

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ KOŞULLARINDA LED RENKLERİNİN AYDINLATMADA GÜNEŞ ENERJİSİ GÜÇ PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Mehmetcan MERCAN^a, Rıdvan ONGUN^a, Kevser DİNCER^{a,*}, Mustafa TOSUN^b

^aMühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Selçuk Üniversitesi, 42031,
Konya

^bMimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Selçuk Üniversitesi, 42031, Konya

m.cann-04@hotmail.com, rongun_26@mynet.com, kdincer@selcuk.edu.tr,
mustosun@hotmail.com

Özet

Bu çalışmada, iç mekan aydınlatmalarında kullanılan, farklı renklerdeki ledlerin güç ihtiyaçları ve ışık şiddetleri incelenmiştir. Bu araştırma için Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölüm Başkanlığı koridoru seçilmiştir. Seçilen koridor için şerit ledler kullanılmış ve aydınlatma performansı incelenmiştir. Aydınlatmada gerekli olan güç, güneş panellerinden sağlanmış ve gerekli güç miktarı, mavi ledlerde 3332 W kırmızı ledlerde 2736 W, yeşil ledlerde 1008 W ve beyaz ledlerde 600 W olduğu tespit edilmiştir. En fazla güç ihtiyacı mavi renkli şerit ledlerde, en az güç ihtiyacı ise beyaz renkli şerit ledlerde oluşmuştur. Elektrik enerjisinin, güneş panellerinden elde edildiğinde, aydınlatmada beyaz led uygulamaları için daha az güneş paneli sayısına ihtiyaç duyulacağı bu çalışma ile tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Aydınlatmada renk, Renkli ledler, Güneş enerjisi

INVESTIGATION OF EFFECTS OF LED COLORS IN LIGHTING ON SOLAR POWER PERFORMANCE AT SELÇUK UNIVERSITY

Abstract

In this study, power consumptions and light intensities of different LED colors used in illuminating indoor spaces have been investigated. The selected venue for the research is the corridor along the office of the head of mechanical engineering

department of Selçuk University. LED strips were used for the selected corridor where their respective lighting performances were studied. Solar panels were the power source for the illumination system, whereby, it was found that the necessary power consumptions for the different LED colors used were 3332 W for Blue LEDs, 2736 W, 1008 W and 600W for Red, Green and White LEDs respectively. The highest power consumption occurred on Blue strip LEDs whereas the White LEDs exhibited the lowest power consumption. As long as the electric energy is from the solar panels, it has been proved with this study that lighting applications with white LED strips will need a low number of solar panels.

Keywords: Colors in illumination, Colored LEDs, Solar Energy

1.Giriş

LED kelime anlamı olarak Light Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)'un baş harflerinden oluşmaktadır. LED 'in en önemli kısmı yarı iletken malzemeden oluşan ve ışık yayan led çipidir. LED çipi noktasal bir ışık kaynağıdır ve kılıf içerisine yerleştirilmiş, yansıtıcı eleman sayesinde, ışığın belirli bir yöne doğru yayılması sağlanır. LED'ler çeşitli kimyasal maddelerden üretilirler ve bu farklı maddelerin bileşimi ışığın rengini belirler. LED aydınlatma sistemi çok yeni bir teknoloji olsa da günümüzde, otomobil farlarından evlere kadar birçok alanda kullanılmaktadır. LED'lerin en büyük özellikleri Floresan ve klasik ampullerin tüm avantajlarına sahip olmalarına rağmen eksi yönleri içermemeleri ve %100'lük bir performansla çalışabilmeleridir. Enerjinin tümü ışık kaynağına dönüşmektedir ve ısı yaymazlar. Bu üstün özelliklerinin yanı sıra %80 enerji tasarrufu sağlamaktadır [1].

