

HESAPLAMA YOLU İLE GENEL YANSITICI TASARIMI

Şensin AYDIN^{*}, Leyla DOKUZER ÖZTÜRK

Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Yapı Fiziği Bilim Dalı
sensina@yildiz.edu.tr, dokuzer@yildiz.edu.tr

ÖZET

Lambadan çıkan ışığın istenen doğrultulara istenen niceliklerde gönderilmesi yansıtıcılar aracılığı ile gerçekleştirilir. Bu nedenle, aydınlatma aygıtlarının çoğu bir yansıtıcı içerir ve yansıtıcı tasarımı aydınlatmada büyük önem taşır. Lamba ışığını biçimlendirmek üzere çeşitli yansıtıcı türleri kullanılır. Bu yansıtıcılar arasında genel yansıtıcılar önemli bir yer kaplar. Genel yansıtıcılar, istenen özellikteki aygıt ışık yeğinlik eğrisini elde etmek amacı ile tasarlanır. Bir başka deyişle, belirli bir aygıt ışık yeğinlik eğrisi veri olarak alınır ve bu ışık yeğinlik dağılımının oluşmasını sağlayacak yansıtıcının tasarımı yapılır. Genel yansıtıcı tasarımına yönelik, çeşitli grafik ve hesaplama dayalı yaklaşımlar söz konusudur. Bu çalışmada, genel yansıtıcı biçiminin doğrudan doğruya hesaplama dayandığı bir yaklaşım açıklanmış ve bu yaklaşım uygulanarak elde edilen kimi sonuçlara yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Genel yansıtıcı, hesaplama yolu, yansıtıcı tasarımı

ABSTRACT

DESIGNING GENERAL REFLECTORS BY FORMULATION METHOD

Distributing the lamp light to desired direction by desired quantity is provided by reflectors. The most of luminaires include reflectors, so, designing reflector is important in lighting. There are different types of reflectors to form the lamp light. General reflectors take an important part in these reflector types. General reflectors are designed to provide the desired luminaire polar distribution curve. In other words, a luminaire polar distribution curve is taken as a datum and then designed a reflector which provide this light distribution. There are a lot of different methods to design general reflectors. In this study, the general reflector design which is based on formulation method is explained and done some examples and it is given the results of these examples.

Keywords: General reflector, formulation method, reflector design

* Bu makale, birinci yazar tarafından YTÜ Mimarlık Fakültesi'nde tamamlanmış olan "Yansıtıcı Biçiminin İstenen Işık Yeğinlik Eğrisine Bağlı Olarak Belirlenmesi" adlı yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

1. Giriş

Lambadan yayımlanan ışığın gerekli doğrultulara yönlendirilmesi ve buna bağlı olarak istenen nicelik ve niteliklerde aydınlıkların sağlanması, aydınlatma aygıtları aracılığı ile gerçekleştirilir. Lamba ışığının biçimlendirilmesi ağırlıklı olarak, ışığın, amaca uygun olarak oluşturulmuş aydınlatma aygıtlarındaki yansıtıcılardan istenen doğrultulara yansıtılması ile olur. Aydınlatma aygıtlarında kullanılan yansıtıcılar arasında, belirli bir aygıt ışık yeğlilik eğrisini sağlamak üzere biçimlendirilen genel yansıtıcılar önemli yer tutar. Genel yansıtıcı tasarımına yönelik çeşitli yaklaşımlar vardır. Bu yaklaşımlar,

- grafikler aracılığı ile genel yansıtıcı tasarımı,
- hesaplama yolu ile genel yansıtıcı tasarımı,
- grafik yapım ile genel yansıtıcı tasarımı,
- grafik bütünleşme ile genel yansıtıcı tasarımı

olarak sınıflandırılabilir.

Bu çalışmanın amacı,

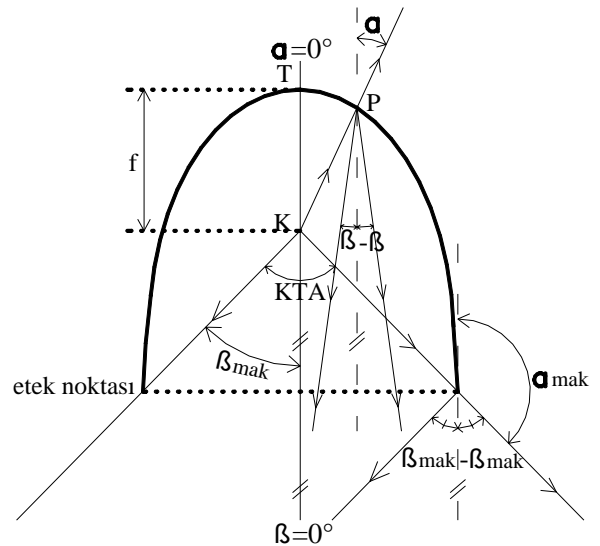
- genel yansıtıcı tasarımında yararlanılabilecek yaklaşımlardan biri olan "hesaplama yolu ile genel yansıtıcı tasarımı"nın açıklanması ve
 - bu yaklaşımın uygulanabildiği özel koşullar için, çeşitli uygulama örnekleri yapılarak aydınlatma aygıtı tasarımcısına yol gösterici verilerin ortaya konması
- olarak belirlenmiştir.

