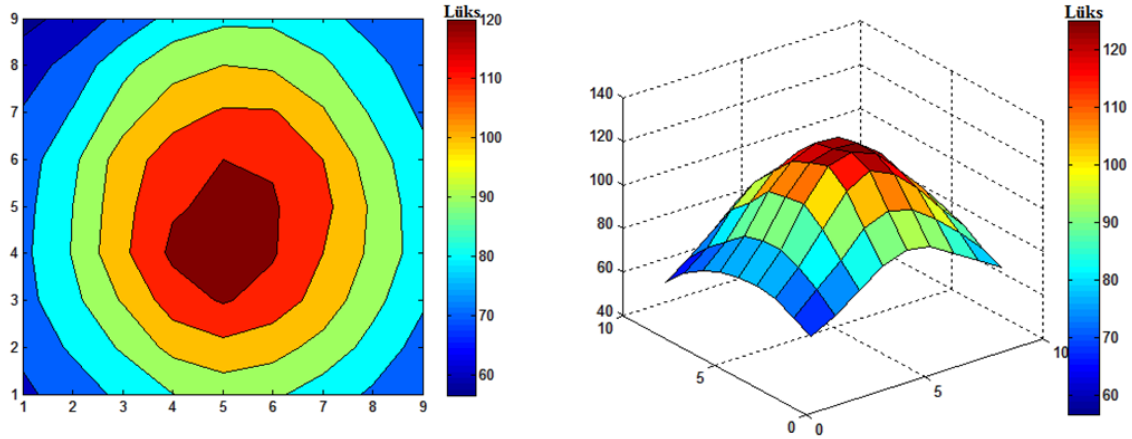
← Oda boyu →								
50,1	54	56,8	58,2	59	57,8	55,6	52,2	48,7
57,6	62,3	66	68,5	69,6	68	65,1	60,9	56,6
54,3	71	76,4	80,4	81,9	79,5	75,2	70	64
69,8	76,5	84,6	90,4	92,2	89,7	83,5	76,3	68,6
80	91	95,3	101	96,1	92,5	89,2	81,1	70,2
79	84,2	86,6	90,4	89,9	85,7	79	72,8	66,3
71,8	73,7	76,1	77,7	77,2	74,3	69,2	64,9	58,7
54,2	59,8	63,5	66,1	66,3	63,1	59,5	55,7	51,7
49,8	55,9	57,5	55,4	56,3	53,7	49,9	45,3	42,2

↑ Oda eni ↓

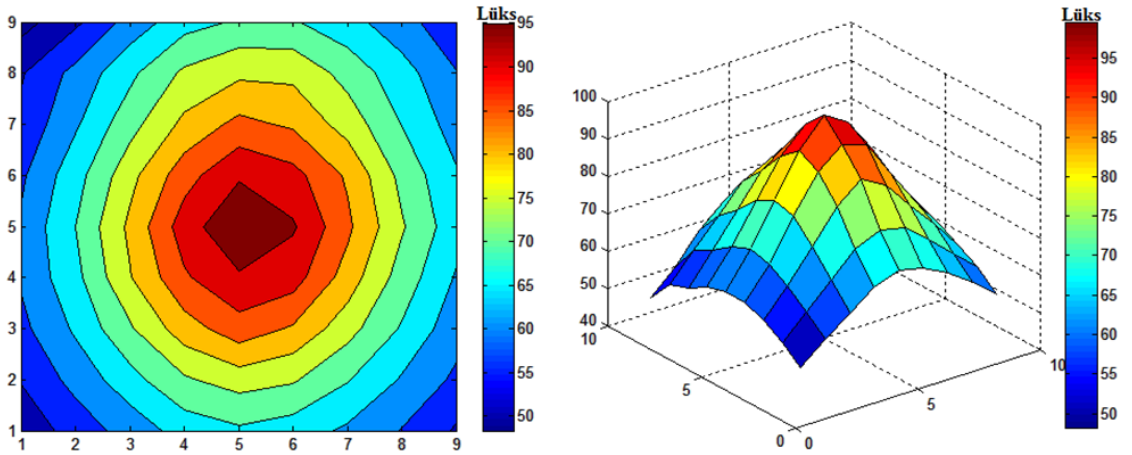
3. Karma ve Yarı Endirekt Aydınlatma Türlerinin Karşılaştırılması

