

768497

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ


YANSITICI BİÇİMİNİN İSTENEN AYDINLATMA  
AYGITI IŞIK YEĞİNLİK EĞRİSİNE BAĞLI OLARAK  
BELİRLENMESİ


Mimar Şensin AYDIN


FBE Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Fiziği Programında  
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Leyla Dokuzer ÖZTÜRK

  
Prof. Müjgan Serelhanoglu  
SÖZEN

  
Doç. Dr. Leyla Dokuzer Öztürk

  
Prof. Dr. Mehmet Genç Küçükdoğu

İSTANBUL, 2005

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ÖNSÖZ.....	xii
ÖZET.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. AYDINLATMA AYGITI TANIMI.....	2
3. AYDINLATMA AYGITININ AYDINLATMA ÖZELLİKLERİ.....	5
3.1 Işık Akısı Dağılımı.....	5
3.2 Işık Yeğinlik Dağılımı.....	6
3.3 Aydınlatma Aygıtının Geriverimi.....	9
3.4 Aydınlik Düzeyi Dağılımı.....	10
4. AYDINLATMA AYGITININ YAPIM ÖZELLİKLERİ.....	13
4.1 Aygıt Gerecinin IşığI Yansıtma ve Geçirme Özellikleri.....	13
4.2 Aygıtın Geometrik Özellikleri.....	14
5. YANSITICI BİÇİMLERİ.....	15
5.1 Düzlem Yüzeyle Yansıtıcılar.....	15
5.2 Tekli Bükey Yüzeyle Yansıtıcılar.....	16
5.3 Bükey Yüzeyle Yansıtıcılar.....	17
5.3.1 Temel Yansıtıcı Biçimleri (Konik Yansıtıcılar).....	18
5.3.2 Genel Yansıtıcı Biçimleri.....	20
6. GENEL YANSITICI BİÇİMİNİN BELİRLENMESİNDE YARARLANILAN YAKLAŞIMLAR.....	22
6.1 Grafikler AracılığI ile Genel Yansıtıcı Tasarımı.....	23
6.1.1 Yaklaşımın Açıklanması.....	23
6.1.2 Uygulama ÖrneğI.....	27
6.2 Hesaplama Yolu İle Genel Yansıtıcı Tasarımı.....	37
6.2.1 Yaklaşımın Açıklanması.....	38
6.2.2 Uygulama ÖrneğI.....	40
6.3 Grafik Yapım İle Genel Yansıtıcı Tasarımı.....	43
6.3.1 Yaklaşımın Açıklanması.....	44
6.3.2 Uygulama ÖrneğI.....	47

6.4	Grafik Bütünleşme İle Genel Yansıtıcı Tasarımı .....	57
6.4.1	Yaklaşımın Açıklanması .....	57
6.4.2	Uygulama Örneği .....	59
7.	GENEL YANSITICI TASARIMINDA YARARLANILAN YAKLAŞIMLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ .....	64
7.1	Işığın Yansıtıcı Yüzeye Geliş ve Yansıma Doğrultularının Aygıt Ekseni ile Yaptıkları Açılar Arasındaki Oranın Aynı Olduğu Durum .....	65
7.1.1	Grafikler Aracılığı Yansıtıcı Tasarımı.....	66
7.1.2	Hesaplama Yolu ile Yansıtıcı Tasarımı.....	72
7.1.3	Grafik Yapım ile Yansıtıcı Tasarımı .....	74
7.1.4	Grafik Bütünleşme ile Yansıtıcı Tasarımı.....	76
7.2	Işığın Yansıtıcı Yüzeye Geliş ve Yansıma Doğrultularının Aygıt Ekseni ile Yaptıkları Açılar Arasındaki Oranın Düzgün Adımlarla Değiştiği Durum .....	78
7.2.1	Grafikler Aracılığı ile Yansıtıcı Tasarımı.....	79
7.2.2	Hesaplama Yolu ile Yansıtıcı Tasarımı.....	84
7.2.3	Grafik Yapım ile Yansıtıcı Tasarımı .....	87
7.2.4	Grafik Bütünleşme ile Yansıtıcı Tasarımı.....	90
7.3	Işığın Yansıtıcı Yüzeye Geliş ve Yansıma Doğrultularının Aygıt Ekseni ile Yaptıkları Açılar Arasındaki Oranın Gelişigüzel Olduğu Durum.....	93
7.3.1	Grafikler Aracılığı ile Yansıtıcı Tasarımı.....	93
7.3.2	Hesaplama Yolu ile Yansıtıcı Tasarımı.....	98
7.3.3	Grafik Yapım ile Yansıtıcı Tasarımı .....	102
7.3.4	Grafik Bütünleşme ile Yansıtıcı Tasarımı .....	104
7.4	Işığın Yansıtıcı Yüzeye Geliş ve Yansıma Doğrultularının Aygıt Ekseni ile Yaptıkları Açılar Arasındaki Oranın Gelişigüzel Olduğu ve Işığın Yansıma Doğrultusunun Negatif Değerler Aldığı Durum.....	106
7.4.1	Grafikler Aracılığı ile Yansıtıcı Tasarımı.....	107
7.4.2	Hesaplama Yolu ile Yansıtıcı Tasarımı.....	113
7.4.3	Grafik Yapım ile Yansıtıcı Tasarımı .....	114
7.4.4	Grafik Bütünleşme ile Yansıtıcı Tasarımı.....	116
7.5	Genel Yansıtıcı Tasarımında Yararlanılan Yaklaşımların Karşılaştırılması .....	119
7.5	Genel Yansıtıcı Tasarımında Yararlanılan Yaklaşımların Değerlendirilmesi.....	123
8.	UYGULAMA ÖRNEKLERİ .....	130
8.1	Işığın Yansıtıcı Yüzeye Geliş ve Yansıma Doğrultularının Aygıt Ekseni ile Yaptıkları Açılar Arasındaki Oranın Aynı Olduğu Durum için Yapılan Uygulama Örnekleri .....	130
8.2	Işığın Yansıtıcı Yüzeye Geliş ve Yansıma Doğrultularının Aygıt Ekseni ile Yaptıkları Açılar Arasındaki Oranın Düzgün Adımlarla Değiştiği Durum için Yapılan Uygulama Örnekleri .....	142
8.3	Işığın Yansıtıcı Yüzeye Geliş ve Yansıma Doğrultularının Aygıt Ekseni ile Yaptıkları Açılar Arasındaki Oranın Gelişigüzel Olduğu Durum için Yapılan Uygulama Örnekleri .....	159
8.4	Işığın Yansıtıcı Yüzeye Geliş ve Yansıma Doğrultularının Aygıt Ekseni ile Yaptıkları Açılar Arasındaki Oranın Gelişigüzel Olduğu ve Işığın Yansıma Doğrultusunun Negatif Değerler Aldığı Durum için Uygulama Örnekleri.....	170
9.	SONUÇ.....	176
	KAYNAKLAR.....	179