2. Genel Yansıtıcı Biçiminin Hesaplama Yolu ile Belirlenebildiği Koşullar

Genel yansıtıcı biçiminin belirlenmesi ancak belirli koşullar için olanaklıdır. Genel yansıtıcı tasarımında yararlanılan tüm yaklaşımlar için söz konusu olan kabul ve varsayımlar,

- düzgün yansıma yapan yansıtıcı yüzeyi,
- aygıt eksenine göre simetrik yansıtıcı ve aygıt ışık yeğlilik eğrisi,
- aygıt eksenine göre simetrik ışık kaynağı ve ışık kaynağı ışık yeğlilik eğrisi,
- izotrop dağıtımlı nokta ışık kaynağı

olarak sıralanabilir [1, 2]. Elde edilen sonuçların doğruluğu, belirtilen koşulların ne ölçüde gerçekleştirilebildiğine bağlıdır. Genel yansıtıcı tasarımının hesaplama yolu ile yapıldığı durumda, yukarıda genel yansıtıcı tasarımında yararlanılan tüm yaklaşımlar için verilmiş olan koşullara ek olarak, ayrıca ışığın yansıtıcıya geliş ve yansıma açıları (α ve β açısı) arasında değişmez bir ilişkinin bulunması koşulu vardır (Şekil 1). Daha açık bir deyişle, ışık kaynağından çıkarak yansıtıcının belli bir noktasına gelen ışık ışınının aygıt eksenine ile yaptığı açının büyüklüğü (α açısı) ile ışığın yansıtıcının söz konusu noktasından yansıdığı doğrultunun aygıt eksenine ile yaptığı açının büyüklüğü (β açısı) arasında değişmez bir oranın bulunması gerekmektedir.



Şekil 1- Genel yansıtıcıyı belirleyen büyüklükler arasındaki ilişkiler [2]

Şekil 1' de görülen α ve β açıları arasındaki oranın yansıtıcının tüm noktalarında aynı kalması esasına dayanan "Hesaplama Yolu ile Genel Yansıtıcı Tasarımı" nda, yansıtıcının biçimi 1 numaralı formül ile hesaplanır [1].

$$\ln r/f = \tan((\alpha-\beta)/2) \quad (1)$$

Burada,

f: yansıtıcının tepe noktası ile ışık kaynağı merkezi (K) arasındaki uzaklık,

r: ışık kaynağı merkezi (K) ile yansıtıcının herhangi bir P noktası arasındaki uzaklık,

α : ışık kaynağından çıkan ışığın yansıtıcıya geliş doğrultusunun aygıt eksenini ile yaptığı açı (ışığın yansıtıcıya geliş açısı),

β : ışığın yansıtıcıdan yansıma doğrultusunun aygıt eksenini ile yaptığı açı (ışığın yansıtıcıdan yansıma açısı)

olarak gösterilmiştir (Şekil 1).

Yansıtıcı biçiminin saptanmasında yararlanılan 1 numaralı temel eşitlik aşağıdaki gibi açıklanabilir:

- Yansıtıcının biçimi α ve β açılarının büyüklükleri arasındaki orana bağlıdır. α ve β açıları arasındaki ilişki (açısal oran) açı fonksiyonu olarak nitelendirilir ve $f(\alpha, \beta)$ ile gösterilir. Söz konusu açı fonksiyonu $\beta = f(\alpha)$ ya da $\alpha = f(\beta)$ olarak da gösterilebilir.
- α ve β açıları arasında değişmez bir ilişki vardır. Yani, α/β oranı ışık kaynağından çıkarak yansıtıcının değişik noktalarına gelen ve bu noktalardan yansıyan tüm ışık ışınları için aynıdır.
- α ve β açısı arasındaki oran, ışık kaynağından çıkarak yansıtıcı yüzeye düşen ışık akısı niceliği ile ışık kaynağından çıkarak yansıtıcı yüzeye düşmeden doğrudan yansıtıcı dışına çıkan ışık akısı niceliği arasındaki orana eşittir ($\alpha/\beta = \Phi_{Ly} / \Phi_{Ld}$).

- α ve β açıları en büyük değerlerine (α_{mak} , β_{mak}) yansıtıcının etek noktasında ulaşırlar. Bu iki açının yansıtıcı etek noktasındaki toplam büyüklüğü 180° olur ($\alpha_{mak} + \beta_{mak} = 180^\circ$).
- β_{mak} açısının büyüklüğü, yansıtıcıdan/aygıttan doğrudan çıkan ışığın yayılma açısının yarısına eşittir (Şekil 1).
- Aydınlatma aygıtı ışık yeğinlik eğrisini sınırlayan açılar, yani aygıt ışık yeğinlik eğrisine ilişkin koni tepe açısı (KTA) doğrudan çıkan ışığın yayılma açısına, dolayısıyla β_{mak} açısının 2 katına eşittir ($KTA = 2\beta_{mak}$; Şekil 1).