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 iç mekanların aydınlık düzeyi dağılımlarına, iç mekanda kullanılan aydınlatma türlerinin katkısı incelenmiştir. Bu doğrultuda farklı iç mekanlarda tüm koşullar aynı kalmak şartıyla sırasıyla karma ve yarı endirekt

aydınlatma türleri kullanılmıştır. Her bir aydınlatma türü için ayrı ayrı aydınlık şiddeti ölçümleri yapılmıştır. Şekil 6’da ve Şekil 7’de birinci ortamda (krem rengi iç mekanda) sırasıyla karma ve yarı endirekt aydınlatma türlerinin kullanıldığı durumlarda ölçülen aydınlık düzeyi dağılımlarının MATLAB ortamında iki ve üç boyutlu olarak modellenmiş hali görülmektedir. Şekil 8’de ve Şekil 9’da ikinci ortamda (şampanya rengi iç mekanda) sırasıyla karma ve yarı endirekt aydınlatma türlerinin kullanıldığı durumlarda ölçülen aydınlık düzeyi dağılımlarının MATLAB ortamında iki ve üç boyutlu olarak modellenmiş hali görülmektedir.

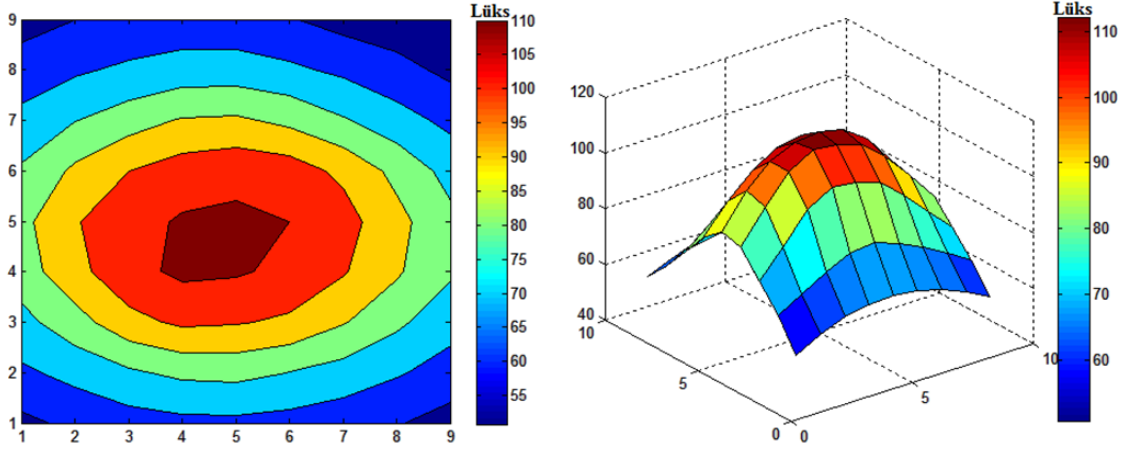


Şekil 6. Karma aydınlatılan krem rengi iç mekandaki aydınlık düzeyi dağılımlarının iki ve üç boyutlu grafikleri.

