

AYDINLATMADA GELENEKSEL IŞIK KAYNAKLARINDAN LED' E KADAR UZANAN TARİHÇE

Deniz YÜCE¹ Canan PERDAHÇI² Hakan ÜNSALAN³

^{1,3}Litpa Aydınlatma Koza Plaza B Blok No:6/20 Tekstilkent
34235 Esenler / İSTANBUL

²Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Veziroğlu Yerleşkesi
41040 İzmit / KOCAELİ

denizyuce@litpa.com¹, perdahci@kocaeli.edu.tr², hakanunsalan@litpa.com³

ÖZET

Yapay elektrikli aydınlatmadaki ışık kaynakları teknolojilerinin gelişimi tarihte ilk dönüm noktası olarak kabul edilen Edison'un elektrik lambasını icadı ile başlayıp günümüzde ikinci dönüm noktası olarak görülen LED teknolojilerinin gelişimi ile devam etmektedir. LED'lerin gelecekte etkinliklerini hızlı bir şekilde arttırmaya devam ettirmeleri ile beraber pazardaki paylarının diğer ışık kaynaklarına göre giderek artacağı öngörülmektedir. Günümüzde enkandesen tip lambalar yalnız omik yük içerdiklerinden enerjinin %95'ini ısı %5'ini ışık olarak tüketmektedirler. Bu nedenle günümüzde düşük enerji verimliliği nedeniyle tercih edilmemektedirler. Bunun yerine yaygın olarak kullandığımız klasik Flüoresan, kompakt Flüoresan, yüksek basınçlı civa buharlı, alçak/yüksek basınçlı sodyum buharlı gibi deşarj lambalar ve LED lambalar devrelerinde içerdikleri elektronik devre elemanlarından dolayı güç kalitesini etkilemektedirler. LED ışık kaynaklarının dünya pazarında yerini almasına kadar aydınlatma tarihinde geleneksel ışık kaynaklarının teknolojik gelişimini incelememiz ve LED ışık kaynaklarının gelecekte hangi noktalara geleceği bu çalışmanın konusunu oluşturacaktır.

1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze kadar yapılmış hayatımızı değiştiren sayısız yeni teknolojik gelişmenin günlük hayatımız üzerindeki etki hızı teknolojiye teknolojiye değişmektedir. Yeni bir teknolojik gelişmenin oluşması bazen birkaç yıl sürerken bazen de on yıllarca sürmektedir ve zamanla öyle bir noktaya gelmektedir ki o olmadan önce nasıl yaşadığımızı unuturuz. Ayrıca teknolojinin hızlı gelişmesi ile birkaç yıl önce devrim niteliğinde olan teknolojik gelişmelerin sonucundaki ürün ya da sistemler yine hızlı bir şekilde kullanılmaz duruma gelmektedirler. [1]

Yapay aydınlatmada kullanılan günümüzdeki en yeni teknoloji olan ışık yayan diyotlar (LEDs) aydınlatma tarihinde Edison'un yüzyıl önce bulduğu elektrik lambasından sonra en önemli buluş olarak kabul edilmektedir. Daha önce hiçbir ışık kaynağı LED kadar uzun yıllar çalışmamış ve yine hiçbir ışık kaynağı LED kadar az enerji tüketimi gerçekleştirilmemiştir. [2]

2. GELENEKSEL YAPAY IŞIK KAYNAKLARININ TARİHÇESİ

Yapay aydınlatmada bir dönüm noktası olarak kabul edebileceğimiz LED'in gelecekteki durumunu incelemeyi önce elektriksel aydınlatma kaynaklarının tarihsel gelişimi kısaca çalışmanın aşağıdaki bölümünde yer alacaktır:

Enkandesen Lamba (Akkor Lamba)