EKLER.....	180
Ek 1 Işığın yansıtıcıya geliş ve yansıma açıları arasında aynı oran bulunmadığı durumda, hesaplama yolu ile yansıtıcı biçiminin belirlenemediğinin tanımlanması.....	181
Ek 2 Aygıt ışık yeğnlik eğrisinin belirlenmesi.....	187
Ek 3 Genel yansıtıcı tasarımında yararlanılan Grafik Bütünleşme Yaklaşımı' nın geliştirilmesi.....	196
Ek 4 Aydınlatma Aygıtı Analiz ve Tasarım Programı (Photopia 2.0).....	197
ÖZGEÇMİŞ.....	198



## SİMGE LİSTESİ

$\alpha$	Lambadan çıkan ışığın yansıtıcı yüzeye geliş doğrultusunun aygıt eksenine ile yaptığı açı (geliş açısı)
$\alpha_{\text{mak}}$	Lambadan çıkan ışığın yansıtıcı yüzeye geliş doğrultusunun aygıt eksenine ile yaptığı maksimum açı
$\beta$	Işığın yansıtıcı yüzeyden yansıma doğrultusunun aygıt eksenine ile yaptığı açı (yansıma açısı)
$\beta_{\text{mak}}$	Işığın yansıtıcı yüzeyden yansıma doğrultusunun aygıt eksenine ile yaptığı maksimum açı
$f$	Yansıtıcının tepe noktası ile ışık kaynağı merkezi arasındaki uzaklık
$\Phi_L$	Lambanın yansıtıcı kesitinde ayrılmış her bölge içine yayımladığı ışık akısı niceliği (bölge akısı)
$\Sigma\Phi_L$	Kullanılan lambanın yayımladığı toplam ışık akısı
$\Phi_{Ld}$	Lamba ışık akısının dolaysız olarak (doğrudan doğruya) aygıt dışına çıkan bölümü
$\Phi_{Lg}$	Gerekli lamba ışık akısı niceliği
$\Phi_{Ly}$	Yansıtıcıdan yansıyarak çıkacak ışık akısı niceliği (kullanılan lambaya bağlı olarak)
$\Phi_{Ly \text{ düz}}$	Düzeltilmiş durum için yansıtıcıdan yansıyarak çıkacak ışık akısı niceliği (kullanılan lambaya bağlı olarak)
$\Phi_{LY}$	Kullanılan lambanın yayımladığı toplam ışık akısının yansıtıcı yüzeyine düşen bölümü
$\Sigma\Phi_Y$	Aygıttan çıkacak dolaysız ve yansımış ışıkların toplamı ( $\Sigma\Phi_Y = \Phi_{Ld} + \Phi_{Ly}$ )
$\Phi_{Yg}$	Aygıtın, aygıt ışık yeğnlik eğrisinde ayrılmış her bölge içine yayımlaması gereken ışık akısı niceliği (bölge akısı)
$\Sigma\Phi_{Yg}$	Aygıttan çıkması gereken toplam ışık akısı
$\Phi_{Yg \text{ düz}}$	Düzeltilmiş durum için, aygıtın, aygıt ışık yeğnlik eğrisinde ayrılmış her bölge içine yayımlaması gereken ışık akısı niceliği
$\Sigma\Phi_{Yg \text{ düz}}$	Düzeltilmiş durum için, aygıttan çıkması gereken toplam ışık akısı
$I_L$	Lambanın ışık yeğnlik eğrisinde ayrılan her bölgenin orta doğrultusundaki ışık yeğnliği
$I_Y$	Aygıtın ışık yeğnlik eğrisinde ayrılan her bölgenin orta doğrultusundaki ışık yeğnliği
$k$	Aygıttan çıkacağı varsayılan toplam ışık akısı ile aygıttan çıkması gereken toplam ışık akısı arasındaki oran ( $k = \Sigma\Phi_Y / \Sigma\Phi_{Yg}$ )
$P$	Yansıtıcının herhangi bir noktası
$r$	Işık kaynağı merkezinin yansıtıcı yüzeyindeki herhangi bir noktaya uzaklığı
$T$	Yansıtıcının tepe noktası
$z$	$\alpha$ ve $\beta$ arasındaki oranın düzgün adımlarla değiştiği durumdaki değişim niceliği
$\theta$ (KTA)	Aygıttan çıkan toplam ışığın yayılma açısı; lambadan yayımlanan ışığın yansıtıcı yüzeyine düşmeden, doğrudan yansıtıcının dışına çıkan bölümü
$\eta$	Aydınlatma aygıtı geriverimi
$\Omega_L$	Lamba ışık yeğnlik eğrisine ilişkin bölge çarpanı (steradyan)
$\Omega_Y$	Aygıt ışık yeğnlik eğrisine ilişkin bölge çarpanı (steradyan)

## ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1	Işık akısı dağılımları (aydınlatma biçimleri) (Philips, 1989).....	6
Şekil 3.2	Polar koordinat sisteminde ışık yeğnlik değerlerinin gösterilişi (Lamp 83, 1996).....	7
Şekil 3.3	Kartezyen sistemde ışık yeğnlik değerlerinin gösterilişi.....	7
Şekil 3.4	Işık yeğnlik eğrisi .....	8
Şekil 3.5	Işık yeğnlik dağılımının çeşitli düzlemler içinde gösterilişi.....	9
Şekil 3.6	Eksensel simetrik bir aydınlatma aygıtının oluşturduğu aydınlık daresi (Lamp 83, 1993) .....	11
Şekil 3.7	Aydınlık düzeyi eğrileri (Lamp 83, 1993).....	12
Şekil 3.8	Eş aydınlık eğrileri.....	12
Şekil 4.1	Aydınlatma aygıtından çıkan, dolaysız ve yansıyan-geçen ışık akısı bölümleri (Öztürk, 1995).....	13
Şekil 5.1	Üç parçadan oluşan düzlem yansıtıcı (Öztürk, 2000).....	16
Şekil 5.2	Her parçasından yansıyan ışığı aynı büyüklükteki açı içine yönelten tekli bükey yüzeyli yansıtıcı (Öztürk, 1995) .....	17
Şekil 5.3	Çizgisel ışık kaynaklarının kullanıldığı tekli bükey yüzeyli yansıtıcı örnekleri.....	17
Şekil 5.4	Bir koni ile bir düzlemin arakesiti olan eğriler (konikler).....	18
Şekil 5.5	Konik yansıtıcıların geometrisi ve ışığın yansıma doğrultuları.....	19
Şekil 5.6	Genel yansıtıcı biçimleri (Weis, 2000).....	21
Şekil 6.1	Genel yansıtıcıyı belirleyen büyüklükler arasındaki ilişkiler .....	22
Şekil 6.2	Elde edilmek istenen aydınlatma aygıtı ışık yeğnlik eğrisi .....	23
Şekil 6.3	Aydınlatma aygıtından çıkan dolaysız ışığın (aygıttan çıkan toplam ışığın) yayılma açısı ( $\theta$ ) .....	24
Şekil 6.4	Aygıt ışık yeğnlik eğrisinde ayrılan bölgeler .....	27
Şekil 6.5	Kullanılan izotrop dağıtımlı nokta ışık kaynağının ışık yeğnlik eğrisi .....	30
Şekil 6.6	İstenen aygıt ışık yeğnlik eğrisini sağlayacak yansıtıcıdan çıkan toplam ışığın yayılma açısı .....	30
Şekil 6.7a	Yansıtıcıdan yansıyan ışığa ilişkin grafik.....	35
Şekil 6.7 b	Lambanın yansıtıcı yüzeye gönderdiği ışığa ilişkin grafik.....	35
Şekil 6.8	Grafikler aracılığı ile oluşturulan genel yansıtıcı .....	37
Şekil 6.9	$\alpha/\beta=2$ durumu için, hesaplama yolu ile belirlenen yansıtıcı.....	43
Şekil 6.10	Grafik yapım ile genel yansıtıcı tasarımında açısal ilişkiler.....	44
Şekil 6.11	$\alpha$ açılarının hacim açısı karşılıkları.....	45
Şekil 6.12	$\beta$ açılarının hacim açısı karşılıkları.....	46
Şekil 6.13	$\alpha/\beta=2$ koşulu için grafik yapım ile oluşturulan genel yansıtıcı .....	50
Şekil 6.14	Elde edilmek istenen aydınlatma aygıtı ışık yeğnlik eğrisi .....	50
Şekil 6.15	$\alpha$ ve $\beta$ açılara ilişkin eğriler ile ışık akısı yüzdesini gösteren grafik .....	55
Şekil 6.16	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu koşul için grafik yapım ile oluşturulan genel yansıtıcı .....	57
Şekil 6.17	Doğal logaritma grafiği.....	61
Şekil 6.18	$\alpha/\beta=2$ koşulu için grafik bütünleşme ile oluşturulan genel yansıtıcı .....	63
Şekil 7.1	Dört ayrı yaklaşım uyarınca oluşturulan yansıtıcılar .....	64
Şekil 7.2	Elde edilmek istenen aydınlatma aygıtı ışık yeğnlik eğrisi .....	66
Şekil 7.3a	Yansıtıcıdan yansıyan ışığa ilişkin grafik.....	69
Şekil 7.3b	Lambanın yansıtıcı yüzeye gönderdiği ışığa ilişkin grafik.....	69
Şekil 7.4	$\alpha/\beta=4$ Durumu İçin grafikler aracılığı ile belirlenen yansıtıcı.....	71