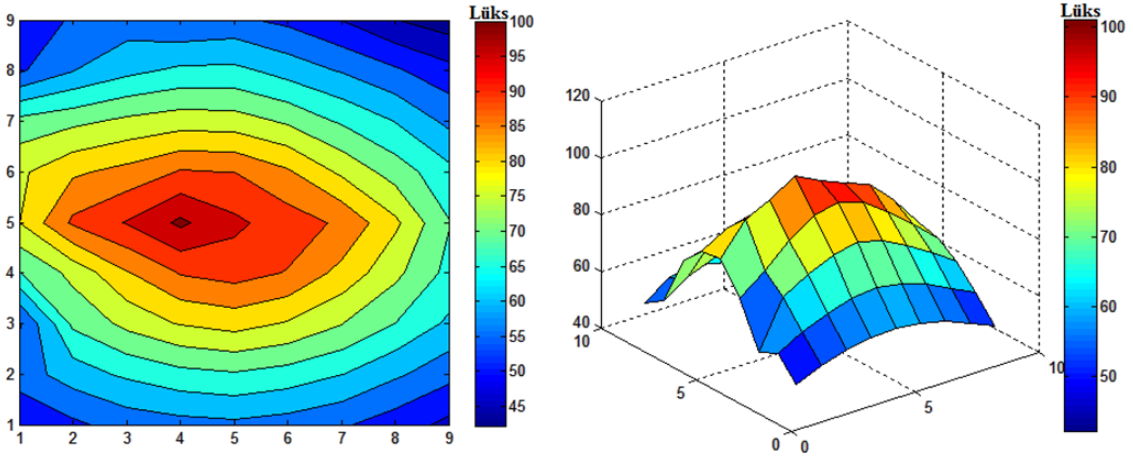


Şekil 7. Yarı Endirekt aydınlatılan krem rengi iç mekandaki aydınlık düzeyi dağılımlarının iki ve üç boyutlu grafikleri.

Görüldüğü üzere birinci iç mekanda yapılan ölçümler neticesinde karma aydınlatma için mekandaki lüks dağılımı Şekil 6’daki gibi ölçülmüş ve aynı ortamda yarı endirekt aydınlatma için mekandaki lüks dağılımı Şekil 7’deki gibi ölçülmüştür ve bu iki aydınlatma türü için aydınlık düzeyi dağılımları birbirinden farklı çıkmıştır. Bu fark aydınlık düzeyi değerleri 9x9 matris şeklinde Tablo 4’de görülmektedir.



Şekil 8. Karma aydınlatılan şampanya rengi iç mekandaki aydınlık düzeyi dağılımlarının iki ve üç boyutlu grafikleri.



Şekil 9. Yarı Endirekt aydınlatılan şampanya rengi iç mekandaki aydınlık düzeyi dağılımlarının iki ve üç boyutlu grafikleri.

Tablo 5. Karma ve Yarı Endirekt aydınlatma türü kullanılan krem rengi iç mekanda aydınlık düzeyi dağılımlarının lüks olarak farkları

← Oda boyu →								
16,60	17,00	20,50	22,90	24,90	24,20	20,90	18,70	17,50
16,70	20,10	23,30	28,70	29,80	28,40	26,20	22,10	16,90
18,00	21,50	26,70	32,30	33,10	31,60	29,10	23,50	19,50
16,90	22,10	28,30	32,70	30,60	28,70	27,20	25,10	19,80
16,00	20,00	25,80	26,60	22,40	25,40	26,90	22,90	16,60
15,90	19,80	26,60	27,00	25,60	27,20	25,80	21,40	17,10
14,40	16,40	21,90	24,70	24,60	26,80	23,10	18,70	15,60
10,90	11,80	18,20	20,30	20,90	19,80	18,60	15,90	14,00
8,40	9,80	11,00	15,50	17,20	17,20	16,20	14,20	13,30