2. Aydınlatma

Bir ortamı ve içerisindeki nesnelere istenilen ölçütlerde görsel algılamaya uygun kılacak şekilde tasarlanmış ışık uygulamaları aydınlatma olarak tanımlanır. Bir hacmin tamamında genel kriterler kapsamında yapılan aydınlatma genel aydınlatmadır. Mekanlarda çeşitli vurgu, yönlendirme veya farklı aydınlık seviyesine ihtiyaç duyulan kısmi bölgelerin ışıklandırılması ise bölgesel aydınlatma olarak tanımlanır [2].

2.1. Renksel geriverim

Bir yapay ışık kaynağının spektrumu (dalga boyu bileşenleri), günışığı spektrumuna ne kadar yakınsa ve tüm renkler günışığı altında algılandığı gibi görülebiliyorsa, o kaynağın renksel geriverimi o derece yüksek olacaktır. Işık spektrumu, ışığın hangi dalga boyunu enerji veya güç birimleri açısından ne kadar içerdiğini gösteren bir grafikdir. Renksel geriverim özellikle yumuşak renksel dönüşümlerin ve tonlamaların önemli olduğu mekanlarda önem kazanırken, renksel algılamanın önemsiz olduğu mekanlarda göz ardı edilebilir [3].

2.2. Renk sıcaklığı

Işığı hiç yansıtmayan siyah bir kütlenin, ısıtıldığında hangi sıcaklıkta hangi spektrum özelliklerinde ışık yaydığı referans alınarak belirlenen ve Kelvin ($0^{\circ}\text{C}=273^{\circ}\text{Kelvin}$) sıcaklık derecesiyle belirtilen kalitatif bir yaklaşım değeridir. Gün ışığı 5000-5500 Kelvin derecesine (renk sıcaklığına) sahiptir. Düşük düzeydeki renk sıcaklığı, insan gözü tarafından, kırmızı yönünde bir renk, yüksek renk sıcaklığı ise mavi yönünde bir renk olarak algılanır. Düşük aydınlık seviyeleri için sıcak renk, yüksek aydınlık seviyesi için soğuk renklerin kullanılması uygundur [3].

2.3. Aydınlık düzeyi dağılımı

Aydınlatılan mekanın her noktasında aynı aydınlık seviyesini yakalamak zordur. Bu yüzden aydınlık seviyesinin dalgalanması belirli sınırlar içinde olmalıdır. Minimum, ortalama ve maksimum aydınlık seviyeleri arasındaki fark büyük olamamalıdır. E_{\min}/E_{\max} oranı 0,4 ile 0,6 aralığında olmalıdır. Bunu sağlamak için ışık kaynakları uygun seçilip, doğru konumlandırılmalıdır. Işık kaynakları doğru konumlandırılmadığı takdirde parlama, loşluk, karanlık kalan kısımlar, gölge oluşumu gibi olumsuz tablolar ortaya çıkabilir. Gölge oluşumunu, ışık kaynağından çıkan ışığın dolaylı yollardan cisme ulaştırılması, ışık kaynaklarının minimum gölge oluşturacak şekilde konumlandırılması veya birçok noktadan ışığın yönlendirilmesi ile ortadan kaldırmamızdır. Aydınlatma şiddetinin belirlenen koşulların üzerinde olması yorgunluk ve baş ağrısı gibi fiziksel sorunlara sebep olur. Gözün görme alanı, bakılan nesne, yakın çevre, genel çevre olarak incelenir. Optimal aydınlatma için bu üç bölüm arasındaki aydınlık şiddeti oranları belirli sınırlar içinde olmalıdır. Aydınlatma şiddetinin uygun olmayan dağılımları, çok yüksek aydınlık şiddeti veya mekan içerisindeki aydınlık şiddetinin aşırı değişimi kamaşmaya neden olur. Bunu önlemek için ışık kaynağı ile

bakış doğrultusu arasındaki açıyı artırmak, ışık kaynağının akısını azaltmak, gibi önlemler alınabilir [3].