Yapay aydınlatmanın geçmişi ateşle başlayıp, gaz lambasıyla devam edip, ardından da mum ile aydınlatmaya kadar oldukça eskiye uzanır. Thomas Edison'un 1879 yılında kendi geliştirdiği akkor lambanın patentini alıp, akkor lambanın kısa bir süre içerisinde ticari kabul görmesinden sonra elektriksel aydınlatmada birçok önemli gelişme meydana gelmiştir. Edison karbonize edilmiş pamuk flamayı vakumlanmış cam bir ampul içerisinde kullanarak ışığı üretti. Aslında aynı çalışmayı Edison'dan önce Joseph Swan de yapmış ve aynı sonuçlara ulaşmıştı. Akkor lamba ilk olarak Edison tarafından icat edilmese de ilk olarak ticarileştiren ve üne kavuşan kişi olarak tarihte çok önemli bir

yeri vardır. Akkor lambalar basit bir direnç devresinin flaman lamba teline elektrik akımı uygulandığında ışıması esasına dayanır. Elektrikli ışık kaynaklarının en basit formu olarak kabul edilen akkor lambalar diğer bütün lamba tiplerine göre ortam sıcaklığından en az etkilenirler. [1]

Enkandesan lambalar düşük enerji verimliliğine sahip olup ayrıca ortalama 1,000 saat çalışma ömrüne sahiptirler. [6] Lambaların ömürleri lambayı açma/kapama sıklığından etkilenmelerine rağmen içerisinde halojen bulunan enkandesan lambalar bu operasyondan etkilenmemektedirler. Deşarj lambaları ile karşılaştırıldıklarında enkandesan lambalar geri dönüşümleri uygun şekilde yapılmadığında, çevreye zarar verici civa gibi toksik maddeler içermezler. [5]

Lambaların kullanım ömürleri boyunca voltaj dalgalanmaları, lambadaki toz/kir gibi sebeplerle ışık akısı miktarında zamanla azalma olmaktadır. [1] Enkandesan lambalarda 1000 saatlik hizmet süresinde ışık akısı miktarında başlangıçtaki miktar ile karşılaştırıldığında yaklaşık olarak %10-15 'lik bir azalma olmaktadır. [5]

Referans ışık kaynağı ile aydınlatma ile oluşan renk dikkate alınarak, cisimlerin bir ışık kaynağı tarafından aydınlatıldığında oluşan renk karşılaştırma standardı ve 0-100 arası ölçek olan "Renksel Geriverim İndeksi" yani CRI (Colour Rendering Index) ile ölçülür. [1] Enkandesan lambalar 100 olan CRI değerleri ile deşarj lambalarına ve LED'li armatürlere göre en yüksek renksel geriverim indeksine sahip olup, bu lambalar ile aydınlatma yapıldığında renkler doğal olarak görünürler. [5], [7]

Enkandesan lambalar güvenli şekilde başlatılmaları için özel bir elektronik sürücünün lamba ile birlikte kullanılmasına ihtiyaç duymazlar, dolayısıyla akımda harmonik problemler ortaya çıkmaz. [5]

Flüoresan Lamba

Elektriksel aydınlatma kaynaklarından diğeri ise 1930'lu yılların sonlarına doğru ortaya çıkan Flüoresan lambalardır. Standart bir Flüoresan lambanın temel yapısını, iç yüzeyi fosfor kaplı cam tüp içerisindeki soy gazlar ve az miktarda civa oluşturur. Katotların lamba içerisinde bir ark oluşturmasıyla civa buharlaşır ve böylece ultraviyole ışığı oluşur. Oluşan ultraviyole ışığının cam tüp içerisindeki fosforla reaksiyona girmesi sonucunda da gözle görülür ışık meydana gelmiş olur. Ayrıca lambaya giden enerjiyi kontrol etmek için balast gibi bir akım düzenleyiciye ve lambanın çalışmasını başlatmak için bazı başlatma mekanizmalarına (starter) ihtiyaç duyulmaktadır. [1] Flüoresan lambalarda elektromanyetik ya da elektronik balastlar kullanılırken, kompakt Flüoresan lambalarda ise hafif olmalarından dolayı elektronik balastlar tercih edilmektedir. [5]

Flüoresan lambaların ortam sıcaklığından etkilenmelerinden dolayı lambanın içerisindeki maddelerin farklı şekilde performans göstermesi çıkan lümen miktarını düşürmektedir. Fakat son yıllardaki gelişmelerle birlikte lümen değerleri ve lambanın ömrü arttırılmıştır.