↑ Oda eni ↓

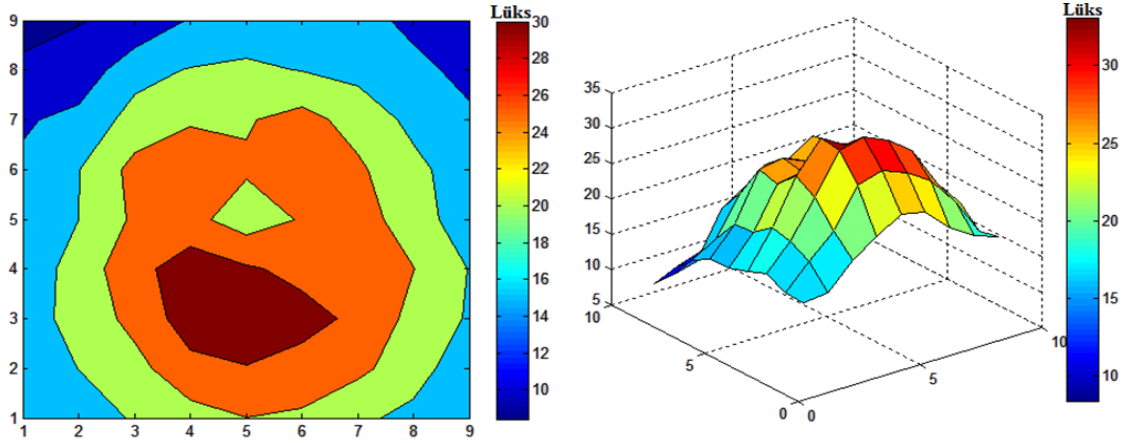
İkinci iç mekanda yapılan ölçümler neticesinde ise karma aydınlatma için mekandaki lüks dağılımı Şekil 8'deki gibi ölçülmüş ve aynı ortamda yarı endirekt aydınlatma için mekandaki lüks dağılımı Şekil 9'daki gibi ölçülmüştür ve bu iki aydınlatma türü için aydınlık düzeyi dağılımları da birbirinden farklı çıkmıştır. Bu fark aydınlık düzeyi değerleri 9x9 matris şeklinde Tablo 4'de görülmektedir.

Tablo 6. Karma ve Yarı Endirekt aydınlatma türü kullanılan şampanya rengi iç mekanda aydınlık düzeyi dağılımlarının lüks olarak farkları

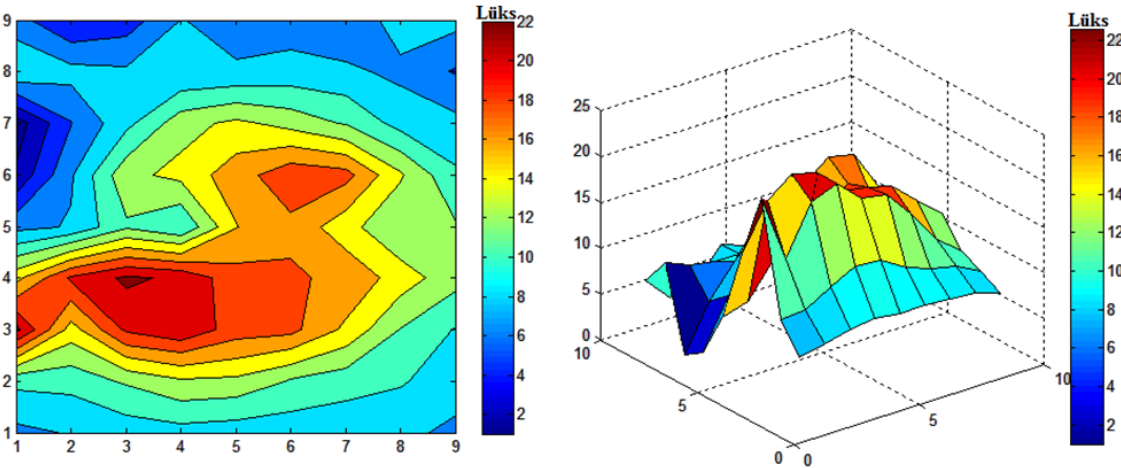
← Oda boyu →								
7,50	8,10	8,80	9,20	8,80	8,80	8,70	8,40	7,60
10,50	10,70	12,30	13,70	13,50	11,80	10,80	10,20	8,80
22,60	15,10	20,40	21,60	19,10	18,60	15,60	11,90	9,90
15,40	20,30	22,40	21,60	18,80	18,30	17,50	15,10	12,70
7,30	8,20	11,70	10,00	15,90	17,50	14,80	12,10	12,20
2,40	7,70	13,40	14,60	17,10	19,30	18,70	14,30	10,30
1,00	5,90	9,40	13,20	14,50	13,30	11,80	9,30	8,60
9,90	8,70	8,30	8,10	8,30	8,70	8,40	7,50	5,80
6,80	4,00	4,90	8,10	7,10	7,10	6,30	9,00	8,60