2.4. Aydınlatma çeşitleri

a) Doğal aydınlatma, ana kaynağı güneş olan günışığının, görsel konfor gereksinmelerini karşılamak üzere tasarlanan aydınlatma sistemi olarak tanımlanabilir.

b) Yapay aydınlatma, yapma ışık kaynaklarından üretilen ışığın, görsel konfor gereksinimlerini karşılamak üzere tasarlanan aydınlatma sistemi olarak ifade edilir.

c) Bütünleşik aydınlatma, görsel konfor gereksinmelerini karşılamada, günışığının yetersiz kaldığı durumlarda takviye edici olarak, yapma ışığın kullanıldığı aydınlatma sistemi olarak tarif edilir [4].

Aydınlatma uygulamalarında ışık ile ilgili kullanılan bazı terimler şunlardır: Işık akısı bir fiziksel niceliktir ve insan gözünün algıladığı ışık gücünün miktarını ifade eder. Bu tariften de anlaşıldığı gibi, ışık akısı hem ışınım yapan kaynağın gücüne hem de insan gözünün özelliğine bağlıdır. SI birimi MKS sisteminde lümen'dir ve Φ ile gösterilir [5]. Işık miktarı, ışık isisi demektir, yani belirli bir zamandaki ışık akısını gösterir. Q ile gösterilir ve $Q = \Phi \cdot t$ ile ifade edilir ($t =$ saniye). Işık şiddeti, bir ışık kaynağı, ışıksal akısını genelde çeşitli yönlere ve değişik şiddette yayar. Işık akısı; kaynaktan yayılan toplam akı, ışık şiddeti; bir steradyanlık katı açıdır [6]. Katı açı ise ; aydınlatmada kullanılan yardımcı açı birimidir. Yarıçapı r olan bir kürenin, alanı r^2 kadar olan yüzeyini gören ve tepesi kürenin merkezinde bulunan katı açı, 1 steradyan olarak tanımlanır. Aydınlık (Aydınlatma şiddeti), birim yüzeye düşen ışık akısıdır. E ile gösterilir ve birimi Lux (lx)'tür. 1 m^2 'ye 1 lm ışık akısının düşmesi durumunda, 1 lx 'lük bir aydınlatma yapılmış olur [7].

2.5. Aydınlatılması istenen yerlerin aydınlık düzeyleri

Yaşadığımız çevre içinde, farklı mekanlarda çalışma, dinlenme ve barınma ihtiyacını karşılarız. İnsanlar bu çeşitliliğe ayak uydurmak durumundadırlar. Özellikle çalışma ortamlarındaki aydınlık düzeyleri bu verimi ve başarıyı etkilemektedir. Bu nedenle, aydınlık düzeyleri işçi sağlığı ve iş güvenliği tüzüğü ile 14765 Sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak burada bahsedilen aydınlık düzeylerinin sağlanması kanunla zorunlu hale getirilmiştir. Bu aydınlık düzeyleri Tablo 1' de sunulmuştur [8].

Tablo 1. Bazı çalışma alanlarının istenen aydınlık şiddetleri

Aydınlatılması istenen yer	Aydınlık şiddeti (Lx)
Bürolar, idareci odası	250
Muhasebe odası, okuma salonu	500
Konut	100-200
Mutfak	300-500
Atölyeler	300-750
Laboratuvar	500
Yollar, dış mekanlar, geçitler	20
Merdivenler, açık alanlar	20