3. Genel Yansıtıcı Tasarımının Adımları

Dayandığı temel koşullar yukarıda açıklanan yaklaşım uyarınca yansıtıcı tasarımı yapabilmek için yapılması gereken işlemler sırası ile aşağıda verilmiştir:

1. Aygıttan doğrudan çıkan ışığın yayılma açısının ($2\beta_{mak}$) ne büyüklükte olacağına karar verilir. Doğrudan çıkan ışığın yayılma açısının büyüklüğü, bir başka deyişle, ışık yeğinlik eğrisinin koni tepe açısının büyüklüğüne bağlı olarak elde edilecek aygıt ışık yeğinlik eğrisi tanımlanmış olur.
2. Yansıtıcının etek noktasından yansıyan ışığın yöneldiği doğrultu ile aygıt eksenini arasındaki açı olan β_{mak} açısının büyüklüğü, "1. adım" da tanımlanmış olan ışık yeğinlik eğrisinin koni tepe açısının yarısı alınarak bulunur.

$$\beta_{mak} = KTA/2 \quad (2)$$

3. Işık kaynağından çıkan ışığın, yansıtıcının etek noktasına geliş doğrultusunun aygıt eksenini ile yaptığı açı olan α_{mak} açısı

$$\alpha_{mak} = 180^\circ - \beta_{mak} \quad (3)$$

eşitliği uyarınca saptanır.

4. "2. ve 3. adım" larda bulunan α_{mak} ve β_{mak} değerleri arasındaki oran ($\alpha_{\text{mak}}/\beta_{\text{mak}}=\alpha/\beta$) belirlenir. α/β oranından yararlanarak β' nin α cinsinden değeri saptanır.

$$\begin{aligned} \alpha/\beta &= x \text{ ise} \\ \beta &= \alpha/x \text{ olur.} \end{aligned} \quad (4)$$

5. Yansıtıcı biçiminin belirlenmesinde yararlanılan

$$\ln r/f = |\tan((\alpha-\beta)/2)| \quad (1)$$

formülünde, β yerine β' nin α cinsinden karşılığı ($\beta=\alpha/x$) yerleştirilir ve formül "r" nin (ışık kaynağı ile yansıtıcının herhangi bir noktası arasındaki uzaklık) hesaplanmasına uygun biçime dönüştürülür.

$$r = f / (\cos(((x-1)2x)\alpha))^{1/((x-1)/2x)} \quad (5)$$

6. Işık kaynağı (K) ile yansıtıcının tepe noktası arasındaki uzaklık (f) konusunda karar verilir. Saptanan f' nin büyüklüğü, yansıtıcı boyutunu belirler.

7. 5 numaralı eşitlikte α bilinmeyenine 0° den başlayıp α_{mak} ' a değin belirli adımlarla açısal değerler ($10, 20, 30, \dots, \alpha_{\text{mak}}$) verilerek her bir α açısı için r uzunluğu hesaplanır.

Örneğin,

$$\alpha=0^\circ \text{ için } r=f/(\cos(((x-1)2x)0))^{1/((x-1)/2x)}$$

$$\alpha=2,5^\circ \text{ için } r=f/(\cos(((x-1)2x)2,5))^{1/((x-1)/2x)}$$

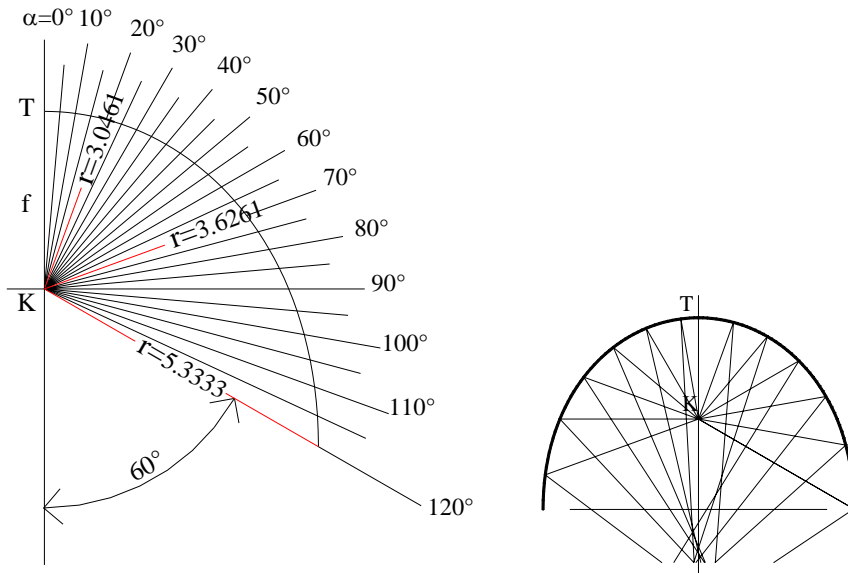
$$\alpha=5^\circ \text{ için } r=f/(\cos(((x-1)2x)5))^{1/((x-1)/2x)}$$

$$\alpha=\alpha_{\text{mak}} \text{ için } r=f/(\cos(((x-1)2x)\alpha_{\text{mak}}))^{1/((x-1)/2x)}$$

8. Aygıt eksenini çizilir ve bu eksen üzerinde ışık kaynağının yeri (K) ve K noktasından f uzaklığındaki yansıtıcı tepe noktasının (T) yeri işaretlenir.