1970'li yılların ortalarında kompakt Flüoresan lambaların (CFLs) icat edilmesine rağmen lambaların üretim maliyetlerinin yüksek olmalarından dolayı bu aydınlatma kaynakları 1990'lı yıllara kadar pazarda yerini alamamıştır. [1] Enkandesan lambalar ile karşılaştırıldıklarında kompakt Flüoresan lambalar enerji tasarrufu sağlayan ve daha uzun ömürlü lambalar olarak bilinmektedirler. [8] İlk olarak üretilen kompakt Flüoresan lambalarda kullanılan integral balastlardan ötürü lambaların yangın sebebi olarak bilinmesi ve içerdiği yüksek miktardaki civa oranı gibi özelliklerinden dolayı o yıllarda çevreciler tarafından tepki ile karşılanmışlardır.

Zaman içerisinde bu özelliklerin düzeltilmesi ile beraber kompakt Flüoresan lambalar enkandesan lambaların kullanılacağı yerlerin yerine kullanılmak üzere iyi bir seçenek haline gelmişlerdir. [1]

Flüoresan ve kompakt Flüoresan lambalar ultraviyole ışığın gözle görülür ışığa dönüşümünü sağlayan fosforla kaplı olduğundan renksel geriverim indeksi (CRI) değeri 85 civarındadır. Flüoresan ve kompakt Flüoresan lambaların ömürleri lambayı açma/kapama sıklığından etkilendiklerinden, açma/kapama sıklığı çok olan yerlerde kullanılmaları önerilmemektedir. [5]

Deşarj Lambaları (HID)

Deşarj lambalarındaki ilk gelişmeler 1900'lu yılların başında civa buharlı lambaların ortaya çıkmasıyla başlamıştır, lamba ömrü ve etkinlik bakımından akkor lambalar ile karşılaştırıldığında yapılmış en büyük ilerleme olarak kabul edilmiştir. Işık kaynağının etkinliği yıllarca geliştirilirken, lambanın kullanım süresi boyunca lümen değer kaybı bu lamba çeşidinin önemli bir dezavantajıdır. Birçok lamba ortalama hizmet ömrü olarak 24000 saat'ten daha fazla süre kullanılamazlar. Fakat kullanım süresi ile orantılı olarak lümen çıkış miktarı ilk üretim değerinden %20 oranında azalabilmektedir.

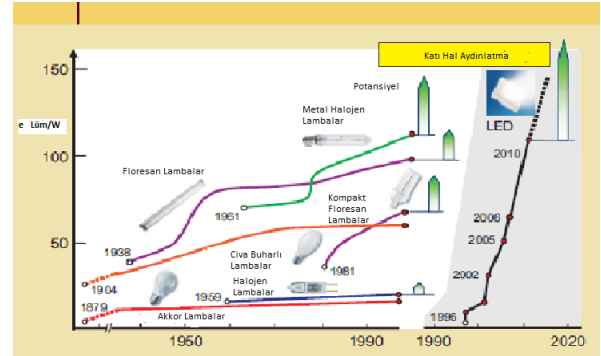
1960'lı yıllarda civa buharlı lambaların çalışma prensibine dayanarak çalışan metal halide (MH) lambalar yeni ışık kaynakları olarak hayatımıza girmiştir. Lambanın etkinliğinin balastın ayarlanmasıyla ve renksel geriverim performansının da çeşitli bileşiklerin eklenmesiyle arttırılabileceği yapılan çalışmalarda gösterilmiştir.

Deşarj lambaları içerisinde yer alan bir diğer elektriksel ışık kaynağı ise 1960'lı yılların ortalarında bulunan yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalardır (HPS). Bu ışık kaynakları sarı ışık rengine sahip olup, yüksek etkinlik ve uzun lamba ömürleri,

diğer ışık kaynaklarına göre en önemli özellikleri olarak sayılabilmektedir. Dış aydınlatma uygulamalarında yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar en çok tercih edilen lamba tipi olmuştur. Yayıdığı sıcak renk tayfindan dolayı iç mekân aydınlatmalarında da kullanılmaya başlanmıştır. Alçak basınçlı sodyum buharlı lambalar (LPS) ise çok daha önce ortaya çıkmasına rağmen sarı renk sıcaklığından dolayı yol aydınlatmalarında kullanımı sınırlı kalmıştır.