Şekil 7.5	$\alpha/\beta=4$ durumu için, hesaplama yolu ile belirlenen yansıtıcı.....	73
Şekil 7.6	$\alpha/\beta=4$ koşulu için grafik yapım ile oluşturulan genel yansıtıcı.....	75
Şekil 7.7	$\alpha/\beta=4$ koşulu için grafik bütünleşme ile oluşturulan genel yansıtıcı.....	77
Şekil 7.8	Elde edilmek istenen aydınlatma aygıtı ışık yeğnlik eğrisi.....	78
Şekil 7.9a	Yansıtıcıdan yansıyan ışığa ilişkin grafik.....	82
Şekil 7.9b	Lambanın yansıtıcı yüzeye gönderdiği ışığa ilişkin grafik.....	82
Şekil 7.10	$\alpha/\beta=5'$ den $2'$ ye düzgün değişen durum için grafikler aracılığı ile belirlenen yansıtıcı.....	84
Şekil 7.11	$\alpha/\beta=5'$ ten $2'$ ye düzgün değişen durum için hesaplama yolu ile belirlenen yansıtıcı.....	87
Şekil 7.12	$\alpha/\beta=5'$ den $2'$ ye düzgün adımlarla değişen koşul için grafik yapım ile oluşturulan genel yansıtıcı.....	90
Şekil 7.13	$\alpha/\beta=5'$ den $2'$ ye düzgün değişen koşul için grafik bütünleşme ile oluşturulan genel yansıtıcı.....	92
Şekil 7.14	Elde edilmek istenen aydınlatma aygıtı ışık yeğnlik eğrisi.....	93
Şekil 7.15a	Yansıtıcıdan yansıyan ışığa ilişkin grafik.....	96
Şekil 7.15b	Lambanın yansıtıcı yüzeye gönderdiği ışığa ilişkin grafik.....	96
Şekil 7.16	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu durum için grafikler aracılığı ile belirlenen yansıtıcı.....	98
Şekil 7.17	$\alpha$ ve $\beta$ açılara ilişkin eğriler ile ışık akısı yüzdesini gösteren grafik.....	100
Şekil 7.18	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu durum için hesaplama yolu ile belirlenen yansıtıcı.....	101
Şekil 7.19	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu koşul için grafik yapım ile oluşturulan genel yansıtıcı.....	103
Şekil 7.20	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu koşul için grafik bütünleşme ile oluşturulan genel yansıtıcı.....	105
Şekil 7.21	ışığın geliş ve yansımaya açıları arasındaki oranın gelişigüzel olduğu ve ışığın yansımaya doğrultusunun negatif değerler aldığı durum için veri olarak alınan $\alpha$ ve $\beta$ eğrileri grafiği.....	106
Şekil 7.22	Elde edilmek istenen aydınlatma aygıtı ışık yeğnlik eğrisi.....	107
Şekil 7.23a	Yansıtıcıdan yansıyan ışığa ilişkin grafik.....	110
Şekil 7.23b	Lambanın yansıtıcı yüzeye gönderdiği ışığa ilişkin grafik.....	110
Şekil 7.24	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu ve negatif değerler aldığı durum için grafikler aracılığı ile belirlenen yansıtıcı.....	112
Şekil 7.25	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu ve negatif değerler aldığı durum için hesaplama yolu ile belirlenen yansıtıcı.....	114
Şekil 7.26	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu ve negatif değerler aldığı koşul için grafik yapım ile oluşturulan genel yansıtıcı.....	116
Şekil 7.27	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu negatif değerler aldığı koşul için grafik bütünleşme ile oluşturulan genel yansıtıcı.....	118
Şekil 7.28	Işığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansımaya doğrultularının aygıt eksenine ile yaptıkları açılar arasındaki oranın aynı ( $\alpha/\beta=4$ ) olduğu durum için farklı yaklaşımlar ile oluşturulan yansıtıcı biçimleri.....	119
Şekil 7.29	Işığın geliş ve yansımaya açıları arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) $5'$ den $2'$ ye doğru düzgün adımlarla değiştiği durum için, farklı yaklaşımlar ile oluşturulan yansıtıcı biçimleri.....	120
Şekil 7.30	Işığın geliş ve yansımaya açıları arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) gelişigüzel olduğu durum için farklı yaklaşımlar ile oluşturulan yansıtıcı biçimleri.....	121
Şekil 7.31	Işığın geliş ve yansımaya açıları arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) gelişigüzel olduğu ve ışığın yansımaya açısının ( $\beta$ ) negatif değerler aldığı durum için farklı yaklaşımlar ile oluşturulan yansıtıcı biçimleri.....	122