9. "7. adım" da bulunmuş olan her bir α açısına karşılık gelen r uzunlukları, başlangıç noktası ışık kaynağı merkezi (K) alınarak çizilir ve bunların uç noktaları birleştirilerek yansıtıcının biçimi belirlenir (Şekil 2).

1-9 arasındaki adımlar izlenerek, doğrudan çıkan ışığın yayılma açısının 120° olduğu ($\alpha/\beta=2$) durum için örnek olarak oluşturulan yansıtıcı Şekil 2' de gösterilmiştir.

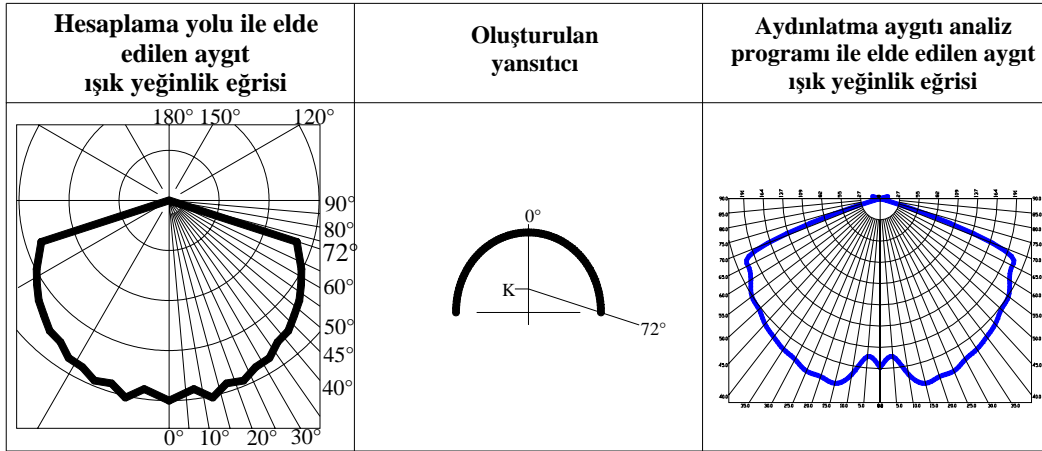


Şekil 2- $\alpha/\beta=2$ durumu için, hesaplama yolu ile elde edilen yansıtıcı

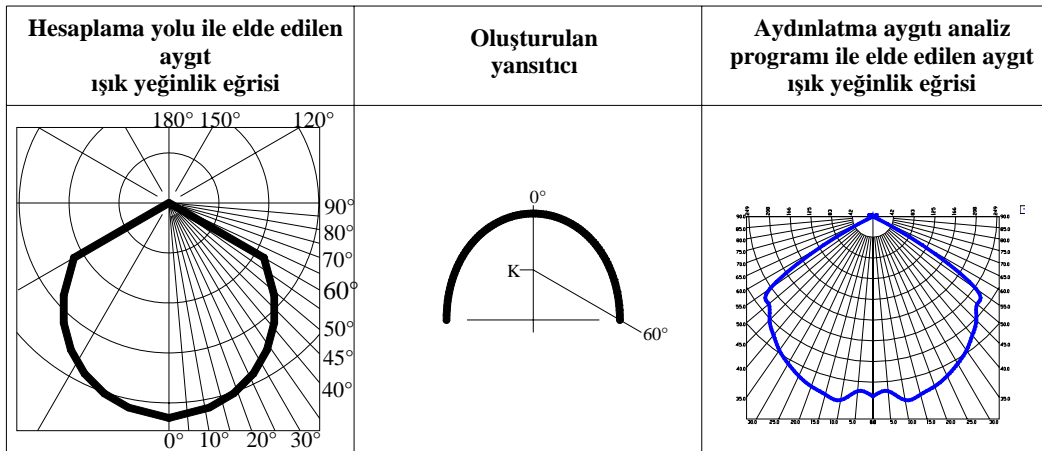
4. Uygulama Örnekleri

Hesaplama yolu ile genel yansıtıcı tasarımına örnekler oluşturmak amacıyla, ışığın yansıtıcıya geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenini ile yaptıkları α ve β açıları arasındaki oranın (α/β) 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5 ve 5 olduğu durumlar ele alınmıştır. Belirlenen sekiz ayrı durum için hesaplama yolu ile genel yansıtıcının biçimi ve büyüklüğü saptanmıştır. Her bir değişik durum için ışık kaynağı merkezi (K) ile yansıtıcının tepe noktası (T) arasındaki uzaklık eşit (3 cm) tutulmuştur.