3. LED lambalar

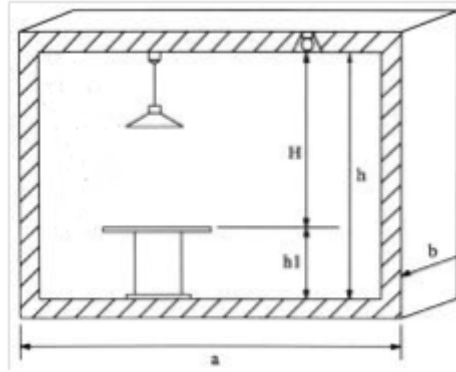
LED'ler (Light Emitting Diode–Işık Yayan Diyot) günümüzde en yaygın kullanılan elektronik elemanlardan biridir. LED üzerinden belirli bir miktarda akım geçirildiğinde, akımın değerine ve LED'in tipine göre değişen şiddette LED bir ışın verir. Işının dalga boyu LED'in yapısında kullanılan yarıiletken malzemeye bağlıdır. Günümüzde üretilen LED'ler ile oluşturulan ışınlar, morötesi bölgeden başlayarak kızılötesi bölgesine kadar olan aralıkta kvazimonokromatik spektrumudur. Işın verici olarak tasarlanan LED'ler bir fotoalıcı olarak, fotodiyot gibi çalışabilirler. LED'ler bir fotoalıcı gibi kullanıldığında, maksimum oranda spektrum uyumluluğu sağlarlar [9].

4. LED Renklerine Göre Aydınlatma Verim Performansı

Aydınlatma için gerekli olan lümen miktarı Eşitlik 1'de sunulmuştur [10].

$$E = (\emptyset \times S / \eta) \quad (1)$$

Eşitlik 1'de; E : gerekli (istenen) aydınlatma şiddeti (lx), \emptyset : gerekli ışık akısı (lm), S : alan = (a x b) (m²), η : oda verimi.



Şekil 1. Oda indeksi hesaplamasında kullanılan boyutlar [11]

Şekil 1’de, h_1 : çalışma düzlemi yüksekliği (m), h_2 : lamba askı yüksekliği (m), H:Lamba ile çalışma düzlemi arası mesafe (m), a : genişlik , b: uzunluk , h: toplam yükseklik.

Oda indeksi Eşitlik 2, H ise Eşitlik 3 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$k = (axb)/(a+b) \times H \quad (2)$$

$$H = h - h_1 \quad (3)$$

Eşitlik 2’de; k :oda indeksi, a: odanın eni (m), b: odanın boyu (m), H: çalışma düzlemi ile ışık kaynağı arası mesafe (m)’ dir. Bu çalışmadaki mekanın boyutları; 30 metre boyunda-1,8 metre genişliğinde 2,6 metre yüksekliğindedir. Bu mekan Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölüm Başkanlığı’nın koridorudur ve oda indeksi k,

H değeri hesaplanırken ; h_1 değeri 0 m alınmıştır. Çünkü koridorda zemin aydınlatılmak istendiği için.

(3) denkleminde değerler yazılırsa ;

$$H = 2,6 - 0 = 2,6 \text{ m}$$

$k = [(1,8 \times 30)/(30 + 1,8)] \times 2,6 = \sim 4,42$ bulunur. Fakat bu değer taboda olmadığından bir üst değer olan 5 değeri seçilmiştir.

Seçilen koridorun tavan, duvar ve zemin için yansıtma ve geçirme katsayıları Tablo 3 kullanılarak tespit edilmiştir. Koridor için tavanda temiz badana yüzeyler için 0,8 duvar yüzeyleri için bej yüzeyler katsayısı 0.5 ve zemin için koyu gri yüzeyler katsayısı 0,3 alınmıştır.

Tablo 2. Oda indeksine göre oda verimi [12]

Tavan	0,8				0,5				0,3	
Duvar	0,5		0,3		0,5		0,3		0,1	0,3
Zemin	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1
Oda İndeksi (k)	Dalga boyu (η)									
0,6	0,24	0,23	0,18	0,18	0,2	0,19	0,15	0,15	0,12	0,15
0,8	0,31	0,29	0,24	0,23	0,25	0,24	0,2	0,19	0,16	0,17
1	0,36	0,33	0,29	0,28	0,29	0,28	0,24	0,23	0,2	0,2
1,25	0,41	0,38	0,34	0,32	0,33	0,31	0,28	0,27	0,24	0,24
1,5	0,51	0,46	0,45	0,41	0,41	0,38	0,37	0,35	0,31	0,3
2,5	0,56	0,49	0,5	0,45	0,45	0,41	0,41	0,38	0,35	0,34
3	0,59	0,52	0,54	0,48	0,47	0,43	0,43	0,4	0,38	0,36
4	0,63	0,55	0,58	0,51	0,5	0,46	0,47	0,44	0,41	0,39
5	0,66	0,57	0,62	0,54	0,53	0,48	0,5	0,46	0,44	0,40