İndüksiyon ışık kaynakları ilk olarak 1800'lu yıllarda Tesla tarafından bulunmasına rağmen 1900'lu yıllara kadar pazarda yerini alamamışlardır. Flüoresan lambalarına benzer çalışma prensibine sahip olan bu lambaların içerisindeki fosforlar RF enerji kaynağı ile harekete geçirilmektedir. [1]

Tablo 1'de yapay aydınlatmada kullanılan tüm ışık kaynaklarının etkinlik faktörlerinin gelişimi görülmektedir:



Tablo 1: Işık Kaynaklarının Etkinlik Faktörü Gelişimi [3]

3. LED IŞIK KAYNAKLARININ DÜNYA PAZARINA GİRİŞİ

Geleneksel ışık kaynaklarının aksine ışık yayan diyotlar (LEDs) lamba olmayıp, özel yarı iletken malzemeden oluşan elektronik çiplerdir. LED'in küresel pazarda yerini alması ilk olarak 1960'lı yıllarda Amerikalı bilim adamı Nick Holonyak tarafından geliştirilen kırmızı renkli LED ile gerçekleşmiştir. Yeni yarı iletken

maddelerin geliştirilmesi üzerine turuncu, sarı, mavi ve yeşil renklerde LED ışık kaynakları 1970 ile 1990 yılları arasında ortaya çıkmıştır ve aynı zamanda LED'lerin etkinliklerinin artırılma çalışmaları da paralel olarak devam etmiştir. 1990'lı yılların ortasına doğru ise ilk beyaz LED'ler geliştirilmiş ama yetersiz kalmışlardır. Fakat 2000'li yıllarda geleneksel ışık kaynaklarına alternatif olarak LED gelişimi çok hızlanmıştır. [2] 2006 yılında konut aydınlatmasında tercih edilirken birkaç yıl sonra birçok aydınlatma uygulamalarında da LED kullanımı hızlanmıştır. [1]

LED'lerin yapısı yarı iletken malzemelerin birleşiminden oluşmaktadır. Işık yayan diyotlar n tipindeki elektronlarla donatılmış yarı iletken maddeden oluşur. Bu p tipindeki yarı iletken elektron eksikliğinden doğan deliklerden oluşan ince bir tabakadır ve n tipi yarı iletken malzeme ile katkılanır. Akım uygulandığında elektronlar deliklere doğru giderek birleşirler ve p-n jonksiyonu oluşur. Bu birleşmeden de ışık doğar. Işık yayan diyotlar tek renkli ışınım yaparlar ve elde edilen ışığın rengi kullanılan yarı iletken maddeye göre değişir. Çeşitli yarı iletken madde kullanılarak LED'lerin istenilen dalga boyunda ışık vermeleri sağlanmış olur. [2]

Etkinlik bakımından (lümen/watt) beyaz LED'ler 140 Lm/W'a çıkarak diğer geleneksel ışık kaynaklarının etkinliklerinin üzerine çıkmıştır. [3] LED ışık kaynakları diğer ışık kaynakları ile karşılaştırıldıklarında uzun bir kullanım ömrüne sahiptirler. Bir akkor lamba yaklaşık 1,000 saat yanarken, bir Flüoresan lamba yaklaşık 18,000 saat yanabilir, yüksek performanslı bir LED ise 50,000 saat ve üzeri çalışma ömrüne sahiptir. [2]

LED'lerin renksel geriverim değeri 85 ve üzerinde olup, geleneksel ışık kaynakları ile kıyaslandığında objeler gerçeğe yakın bir şekilde aydınlatılmış olurlar. [5]

Aşağıda Tablo 2'de 250W sodyum buharlı lamba kullanılan sokak aydınlatması ile 120W LED'li armatürler kullanılan sokak aydınlatmasındaki renksel geriverim farkı gösterilmektedir:



Şekil 1: Sodyum Buharlı Lamba ile LED'li Armatürlerin Renksel Geriverim Değerleri Arasındaki Fark [3]

LED'lerin etkinlik ve elektriksel özelliklerini incelediğimizde, istenilen performansa uygun giriş akımlarını kontrol edebilmek adına LM-79 test raporları yapılır ve bu test belirli bir ürünün etkinlik faktörünü belirleyerek elektriksel karakteristiğini ölçmek için kullanılır. Üretilen tüm LED çipler incelendiğinde tamamının elektriksel karakteristiğinin farklı olması nedeniyle bu farklı değerleri ölçme gerekliliği doğmaktadır. Ayrıca armatüre ait özellikleri kıyaslamamızı da zorlaştırmaktadır.