↑ Oda eni ↓

Bu fark lüks değerleri yine MATLAB programında 3 boyutlu olarak modellenmiş ve ortam içerisindeki dağılımının iki ve üç boyutlu grafikleri aşağıda Şekil 10 ve Şekil 11’de verilmiştir.



Şekil 10. Karma ve Y. Endirekt aydınlatılan krem rengi ortamdaki aydınlık düzeyi dağılımı farkı (lüks)



Şekil 11. Karma ve Y. Endirekt aydınlatılan şampanya rengi ortamdaki aydınlık düzeyi dağılımı farkı (lüks)

Krem rengi ortamda karma aydınlatma türü için ortalama aydınlık düzeyi $E_{ort} = 92.85$ Lüks, aynı iç mekanda yarı endirekt aydınlatma türü kullanıldığında ortalama aydınlık düzeyi ise $E_{ort} = 71.49$ Lüks olarak ölçülmüştür. Şampanya rengi iç mekan, karma aydınlatma türü ile aydınlatıldığında ortalama aydınlık düzeyi $E_{ort} = 81.18$ Lüks, bu iç

mekan yarı endirekt aydınlatma türü ile aydınlatıldığında ise ortalama aydınlık düzeyi ise $E_{art}=69.51$ Lüks olarak ölçülmüştür. Krem rengi ortamda karma aydınlatmadaki aydınlık düzeyi dağılımı yarı endirekt aydınlatmaya göre ortalama 21.36 lüks fazla çıkmıştır. Aynı şekilde şampanya renk ortamda karma aydınlatmadaki aydınlık düzeyi dağılımı yarı endirekt aydınlatmadaki aydınlık düzeyine göre ortalama 11.67 lüks daha fazla çıkmıştır. Yani Ortalama fark lüks krem rengi iç mekanda 21.36 lüks, şampanya renk iç mekanda ise 11.67 lüks olarak ölçülmüştür.

Krem rengi iç mekanda aydınlatma türü karma aydınlatmadan yarı endirekt aydınlatmaya çevrildiğinde %23.21 kayıp olmaktadır. Şampanya rengi iç mekanda aydınlatma türü karma aydınlatmadan yarı endirekt aydınlatmaya çevrildiğinde ise %14.40 kayıp olmaktadır. Krem rengi ve şampanya rengi iç mekanlarda kayıp oranlarının eşit çıkmadığı görülmektedir. Normalde krem renginin yansıtma katsayısı şampanya renginden büyük olduğu için krem rengi ortamda kayıpların daha az olması gerekir. Fakat krem rengi ortamda aydınlatma türü karma aydınlatmadan yarı endirekt aydınlatma çevrildiğinde şampanya renk ortama göre kayıp yüzdesi daha fazla çıkmıştır.

Krem rengi ortam yarı endirekt aydınlatıldığında $E_{art}=71.49$ Lüks, şampanya rengi ortam yarı endirekt aydınlatıldığında $E_{art}=69.51$ dir. Yani her iki renk için yarı endirekt aydınlatmada ortalama aydınlık düzeyleri neredeyse aynıdır. Çünkü yarı endirekt aydınlatmada ışığı yansıtan beyaz renk tavadır ve tavan rengi her iki durumda da aynıdır. Karma aydınlatmada ise ışığın büyük bir çoğunluğu duvardan yansıdığı için krem rengi ortamda karma aydınlatma kullanıldığında şampanya renge göre daha fazla ışık duvardan yansıtacaktır. Bu yüzde karma aydınlatmada duvar rengi, tavan rengine göre daha önemlidir.