Tablo 3. Farklı yüzeyler için yansıtma katsayıları [12]

Yüzeyler	Yansıtma Katsayısı %	Yüzeyler	Yansıtma Katsayısı %
Temiz Beton	%40-60	Koyu Kahverengi	% 10-25
Temiz Badana	80%	Açık Kırmızı	%20-35
Kirli Beyaz	%60-70	Koyu Kırmızı	%10-20
Parlak Alüminyum	70%	Açık Yeşil	%30-60
Mat Alüminyum	60%	Koyu Yeşil	%10-30
Pencere Camı	8%	Açık Mavi	%20-50
Buzlu Cam	10%	Koyu Mavi	%5-20
Açık Sarı	%50-70	Açık Gri	%35-60
Koyu Sarı	%30-50	Koyu Gri	%20-35
Bej	%40-65	Beyaz	%70-80
Açık Kahverengi	%25-60	Siyah	8%

Bu değerlere göre Tablo 2'den oda indeksi $k=5$ 'e denk gelen değer 0,66'dır. Yani oda verimi $\eta = 0,66$ 'dır.

Koridorun alanı $S=1,8 \times 30 = 54 \text{ m}^2$ dir.

Koridor için E değeri yaklaşık olarak 50 Lx seçilmiştir (Tablo 1). Bu değerler Eşitlik 1'de yerine konulursa;

$$\Phi = E \times S / \eta \quad \Phi = 50 \times 54 / 0,66 = 4090 \text{ Lm}$$

gerekli ışık akısı Φ , 4090 Lm olarak bulunmuştur. Φ değeri, odanın aydınlatılması için gereken ışık akısını ifade etmektedir. Şerit LED'in rengine göre ihtiyaç duyulan güç miktarının hesaplanmasında, beyaz, kırmızı, mavi ve yeşil renkli LED'ler seçilmiştir. Bu renkler için ayrı ayrı hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamaların yapıldığı koridor için her parametre sabit tutulmuş sadece LED rengi değiştirilmiştir. Şerit LED'ler özellikleri Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. Şerit LED'ler özellikleri [13]

Ürün Kodu	Renk	Teknik özellikler
PR-LR1-60-I-W	Beyaz	<ul style="list-style-type: none">• 1210 SMD tek çipli led• 60 led/m dizilim sıklığı• 6 W/m güç tüketimi• 12 VDC çalışma gerilimi• 300 lümen/m ışık miktarı
PR-LR1-60-I-R	Kırmızı	<ul style="list-style-type: none">• 1210 SMD tek çipli led• 60 led/m dizilim sıklığı• 6 W/m güç tüketimi• 12 VDC çalışma gerilimi• 66 lümen/m ışık miktarı
PR-LR1-60-I-B	Mavi	<ul style="list-style-type: none">• 1210 SMD tek çipli led• 60 led/m dizilim sıklığı• 6 W/m güç tüketimi• 12 VDC çalışma gerilimi• 54 lümen/m ışık miktarı
PR-LR1-60-I-G	Yeşil	<ul style="list-style-type: none">• 1210 SMD tek çipli led• 60 led/m dizilim sıklığı• 6 W/m güç tüketimi• 12 VDC çalışma gerilimi• 54 lümen/m ışık miktarı

4.1. Beyaz şerit LED

Şerit LED'in özellikleri Tablo 4'ten 60led/m, 300 Lm/m ve 6W/m olarak okunmuştur. 300 Lm/m değeri daha önce bulunan Φ değerine bölünüp gerekli şerit LED miktarı bulunmuştur.