LED'lerle kıyasladığımızda geleneksel ışık kaynakları ise aynı elektrik gücünde ve gerilimindedir. Marka farkı gözetmeksizin bütün enkandesan lambalar aynı miktarda elektrik tüketirler. Deşarj lambalarında ise standart balastlar kullanılır ve bütün markalar genel olarak aynı elektriksel karakteristiğe sahiptirler. Flüoresan lambalarda balastların elektronik, manyetik veya hibrid olmalarına göre elektriksel karakteristiklerinde bazı küçük farklılıklar oluşmasına rağmen genelde benzerdir. Bu da armatür hesaplarına gerek duyulmadan markalar ve sistemler arasında karşılaştırma yapmamızı sağlar.

LED armatürler elektronik devre içerdiklerinden güç kalitesini de etkilemektedirler. Örneğin birçok endüstri tesisindeki elektronik cihazların gerilim değişimleri, harmonikler ve ani voltaj

yükselmeleriyle zarar gördüğü bilinmektedir. Ani voltaj değişimlerini tolere etmek için geleneksel deşarj lambaları ve birçok Flüoresan lambalar geniş voltaj aralığında (220V,50Hz; +/-10%) üretilirler. LED lambalarda düşük gerilim önemli bir sorun olmazken, yüksek voltaj ve ani voltaj değişimlerinde jonksiyon sıcaklığı arttırdığı için çipe ve sürücüye zarar verir. Oluşan gerilim dalgalanmalarına karşı önlem alınmazsa sistem güç kalitesini düşer. [1]

LAMBA TİPİ	GÜÇ (Watt)	e (Lm/W)	ÖMÜR (Saat)
Enkandesan	15	500	10
Tungsten Halojen	20	2000	20
Flüoresan	9	65	90
Civa	50	2000	55
Metal Halojen	35	2000	85
Alç. Bas. Sod.	18	180	200
Yük. Bas. Sod.	35	1000	138
Endüksiyon	55	85	70
LED	0,2	0,6	200
			>50000

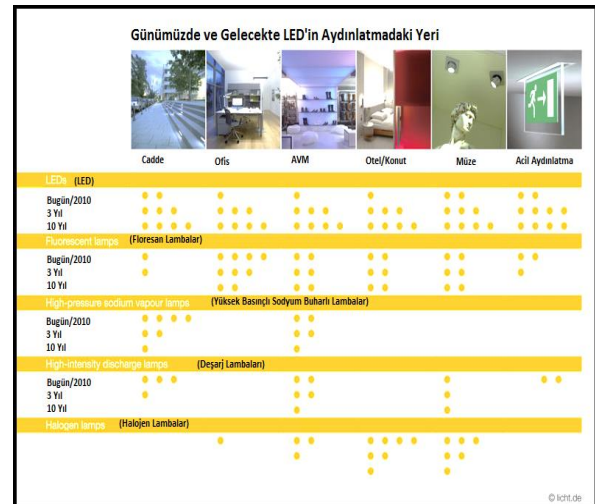
Tablo 2: Litpa Armatürlerinin Elektriksel Karakteristik Değerleri

Birçok geleneksel lamba teknolojilerinin etkinliklerinin arttırılmasındaki gelişmelerin pazara yansması çok uzun zaman almışken yeni ortaya çıkan LED teknolojisinin yüksek verimli ışık kaynağı olarak kabul edilmesi çok daha kısa sürede gerçekleşmiştir. Dolayısıyla LED teknolojisi aydınlatma sektöründe farklı gelişmelere yol açmıştır.[1]

Dünya'daki iklim değişiklikleri, kaynakların kısıtlı hale gelmesi ve enerji fiyatlarının hızlı bir şekilde yükselmesi gibi nedenlerden dolayı LED'ler ışık kaynağı olarak gelecek için çok önemli bir çözüm kaynağı olarak görülmektedir. Uzmanlara göre aydınlatma için kullanılan dünya çapındaki enerji tüketiminde %30'lara kadar çıkacak bir tasarruf LED'lerin kullanımı ile sağlanacaktır. Bu nedenle verimliliği düşük olan halojen lambaların, Flüoresan lambaların ve yüksek basınçlı civa lambaların yavaş yavaş pazardan

kaldırılması Avrupa Birliği ülkelerinde karar olarak alınmıştır. [2]