Şekil 7.32	Bilgisayar simülasyon programında elde edilen yansıtıcılar .....	124
Şekil 8.1	$\alpha/\beta$ oranının aynı olduğu durum için oluşturulan yansıtıcılar.....	139
Şekil 8.2	$\alpha/\beta$ oranının aynı olduğu durum için elde edilen ışık yeğnlik eğrileri .....	139
Şekil 8.3	$\alpha/\beta$ oranının düzgün adımlarla arttığı durum için oluşturulan yansıtıcılar .....	149
Şekil 8.4	$\alpha/\beta$ oranının düzgün adımlarla arttığı durum için elde edilen ışık yeğnlik eğrileri.....	149
Şekil 8.5	$\alpha/\beta$ oranının düzgün adımlarla azaldığı durum için oluşturulan yansıtıcılar ..	157
Şekil 8.6	$\alpha/\beta$ oranının düzgün adımlarla azaldığı durum için elde edilen ışık yeğnlik eğrileri.....	157
Şekil 8.7	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu durum için oluşturulan yansıtıcılar .....	169
Şekil 8.8	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu ve negatif değerler de aldığı durum için oluşturulan yansıtıcılar.....	174
Şekil 8.9	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu ve negatif değerler de aldığı durum için elde edilen ışık yeğnlik eğrileri .....	174
Şekil Ek 1.1	$\alpha/\beta=5'$ ten $2'$ ye düzgün adımlarla değişen koşul için grafik yapım ile oluşturulan genel yansıtıcı .....	182
Şekil Ek 1.2	$\alpha/\beta=5'$ ten $2'$ ye düzgün adımlarla azalan koşul için hesaplama yolu ile oluşturulan genel yansıtıcı .....	184
Şekil Ek 1.3	$\alpha/\beta=5'$ ten $2'$ ye düzgün adımlarla azalan koşul için, grafik yapım ve hesaplama yolu ile oluşturulan yansıtıcılar arasındaki fark.....	184
Şekil Ek 1.4	$\alpha/\beta=2$ ve $\alpha/\beta=5'$ den $2'$ ye değişen durumlar için oluşturulmuş yansıtıcılar..	186
Şekil Ek 2.1	$\alpha$ ve $\beta$ açılarna ilişkin eğriler ile ışık akısı yüzdesini gösteren grafik .....	190
Şekil Ek 2.2	$\alpha/\beta=2$ durumu için oluşturulan aygıt ışık yeğnlik eğrisi.....	191
Şekil Ek 2.3	$\alpha$ ve $\beta$ açılarna ilişkin eğriler ile ışık akısı yüzdesini gösteren grafik.....	194
Şekil Ek 2.4	$\alpha/\beta=5'$ den $2'$ ye düzgün adımlarla değişen durum için oluşturulan aygıt ışık yeğnlik eğrisi.....	195
Şekil Ek 3.1	Doğal logaritma grafiğindeki bölge alanları.....	196

## ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1	Aydınlatma aygıtının ışık akısı dağılımı/aydınlatma biçimi .....	5
Çizelge 3.2	Eksensel simetrik bir aydınlatma aygıtına ilişkin aydınlık düzeyi tablosu (Lamp 83, 1996) .....	11
Çizelge 6.1	Elde edilmek istenen aygıt ışık yeğinlik eğrisinde ayrılan bölgelerin özellikleri .....	28
Çizelge 6.2	Kullanılan ışık kaynağının ışık yeğinlik eğrisinde ayrılan bölgelerin özellikleri .....	29
Çizelge 6.3	Aydınlatma aygıtından çıkması gereken yansımış ve dolaysız ışık akıları .....	32
Çizelge 6.4	Kümülatif (toplam) ışık akısı değerleri.....	33
Çizelge 6.5	Yansıtıcı parçalarının sınırlarını belirten açısal değerler .....	36
Çizelge 6.6	$\alpha$ açısına bağlı olarak bulunan $r$ değerleri.....	41
Çizelge 6.7	$\alpha/\beta=2$ oranına göre oluşturulan yansıtıcıyı belirleyen açısal büyüklükler.....	48
Çizelge 6.8	$\alpha$ açılarının karşılığı olan hacim açıları içindeki ışık akıları yüzdeleri.....	52
Çizelge 6.9	$\beta$ açılarının karşılığı olan hacim açıları içindeki ışık akısı yüzdeleri .....	53
Çizelge 6.10	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu duruma göre oluşturulan yansıtıcıyı belirleyen açısal büyüklükler .....	55
Çizelge 6.11	$\alpha/\beta=2$ oranına göre oluşturulan yansıtıcıyı belirleyen açısal büyüklükler.....	59
Çizelge 6.12	$\alpha/\beta=2$ oranına göre oluşturulan yansıtıcının $r$ uzunlukları .....	62
Çizelge 7.1	$\alpha/\beta=4$ durumu için aygıt ışık yeğinlik eğrisinde ayrılan bölgelerin özellikleri .....	66
Çizelge 7.2	Işık kaynağının ışık yeğinlik eğrisinde ayrılan bölgelerin özellikleri .....	67
Çizelge 7.3	Aydınlatma aygıtından çıkması gereken yansımış ve dolaysız ışık akıları .....	68
Çizelge 7.4	Kümülatif (Toplam) ışık akısı değerleri .....	68
Çizelge 7.5	Yansıtıcı parçalarının sınırlarını belirten açısal değerler.....	70
Çizelge 7.6	$\alpha$ açısına bağlı olarak bulunan $r$ değerleri.....	72
Çizelge 7.7	$\alpha/\beta=4$ oranına göre oluşturulan yansıtıcıyı belirleyen açısal büyüklükler.....	74
Çizelge 7.8	$\alpha/\beta=4$ oranına göre oluşturulan yansıtıcıyı belirleyen büyüklükler.....	76
Çizelge 7.9	$\alpha/\beta$ oranının $5'$ den $2'$ ye doğru düzgün adımlarla değiştiği durum için aygıt ışık yeğinlik eğrisinde ayrılan bölgelerin özellikleri .....	79
Çizelge 7.10	Kullanılan ışık kaynağının ışık yeğinlik eğrisinde ayrılan bölgelerin özellikleri .....	79
Çizelge 7.11	Aydınlatma aygıtından çıkması gereken yansımış ve dolaysız ışık akıları .....	80
Çizelge 7.12	Kümülatif (Toplam) ışık akısı değerleri .....	81
Çizelge 7.13	Yansıtıcı parçalarının sınırlarını belirten açısal değerler.....	83
Çizelge 7.14	$\alpha$ açısına bağlı olarak bulunan $r$ değerleri.....	86
Çizelge 7.15	$\alpha/\beta=5'$ ten $2'$ ye düzgün adımlarla değişen orana göre oluşturulan yansıtıcıyı belirleyen açısal büyüklükler .....	88
Çizelge 7.16	$\alpha/\beta=5'$ den $2'$ ye düzgün adımlarla değişen duruma göre oluşturulan yansıtıcıyı belirleyen büyüklükler .....	91
Çizelge 7.17	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu durum için aygıt ışık yeğinlik eğrisinde ayrılan bölgelerin özellikleri.....	93
Çizelge 7.18	Kullanılan ışık kaynağının ışık yeğinlik eğrisinde ayrılan bölgelerin özellikleri .....	94
Çizelge 7.19	Aydınlatma aygıtından çıkması gereken yansımış ve dolaysız ışık akıları .....	95
Çizelge 7.20	Kümülatif (Toplam) ışık akısı değerleri .....	95
Çizelge 7.21	Yansıtıcı parçalarının sınırlarını belirten açısal değerler.....	97
Çizelge 7.22	$\alpha$ açılarının karşılığı olan hacim açıları içindeki ışık akıları yüzdeleri.....	99