$$4090 \text{ Lm}/300\text{Lm/m}=13,6 \text{ m şerit led gereklidir.}$$

$$\text{Çekeceği güç ise; } 13,6\text{m} \times 6\text{W/m}= 81,6 \text{ W'tır.}$$

4.2. Kırmızı şerit LED

Kırmızı şerit led için; 60led/m, 66 Lm/m ve 6W/m (Tablo 4)

$$4090 \text{ Lm}/66 \text{ Lm/m}= 61,9 \text{ m led}$$

$$61,9 \text{ m} \times 6\text{W/m}=371,4 \text{ W}$$

4.3. Yeşil şerit LED

Yeşil şerit led için; 60led/m, 180 Lm/m ve 6W/m (Tablo 4)

$$4090 \text{ Lm}/180\text{Lm/m}=22,7 \text{ m led}$$

$$22,7 \text{ m} \times 6\text{W} / \text{m} = 136,2 \text{ W}$$

4.4. Mavi şerit LED

Mavi şerit led için; 60led/m, 54 Lm/m ve 6W/m (Tablo 4)

$$4090\text{Lm}/54\text{Lm/m} = 75,8 \text{ m led}$$

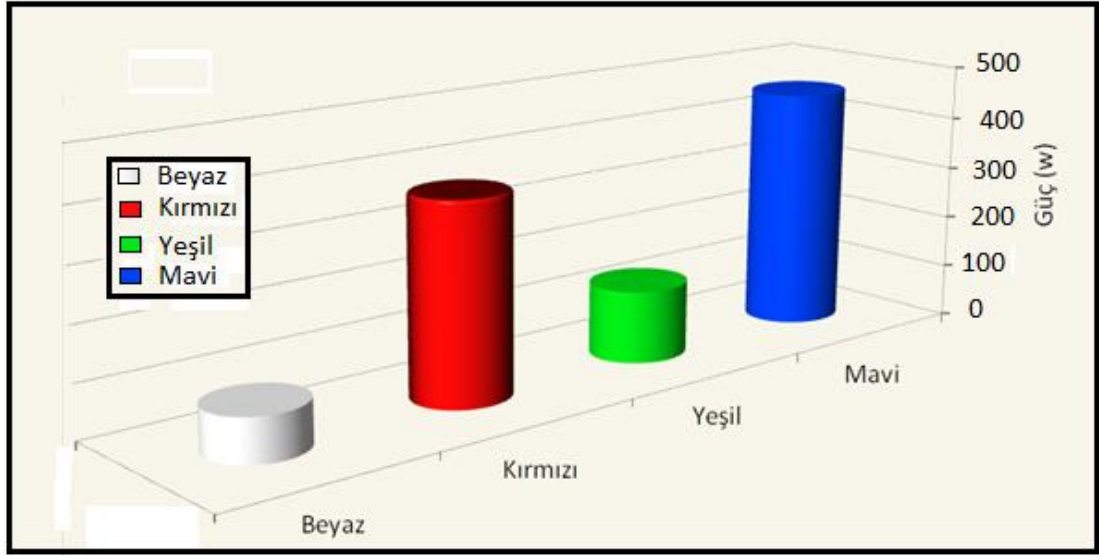
$$75,8\text{m} \times 6\text{W} / \text{m} = 454,8 \text{ W}$$

5. Güneş Paneli Seçimi

Yapılan hesaplamalardan sonra gerekli güç ihtiyaçları Tablo 5 ve Şekil 2’de sunulmuştur.

Tablo 5. Şerit LED’in güç miktarı

Şerit Led Rengi	Gerekli Güç Miktarı (W)	Uzunluk (m)
Beyaz	81,6	13,6
Kırmızı	371,4	61,9
Yeşil	136,2	22,7
Mavi	454,8	75,8



Şekil 2. LED renklerine göre güç ihtiyacı

Panel seçiminde aylara göre Konya'nın güneşlenme süreleri göz önüne alınmıştır (Tablo 6).