Enerji verimliliği, günümüzde çoğu zaman düşük güç tüketimi olarak algılanırsa da, aslında aydınlatılacak olan ortamın gerekli olan aydınlık düzeyini değiştirmeden tüketilen enerji miktarının azalması şeklinde tanımlanmalıdır. Yani enerji tasarrufu aydınlatma hesabı yapılan ortamın insan fizyolojisi için gerekli aydınlık düzeyinin değişmeden alternatif lambalarla aynı aydınlatma koşullarının sağlanmasıdır. Bu bağlamda LED'li armatürlerde yüksek ışık akı değerleri ve düşük güç tüketimleri ile gelecekte enerji verimliliği sağlayacaktır. Ayrıca ışık kaynaklarının tercihlerinde ışık akıları, etkinlik faktörleri, ömürleri gibi özelliklerin yanı sıra güç verimliliği de önemli rol oynayacaktır. Çalışma sistemlerinde elektronik devre elemanlarını içeren armatürlerin güç verimliliğini arttırmak için çeşitli aktif pasif filtreler kullanılması gerekmektedir. Aşağıdaki tabloda da LED'lerin yol, ofis, alışveriş, otel, tarihi mekân gibi aydınlatma alanlarında kullanımının geleneksel ışık kaynakları ile karşılaştırıldıklarında gelecekte en önemli çözüm olarak pazarda yer alacağı görülmektedir.



Tablo 3: LED'lerin ve Diğer Geleneksel Işık Kaynaklarının Aydınlatmada Bugünkü ve Gelecekteki Yeri [2]

4. SONUÇ

Yapay ışık kaynaklarının tarihsel gelişimine bakıldığında ışık kaynakları teknolojileri Edison'un icat ettiği akkor lamba ile başlamıştır ve bu gelişme yapay aydınlatmada bir dönüm noktası olmuştur. Aydınlatmadaki teknolojik gelişmeler ışık kaynağı olarak Flüoresan lambaların gelişimi ile devam etmiştir. Kompakt Flüoresan lambaların hayatımıza girmesiyle ortam sıcaklığından akkor lambalara göre daha az etkilenme özelliklerinden dolayı zamanla kompakt Flüoresan lambalar akkor lambaların yerini almıştır. Işık kaynaklarındaki bu teknolojik gelişmeleri deşarj lambalarındaki gelişmeler takip etmiştir. Bu kategoride metal halide lambalar, yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar, alçak basınçlı sodyum buharlı lambalar önemli bir şekilde pazarda yerlerini almışlardır. Yapay aydınlatmadaki tarihi ikinci dönüm noktası olan LED'ler geleneksel ışık kaynaklarının klasik lamba yapısının aksine elektronik çipler şeklinde ortaya çıkmıştır. LED'ler geleceğin en önemli ışık kaynağı çözümü olarak görülmekte ve sürekli teknolojisini yenileyerek aydınlatma pazarındaki yerini giderek arttırmaktadır.

KAYNAKLAR

[1] Cole M., Senior Member, IEEE, and Tim Driscoll, Fellow, IEEE; The Lighting Revolution: If We Were, Experts Before, We're Novices Now; IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, VOL. 50, NO. 2, MARCH/APRIL 2014.

[2]http://www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/lichtwissen17_LED.pdf; licht.wissen 17_ LED: The Light of the Future, 2010.

[3] Kölper C., Bergbauer W., Strassburg M., Linder N.; Die Licht(r)evolution Weisse LED's für die

Allgemeinbeleuchtung;
DOI:10.1002/piuz.201001258,2011.

[4]Litpa Indoor Catalogue, 2014.

[5] Aman M.M., Jasmon G.B., Mokhlis H., Bakar A.H.A.; Analysis of the performance of domestic lighting lamps; Energy Policy 52, 2013, 482-500.

[6]http://en.licht.de/fileadmin/shop-downloads/lichtwissen01_artificial_light.pdf; licht.wissen 01; Lighting with Artificial Light, 2008.

[7] http://en.licht.de/fileadmin/shop-downloads/1409_LW03_E_roads-paths-squares_web.pdf; licht.wissen 03; Roads,paths and squares, 2014.

[8] Luo M. R.; The quality of light sources, Coloration Technology, 2011.