Çizelge 7.23	$\beta$ açılarının karşılığı olan hacim açıları içindeki ışık akısı yüzdeleri .....	99
Çizelge 7.24	$\alpha$ açısına bağlı olarak bulunan r değerleri.....	100
Çizelge 7.25	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu duruma göre oluşturulan yansıtıcıyı belirleyen açısız büyüklükler.....	102
Çizelge 7.26	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu duruma göre oluşturulan yansıtıcıyı belirleyen büyüklükler .....	104
Çizelge 7.27	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu durum için aygıt ışık yeğinlik eğrisinde ayrılan bölgelerin özellikleri.....	107
Çizelge 7.28	Kullanılan ışık kaynağının ışık yeğinlik eğrisinde ayrılan bölgelerin özellikleri .....	108
Çizelge 7.29	Aydınlatma aygıtından çıkması gereken yansımış ve dolaysız ışık akıları ....	109
Çizelge 7.30	Kümülatif (Toplam) ışık akısı değerleri .....	109
Çizelge 7.31	Yansıtıcı parçalarının sınırlarını belirten açısız değerler.....	111
Çizelge 7.32	$\alpha$ açısına bağlı olarak bulunan r değerleri.....	113
Çizelge 7.33	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu duruma göre oluşturulan yansıtıcıyı belirleyen açısız büyüklükler.....	115
Çizelge 7.34	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu duruma göre oluşturulan yansıtıcıyı belirleyen büyüklükler .....	117
Çizelge 7.35	Işığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenini ile yaptıkları açılar arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) aynı olduğu durum .....	125
Çizelge 7.36	Işığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenini ile yaptıkları açılar arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) düzgün adımlarla değiştiği durum ..	126
Çizelge 7.37	Işığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenini ile yaptıkları açılar arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) gelişigüzel olduğu durum.....	127
Çizelge 7.38	Işığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenini ile yaptıkları açılar arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) gelişigüzel olduğu ve ışığın yansıma doğrultusunun negatif değerler aldığı durum .....	128
Çizelge 8 .1a	$\alpha/\beta$ oranının aynı olduğu durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=1.5$ ).....	131
Çizelge 8 .1b	$\alpha/\beta$ oranının aynı olduğu durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=2$ ).....	132
Çizelge 8 .1c	$\alpha/\beta$ oranının aynı olduğu durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=2.5$ ).....	133
Çizelge 8 .1d	$\alpha/\beta$ oranının aynı olduğu durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=3$ ).....	134
Çizelge 8 .1e	$\alpha/\beta$ oranının aynı olduğu durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=3.5$ ).....	135
Çizelge 8 .1f	$\alpha/\beta$ oranının aynı olduğu durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=4$ ).....	136
Çizelge 8 .1g	$\alpha/\beta$ oranının aynı olduğu durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=4.5$ ).....	137
Çizelge 8 .1h	$\alpha/\beta$ oranının aynı olduğu durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=5$ ).....	138
Çizelge 8.2a	$\alpha/\beta$ oranının düzgün adımlarla arttığı durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=2'$ den $3' e$ ).....	143
Çizelge 8.2b	$\alpha/\beta$ oranının düzgün adımlarla arttığı durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=2'$ den $4' e$ ).....	144
Çizelge 8.2c	$\alpha/\beta$ oranının düzgün adımlarla arttığı durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=3'$ ten $4' e$ ).....	145
Çizelge 8.2d	$\alpha/\beta$ oranının düzgün adımlarla arttığı durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=2'$ den $5' e$ ).....	146
Çizelge 8.2e	$\alpha/\beta$ oranının düzgün adımlarla arttığı durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=3'$ ten $5' e$ ).....	147
Çizelge 8.2f	$\alpha/\beta$ oranının düzgün adımlarla arttığı durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=4'$ ten $5' e$ ).....	148
Çizelge 8.3a	$\alpha/\beta$ oranının düzgün adımlarla azaldığı durum için yapılan uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=3'$ ten $2' ye$ ) .....	151
Çizelge 8.3b	$\alpha/\beta$ oranının düzgün adımlarla azaldığı durum için yapılan uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=4'$ ten $2' ye$ ) .....	152

Çizelge 8.3c	$\alpha/\beta$ oranının düzgün adımlarla azaldığı durum için yapılan uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=5'$ den $2'$ ye) .....	153
Çizelge 8.3d	$\alpha/\beta$ oranının düzgün adımlarla azaldığı durum için yapılan uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=4'$ ten $3'$ e) .....	154
Çizelge 8.3e	$\alpha/\beta$ oranının düzgün adımlarla azaldığı durum için yapılan uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=5'$ den $3'$ e) .....	155
Çizelge 8.3f	$\alpha/\beta$ oranının düzgün adımlarla azaldığı durum için yapılan uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=5'$ den $4'$ e) .....	156
Çizelge 8.4a	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu durum için yapılan uygulama örnekleri.....	160
Çizelge 8.4b	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu durum için yapılan uygulama örnekleri.....	161
Çizelge 8.4c	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu durum için yapılan uygulama örnekleri.....	162
Çizelge 8.4d	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu durum için yapılan uygulama örnekleri.....	163
Çizelge 8.4e	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu durum için yapılan uygulama örnekleri.....	164
Çizelge 8.4f	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu durum için yapılan uygulama örnekleri.....	165
Çizelge 8.4g	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu durum için yapılan uygulama örnekleri.....	166
Çizelge 8.4h	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu durum için yapılan uygulama örnekleri.....	167
Çizelge 8.4i	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu durum için yapılan uygulama örnekleri.....	168
Çizelge 8.5a	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu ve negatif değerler de aldığı durum için yapılan uygulama örnekleri ( $\beta$ eğrisinin $\alpha$ eğrisini kesmediği durum).....	171
Çizelge 8.5b	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu ve negatif değerler de aldığı durum için yapılan uygulama örnekleri ( $\beta$ eğrisinin $\alpha$ eğrisini $20^\circ$ de kestiği durum) ....	172
Çizelge 8.5c	$\alpha/\beta$ oranının gelişigüzel olduğu ve negatif değerler de aldığı durum için yapılan uygulama örnekleri ( $\beta$ eğrisinin $\alpha$ eğrisini $40^\circ$ de kestiği durum) ....	173
Çizelge Ek 1.1	$\alpha/\beta=5'$ den $2'$ ye düzgün adımlarla değişen durum için, grafik yapım yaklaşımına göre oluşturulan yansıtıcının açısız büyüklükler .....	181
Çizelge Ek 1.2	$\alpha/\beta=5'$ ten $2'$ ye düzgün adımlarla değişen durum için, hesaplama yolu ile oluşturulan yansıtıcıyı belirleyen açısız büyüklükler .....	183
Çizelge Ek 1.3	$\alpha/\beta=2$ durumu için, 6.9 numaralı eşitlik ile yapılan hesaplama sonuçları ....	185
Çizelge Ek 1.4	$\alpha/\beta=2$ durumu için, 6.4 numaralı eşitlik ile yapılan hesaplama sonuçları ....	185
Çizelge Ek 2.1	$\alpha$ açılarının karşılığı olan hacim açıları içindeki ışık akıları yüzdeleri.....	189
Çizelge Ek 2.2	$\beta$ açılarının karşılığı olan hacim açıları içindeki ışık akısı yüzdeleri .....	191
Çizelge Ek 2.3	$\alpha$ açılarının karşılığı olan hacim açıları içindeki ışık akıları yüzdeleri.....	193
Çizelge Ek 2.4	$\alpha$ açılara karşılık gelen $\beta$ açıları.....	194
Çizelge Ek 2.5	$\beta$ açılarının karşılığı olan hacim açıları içindeki ışık akısı yüzdeleri .....	195