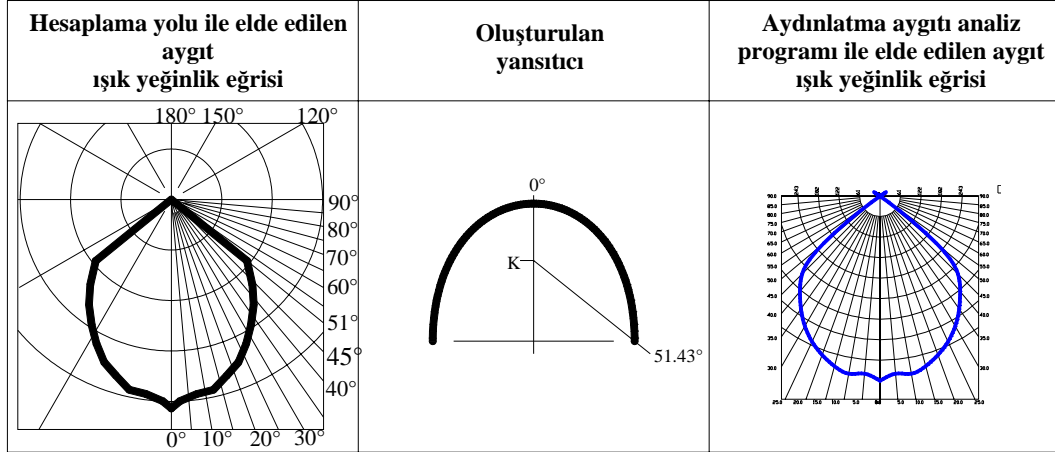
Tasarlanan her bir yansıtıcı ile ulaşılan aygıt ışık yeğinlik eğrisi, bu çalışma kapsamında geliştirilen bir grafik yaklaşım uyarınca belirlenmiştir [2]. Söz konusu grafik yaklaşım ile saptanan aygıt ışık yeğinlik eğrilerinin doğruluğunu kontrol etmek amacıyla, tasarlanan yansıtıcılar, yansıtıcılar içinde izotrop dağıtımlı nokta ışık kaynağı kullanılarak, bir aydınlatma aygıtı analiz programı ile de analiz edilmiştir [3]. Sekiz farklı koşula yönelik yapılan örnek uygulama sonuçları Şekil 3-10' da gösterilmiştir.