Tablo 6. Konya'nın aylara göre güneşlenme süreleri [14]

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Güneşlenme süresi (saat)	3,1	4,4	6,0	7,0	8,4	10,3	11,2	11,0	9,4	7,1	5,1	3,1

Sistemin günde ortalama 4 saat çalışacağı öngörülmüştür. Tablo 7'de sistemin 4 saat çalışması için gereken enerji miktarı gösterilmiştir.

Tablo 7. Sistemin 4 saat çalışması için gereken enerji miktarı

Led Rengi	Gereken Enerji (Watt.saatt)
Beyaz	326,4
Kırmızı	1485,6
Yeşil	544,8
Mavi	1819,2

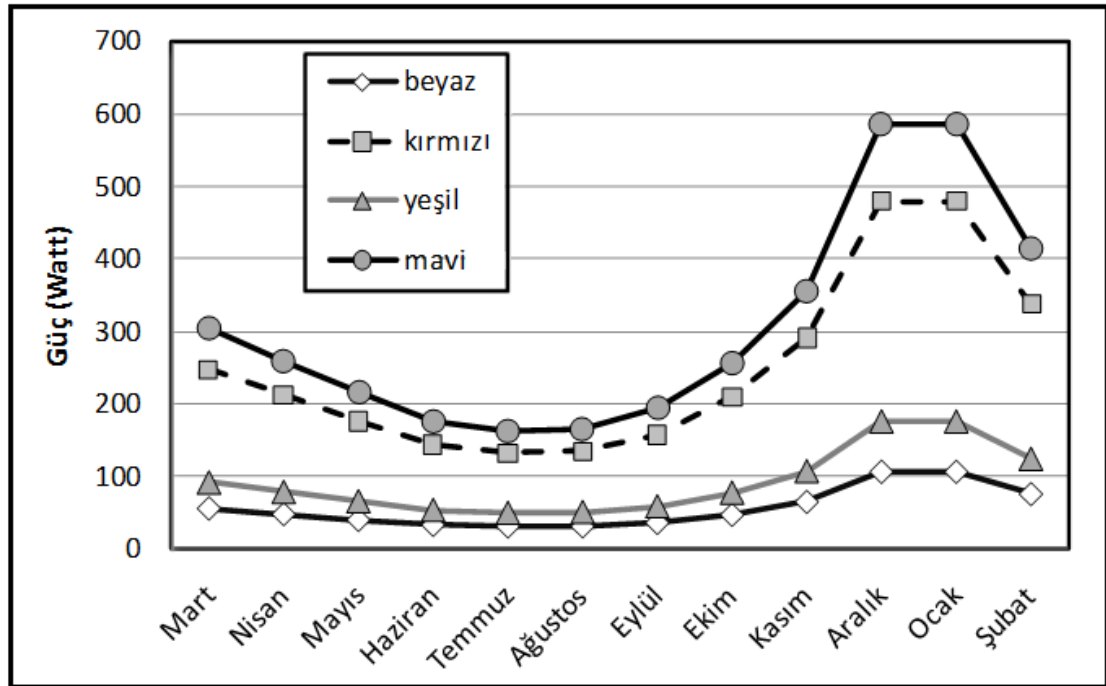
Yapılan hesaplara göre sistemin aylık güç ihtiyacını sağlayacak paneller piyasadaki standart güçlere göre seçilmiştir [15]. Güç değerleri Watt birimindedir. Seçim yapılırken, gerekli gücün üstünde panel gücü seçilerek sistem garanti altına alınmıştır. Tablo 8'de aylık bazda gerekli panel kombinasyonları gösterilmiştir.