Sonuç olarak karma aydınlatmada duvar rengi ön planda iken yarı endirekt aydınlatmada tavan rengi ön plandadır. Bu yüzde her iki ortamda da tavan rengi beyaz olduğu için yarı endirekt aydınlatmada her iki durumda da ortalama aydınlık düzeyi neredeyse aynıdır. Karma aydınlatmada ise duvardan yansıyan ışık miktarı tavadan yansıyan ışık miktarından çok daha fazla olduğu için karma aydınlatmada duvar rengi daha önemlidir. Bu yüzden karma aydınlatmada krem rengi ortamın ortalama aydınlık düzeyi şampanya rengi ortamın ortalama aydınlık düzeyinden 11.67 Lüks fazla çıkmıştır.

3. Sonuçlar

Bu çalışmada, iç mekan aydınlatma sistemlerinin tasarımı aşamasında seçilen aydınlatma türünün öneminden ve bu ortamlardaki aydınlık düzeyi dağılımlarına seçilen aydınlatma türünün katkısından bahsedilmiştir. Bu doğrultuda farklı renklerde iki adet iç mekan belirlenmiş. Bu iç mekanlarda karma ve yarı endirekt olmak üzere iki farklı aydınlatma türleri için aydınlık düzeyi ölçmeleri yapılmıştır. Ölçülen bu değerler Şekil 6'da, Şekil 7'de, Şekil 8'de ve Şekil 9'da görüldüğü gibi MATLAB ortamında iki ve üç boyutlu olarak modellenmiştir. Oluşturulan bu grafikler karşılaştırılmış ve farkları alınarak Şekil 10'daki ve Şekil 11'deki iki ve üç boyutlu grafikler elde edilmiştir. Aydınlatma sistemlerinin tasarımları aşamasında seçilen aydınlatma türünün önemine vurgu yapılmıştır. Yapılan sayısal ölçümlerde de görüldüğü gibi aynı aydınlatma elemanını kullanarak sadece iç mekandaki aydınlatma türünü değiştirmek suretiyle

ortam içerisindeki aydınlık düzeyini değiştirmenin mümkün olduğu Tablo 5 ve Tablo 6'da görüldüğü gibi sayısal olarak ispat edilmiştir. Yani bir mekanın gerçek boyutları sabit tutulduğu halde farklı aydınlatma türleri kullanılarak, farklı boyutsal etkiler ortaya çıkarmanın mümkün olduğu ölçümlerle kanıtlanmıştır.

Sonuç olarak bir iç mekanda kullanılan duvar rengine göre yarı endirekt aydınlatma türü yerine karma aydınlatma türünün kullanılması, aydınlık düzeyi dağılımında krem rengi mekan için %23.21 ve şampanya rengi mekan için %14.40'lik bir farkı beraberinde getirdiği görülmüştür. Yani aydınlatma türünün bilinçli olarak seçilmesi iç mekanda ferahlığın yanı sıra bir takım enerji tasarruflarını da beraberinde getirmiştir. Sonuç olarak bir iç mekanda aydınlık şiddeti dağılımında ve dolayısıyla bina enerji tüketiminde, iç mekanda kullanılan aydınlatma türünün etkili olduğu sayısal olarak kanıtlanmıştır.