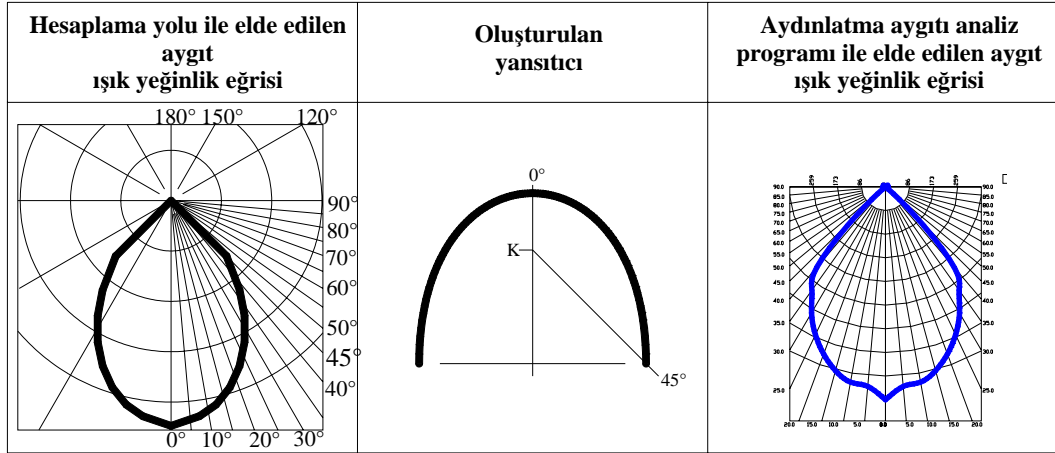
Şekil 3- α/β oranının 1.5 olduğu durum



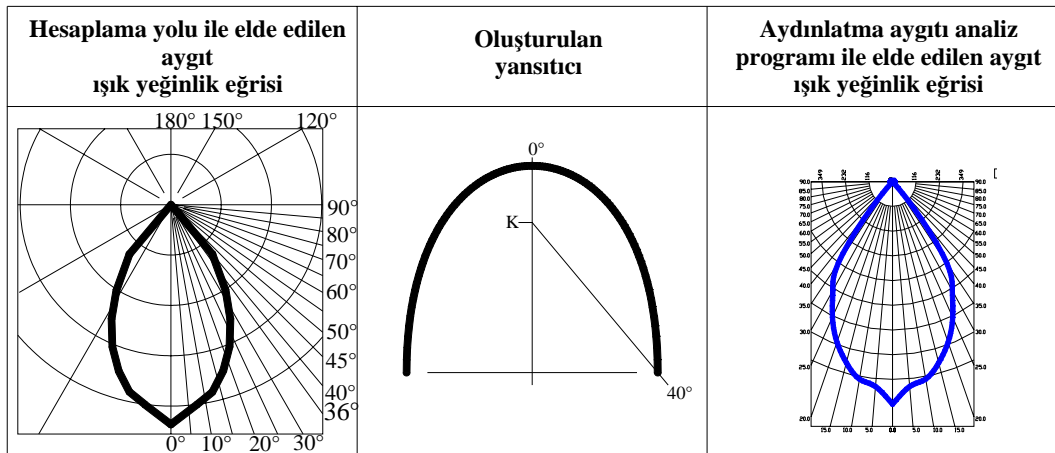
Şekil 4- α/β oranının 2 olduğu durum



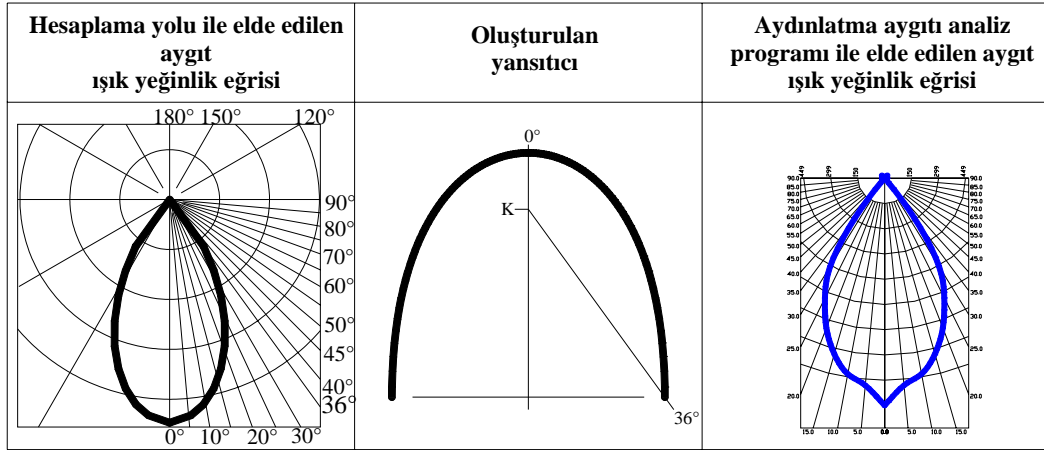
Şekil 5- α/β oranının 2.5 olduğu durum



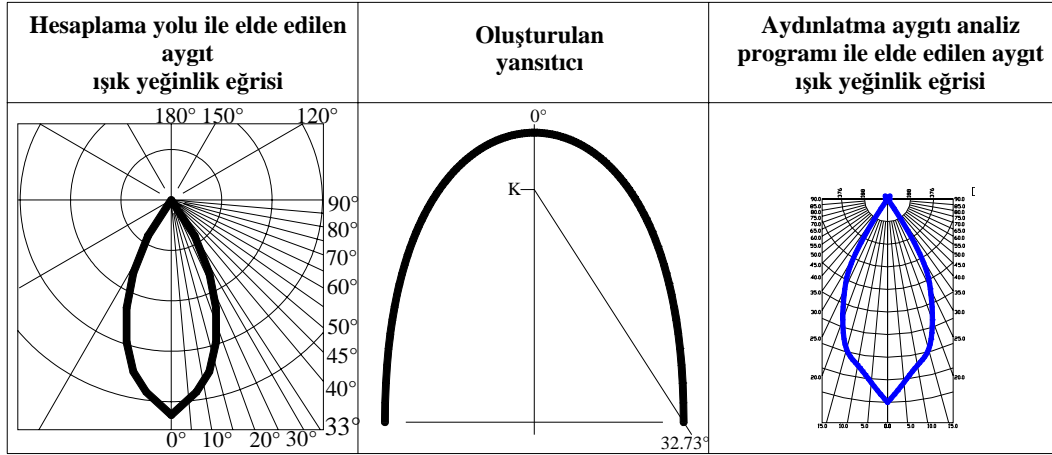
Şekil 6- α/β oranının 3 olduğu durum



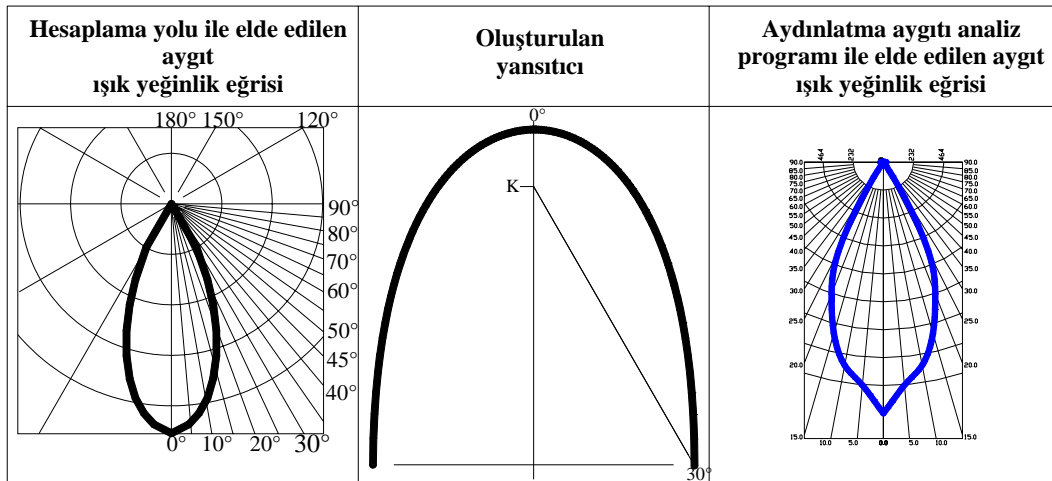
Şekil 7- α/β oranının 3.5 olduğu durum



Şekil 8- α/β oranının 4 olduğu durum



Şekil 9- α/β oranının 4.5 olduğu durum



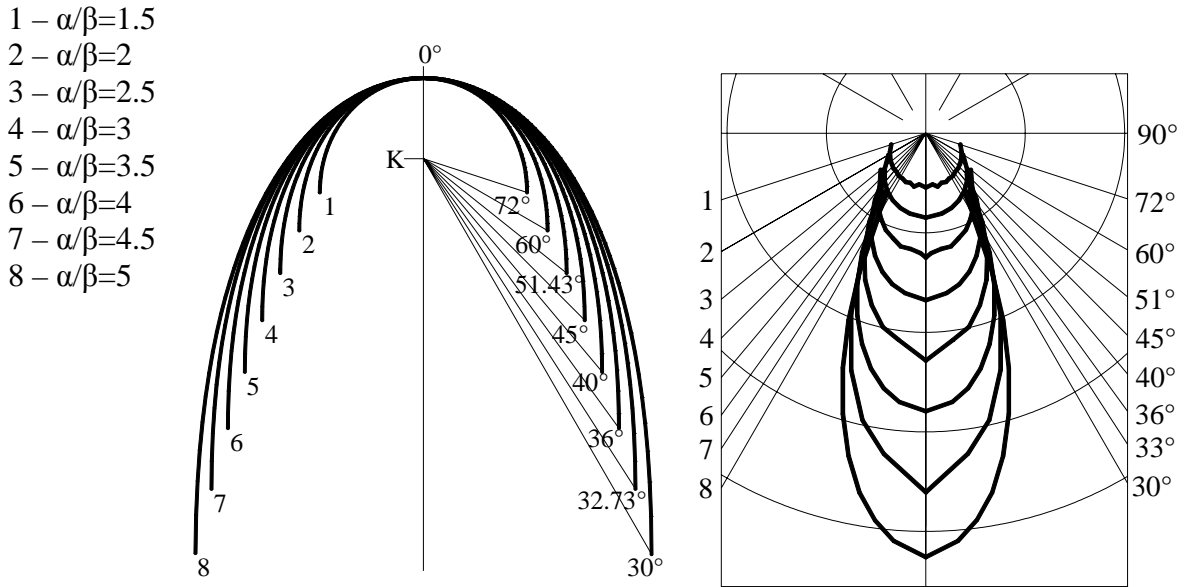
Şekil 10- α/β oranının 5 olduğu durum

5. Değerlendirme ve Sonuç

Bir mekandaki görsel konforu sağlamak üzere aydınlatma tasarımı yapılırken kimi koşullarda kullanıma hazır aygıtlar arasından uygun olanın seçilmesi yeterli olur, kimi koşullarda ise istenen ışık yeğinlik dağılımını verecek aydınlatma aygıtının tasarımı önem kazanır.

Lamba ışığını istenen doğrultulara göndermek amacıyla yansıtıcılardan yararlanılır ve yansıtıcı türlerinin çeşitliliği, yansıtıcı tasarımında çeşitli yöntemlerden yararlanılmasını gerektirir. Yaygın olarak kullanılan genel yansıtıcıların tasarımında amaç, istenen ışık yeğinlik eğrisini sağlayacak yansıtıcının oluşturulmasıdır.