Tablo 8. Aylık güç ihtiyacına göre panel seçimi

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Beyaz	105	74	54	47	38	32	29	30	35	45	64	105
Kırmızı	479	337	247	212	176	144	132	135	157	209	291	479
Mavi	586	413	303	259	216	176	162	165	193	256	356	586
Yeşil	175	123	90	77	64	52	48	49	57	76	106	175

6. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, aydınlatmada uygulanan farklı LED renklerinin, farklı güç ihtiyacı olduğu belirlenmiştir. Seçilmiş olan belirli bir mekan için, mavi ledler 3332 W kırmızı ledler 2736 W, yeşil ledler 1008 W ve beyaz ledler 600 W elektrik tükettiği tespit edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Gerekli güç miktarının aylara göre dağılımı

En fazla güç ihtiyacı mavi renkte oluşmuştur. Çünkü mavi renk şerit led'in ışık akısı düşük olduğundan aynı ışık akısı ihtiyacını karşılamak için daha fazla şerit led kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle güç ihtiyacı fazladır. En az güç ihtiyacı ise beyaz renkli şerit ledde oluşmuştur. Çünkü beyaz renkli şerit ledin ışık akısı yüksektir.

Selçuk Üniversitesi için, en fazla güç ihtiyacı aralık, ocak aylarında iken, en düşük güç ihtiyacı da temmuz ağustos aylarında oluşmuştur. İç mekan aydınlatmalarında beyaz renkli led kullanımının daha az enerjiye ihtiyaç duyduğu ve daha ekonomik olduğu tespit edilmiştir. Elektrik enerjisi güneş panellerinden elde edildiğinde, aydınlatmada beyaz led uygulamaları için daha az panel sayısına ihtiyaç duyulacağı bu çalışma ile tespit edilmiştir.

Kaynaklar

- [1] http://www.akenled.com/?syf=Led_Aydinlatma_sistemleri
- [2] <http://www.neoneon.com.tr/aydinlatma.php>
- [3] http://www.imsaled.com.tr/led_bilgileri.html
- [4] <http://www.frmartuklu.net/frmartuklu-soru-cevap-bolumu/210598-aydinlatma-ve-aydinlatma-cesitleri-nelerdir.html>
- [5] http://tr.wikipedia.org/wiki/I%C5%9F%C4%B1k_ak%C4%B1s%C4%B1
- [6] http://tr.wikipedia.org/wiki/I%C5%9F%C4%B1k_%C5%9Fiddeti
- [7] http://tr.wikipedia.org/wiki/Ayd%C4%B1nlanma_%C5%9Fiddeti
- [8] 14765 Sayılı Resmi Gazete işçi Sağlığı ve iş Güvenliği Tüzüğü.
- [9] Eldar MUSAYEV, LED – ‘Led Sisteminin Araştırılması ve Uygulamaları’ ,Uludağ Üniversitesi
- [10] <http://www.emo.org.tr>, Elektrik Mühendisleri Odası Web Sitesi
- [11] www.dicle.edu.tr/bolum/myo/cungus/aydinlatma_hesap.pdf
- [12] Öznur SAKA, ‘Konya Koşullarında Güneş Pillerinin Aydınlatma Uygulamalarında Kullanım İmkanları’ Selçuk Üniversitesi , Konya , 2007.
- [13] <http://www.essenerji.com/urunlerimiz-03.asp>
- [14] <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=KONYA>

[15] http://www.cimo.com.tr/category.php?id_category=5

Kısaltma ve Semboller

a : Odanın eni (m)

b : Odanın boyu (m)

C_d : kandela

E : Gerekli (istenen) aydınlatma şiddeti

h : Lamba ile çalışma düzlemi arası mesafe (m)

H : Odanın yüksekliği (m)

$H_ç$: Çalışma düzlemi yüksekliği (m)

H_{la} : Lamba askı yüksekliği (m)

k : Oda indeksi,

L_m : lümen

L_x : lux

n : Lamba sayısı = $\emptyset / \emptyset_{la}$

\emptyset_{la} : Lambanın ışık akısı (lm)

Q : Işık miktarı

S : Alan

λ : Dalga boyu

\emptyset : ışık akısı