Kaynaklar

- [1]. Akella, A.K., Saini, R.P., Sharma, M.P., Social, economical and environmental impacts of renewable energy system, **Proceedings of Renewable Energy**, 390-396, (2009).
- [2]. Sümengen, Ö., Yener, A., Akıllı Konutlarda Aydınlatma ve Örnekler, **8.ci Ulusal Aydınlatma Kongresi ATMK**, 14-15 Nisan, İstanbul (2011).
- [3]. Varınca B.K., Gönüllü, M.T., Türkiye'de güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin kullanım derecesi, yöntemi ve yaygınlığı üzerine bir araştırma , **I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi**, Eskişehir (2006).
- [4]. 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**, 350-353, (2010).
- [5]. Cullen, J. M., Allwood, J. M., Borgstein, E. H., Reducing energy demand: What are the practical limits?, 1711-1718, **Cambridge**, United Kingdom (2011).
- [6]. Matta, S., Mahmud, S.M., An intelligent light control system for power saving, **36th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society**, 3316-332, Detroit, Michigan, USA (2010).
- [7]. Galasiu, A.D., Newsham, G.R., Suvagau, C., Sander, D.M., Energy saving lighting control systems for open-plan offices: a field study, **Leukos**, 7-29, Canada (2007).
- [8]. Dubin, F.S., Energy-efficient building design. **Innovative HVAC, lighting, energy-management control and fenestration**, 11-20, USA (1990).
- [9]. 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**, 323-332, Italy (2008).
- [10]. Dounis, A.I., Tiropanis, P., Argiriou, A., Diamantis, A., 2011, Intelligent control system for reconciliation of the energy savings with comfort in buildings using soft computing techniques, **Energy and Buildings**, 66-74, Greece.
- [11]. Gençoğlu M.T., İç Aydınlatmada Enerji Tasarrufu, **III. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi**, Ankara (2005).
- [12]. Özbudak B.Y., Gümüş B., Çetin F.D., 2003, İç mekan aydınlatmasında renk ve aydınlatma sistemi ilişkisi, **II. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi Bildirileri**, Diyarbakır (2003).

- [13]. Singh, M.C., Garg, S.N., Illuminance estimation and daylighting energy savings for Indian regions, **Renewable Energy**, 703-711, India (2010).
- [14]. Kazanasmaz, T., Günaydın, M., Binol, S., Artificial neural networks to predict daylight illuminance in office buildings”, **Building and Environment**, 1751-1757 (2009).
- [15]. Krainer, A., B., Peternelj, J., Lah, M.T., Zupančič, Daylight illuminance control with fuzzy logic, **Solar energy**, 307-321, Slovenia (2006).
- [16]. The Correlation of Models of Vision and Visual Performance, Commission Internationale de L’Eclairage, **CIE Publication**, Vienna, Avustria (2002).
- [17]. Görgülü S., Kocabey S., Yüksek İ., Dursun B., Enerji Verimliliği Kapsamında Yapılarda Doğal Aydınlatma Yöntemleri: Kırklareli Örneği. **Uluslar arası II. Trakya Bölgesi Kalkınma-Girişimcilik Sempozyumu**, 1-2 Ekim, Kırklareli, (2010).
- [18]. Yavuz, C., Aydınlatma Türk Milli Komitesi, Stadium Lighting Techniques-Applications Around The World And Turkey, (2004).
- [19]. Kocabey, S., Ekren, N., A new approach for examination of performance of interior lighting systems, **Energy and Buildings**, 1-7, (2014).
- [20]. Doğan, H., Sonlu Farklar Yöntemiyle Aydınlatma Hesabının Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2004)
- [21]. www.steelcase.com, (12.04.2014).
- [22]. Singh, M.C.,Garg, S.N., Illuminance estimation and daylighting energy savings for Indian regions, **Renewable Energy**, 703-711, India, (2010).
- [23]. Çetin F.D., Gümüş B., Özbudak Y.B., Aydınlatma Özelliklerinin Ergonomik Açıdan Değerlendirilmesi. **II. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi Bildirileri**, 08-10 Mayıs, Diyarbakır, Türkiye (2003).
- [24]. Özlü, K., Konut Yaşama Mekanlarında Yapay Aydınlatma. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye (2008).
- [25]. Gordon, G., Interior Lighting for Designers. Fourth Edition, **John Wiley & Sons, Inc.** Canada (2003).
- [26]. Dounis, A.I.,Tiropanis, 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**, 66-74, Greece (2011).
- [27]. Dursun, B., Dâhili Ortamlarda Aydınlatma Hesaplama Tekniklerinin Analizi ve Bir Uygulama Örneği. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye (2005).