Genel yansıtıcı tasarımına yönelik, değişik koşullar için uygulanabilen çeşitli yaklaşımlar vardır. Bu yaklaşımlardan biri olan "Hesaplama Yolu ile Genel Yansıtıcı Tasarımı" yalnızca ışığın yansıtıcıya geliş ve yansıma açıları arasında değişmez bir oranın olduğu koşullarda uygulanabilmektedir. Işık yansıtıcıya geliş ve yansıma açıları arasındaki oranın (α/β) büyüklüğüne bağlı olarak, oluşturulan yansıtıcının biçim ve boyutu ile elde edilen aygıt ışık yeğinlik eğrisinin özellikleri değişmektedir (Şekil 3-10). α/β oranının 1.5 ile 5 arasında değiştiği sekiz ayrı durumda elde edilen yansıtıcı ve ışık yeğinlik dağılımlarını birbirleri ile karşılaştırabilmek amacıyla, söz konusu yansıtıcılar ve ışık yeğinlik eğrileri Şekil 11' de üst üste çizilerek gösterilmiştir.



Şekil 11- α/β oranının 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5 ve 5 olduğu durum için oluşturulan yansıtıcılar ve elde edilen ışık yeğinlik eğrileri [2]

α/β oranının yansıtıcının tüm noktalarında eşit olduğu durum için ortaya çıkan sonuçlar Şekil 2' den yararlanarak aşağıdaki gibi özetlenebilir:

α/β oranı büyüdükçe (1.5' dan 5' e doğru gittikçe),

- yansıtıcının yüksekliği artar,
- yansıtıcının ağız açıklığı büyür,
- yansıtıcıdan doğrudan çıkan ışığın yayılma açısı/aygıt ışık yeğnlik eğrisinin koni tepe açısı (KTA) küçülür,
- ışık kaynağından çıkan ışığın yansıtıcı yüzeye düşmeden, doğrudan yansıtıcı dışına çıkan bölümü azalır,
- ışık kaynağından çıkan ışığın yansıtıcı yüzeye düşen bölümü, dolayısıyla yansıtıcıdan yansıyarak aygıt dışına çıkan bölümü artar,
- yansıtıcının etek noktasına gelen ışık ışınının aygıt eksenini ile yaptığı açı (α_{mak}) büyür,
- yansıtıcının etek noktasından yansıyan ışık ışınının aygıt eksenini ile yaptığı açı (β_{mak}) küçülür,
- aygıt ışık yeğnlik eğrisinde 0° doğrultusundaki/aygıt eksenini doğrultusundaki ışık yeğnlik değeri büyür.

Yukarıda özetlenen ve Şekil 11' de karşılaştırmalı olarak gösterilen sonuçlardan anlaşılacağı gibi, ışığın yansıtıcıya geliş ve yansıma açıları arasında sabit bir oranın bulunması koşullarında elde edilen aygıt ışık yeğnlik dağılımları belli sınırlar içinde değişmektedir. Bu sınırlar içindeki isteğe uygun ışık yeğnlik dağılımını sağlayacak yansıtıcının oluşturulmasında kolay ve pratik bir yaklaşım olan hesaplama yolu yeğlenmelidir. Işık yeğnlik dağılımı açısından belirtilen sınırların dışındaki farklı gereksinimleri karşılayacak yansıtıcıyı, genel

yansıtıcı tasarımına yönelik grafik yaklaşımlar aracılığı ile belirlemek olanaklıdır.

Öte yandan, bu çalışma içindeki sonuçlara, ışık kaynağının izotrop dağıtımlı ve boyutu olmayan nokta kaynak olması ve yansıtıcının tepe bölgesinde herhangi bir duy boşluğu bırakılmaması koşullarında ulaşılmıştır. Kaynak boyutunun belli bir biçim ve büyüklükte olduğu ve yansıtıcı tepe bölgesinden, duy boşluğu nedeniyle yararlanılamadığı durumda elde edilecek sonuçlar ise burada yer alan sonuçlardan belli oranda farklılık gösterecektir. Bu çalışma kapsamında, yalnızca hesaplama yolu ile genel yansıtıcı tasarımının temel ilkelerini vermek amaçlandığından, kaynak boyutu ve duy boşluğunun elde edilecek ışık yeğnlik dağılımına etkileri ayrıca incelenmemiştir. Ancak, çalışmada açıklanan yaklaşımdan yararlanarak, ışık kaynağının dolayısıyla duy boşluğunun belli büyüklükte olduğu koşulların elde edilecek sonuçlara etkisinin araştırılabileceği açıktır.

KAYNAKLAR

- [1] IES, 1984, "IES Lighting Handbook".
- [2] Aydın, Ş., 2005, "Yansıtıcı Biçiminin İstenen Işık Yeğnlik Eğrisine Bağlı Olarak Belirlenmesi", FBE, YTÜ, İstanbul.
- [3] Photopia 2.0, "Aydınlatma Aygıtı Tasarım ve Analiz Programı".
- [4] Öztürk, L. D., 2004, "Yansıtıcı Tasarımında Temel İlkeler", 1. Aydınlatma Semineri, İstanbul.
- [5] Aydın, Ş., Öztürk, L. D., 23-25 Kasım 2005, "İstenen Aydınlatma Aygıtı Işık Yeğnlik Eğrisini Sağlayacak Yansıtıcı Biçiminin Belirlenmesi", 3. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, Ankara.