## ÖNSÖZ

Aydınlatma düzeni, mekanın işlevsel ve yapımsal özelliklerine göre saptanarak, gerekli aydınlık niceliği ve niteliğini oluşturmak için kurulur. En önemli amaçlardan biri, aydınlatma aygıtlarındaki yansıtıcılardan yararlanarak lamba ışığını biçimlendirmektir.

Yansıtıcı biçiminin aydınlatma aygıtı ışık yeğnlik eğrisine bağlı olarak belirlenmesini amaçlayan bu çalışmada, çalışma süresince bana yön verip değerli katkılarda bulunan tez danışmanım değerli hocam Sayın Doç. Dr. Leyla ÖZTÜRK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, lisansüstü eğitimim süresince bana destek veren Yapı Fiziği Bilim Dalı Başkanı Prof. Müjgan Şerefhanoglu SÖZEN ve Yapı Fiziği Bilim Dalı Öğretim Üyeleri değerli hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam süresince, maddi ve manevi, sürekli yanımda hissettiğim aileme de sonsuz teşekkürler sunarım.



## ÖZET

İstenen nicelik ve niteliklerde aydınlıkların sağlanabilmesi, lambadan çıkan ışığın biçimlendirilebilmesine bağlıdır. Lamba ışığı, ağırlıklı olarak, amaca uygun olarak oluşturulmuş aydınlatma aygıtlarındaki yansıtıcılarla biçimlendirilebilir. Söz konusu yansıtıcılar içinde önemli bir yer tutan genel yansıtıcılar, belirli bir aygıt ışık yeğinlik eğrisini sağlamak üzere tasarlanırlar.

Bu çalışmanın amacı,

- genel yansıtıcı tasarımında yararlanılabilecek yaklaşımları açıklamak, birbirleri ile karşılaştırmak,
- yansıtıcıyı belirleyen açısal büyüklüklere bağlı olarak hangi koşulda hangi yaklaşımın kolay uygulanabilir olduğunu belirlemek,
- farklı biçimlerdeki aygıt ışık yeğinlik eğrilerini sağlayacak yansıtıcı özelliklerini saptamaktır.

Belirtilen amaca yönelik yapılan bu çalışma, sekiz ana bölüm ve ekler bölümünden oluşmaktadır.

Bölüm 1' de, konuya giriş yapılarak, çalışmanın amaç ve kapsamı belirtilmiştir.

Bölüm 2' de, aydınlatma aygıtının tanımı yapılmış, aydınlatma düzenlerinde önemli rol oynamasının nedenleri ve özellikleri açıklanmıştır.

Bölüm 3' de, aydınlatma aygıtının aydınlatma özellikleri belirtilmiştir.

Bölüm 4' te, aydınlatma aygıtının yapım özellikleri konusuna değinilmiş ve aygıt gerecinin ışığı yansıtma-geçirme özellikleri ile aygıtın geometrik özelliklerine ilişkin temel bilgiler verilmiştir.

Bölüm 5' de, yansıtıcı biçimleri ele alınarak incelenmiştir.

Bölüm 6' da, genel yansıtıcı biçiminin belirlenmesinde yararlanılan dört farklı yaklaşım incelenerek ve ilgili yaklaşımı kullanarak her biri için birer örnek yapılmıştır.

Bölüm 7' de, genel yansıtıcı tasarımında yararlanılan her bir yaklaşım, ışığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultusunun aygıt eksenine ile yaptığı açılar arasındaki farklı oran durumlarına göre karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir.

Bölüm 8' de, bölüm 7' de incelenen, ışığın geliş ve yansıma doğrultuları arasındaki oranın her farklı durumu için seçilen en uygun yaklaşım kullanılarak uygulama örnekleri yapılmıştır.

Bölüm 9' da, sonuç olarak, genel yansıtıcı tasarımına ilişkin yaklaşımlar ve hangi koşullarda hangi yaklaşımın daha kolay kullanılabilir olduğu saptanmıştır.

Ekler bölümünde ise, ilgili bölümlerde genel yansıtıcı tasarımına ilişkin incelemeler yapılırken, konuyla ilgili geliştirilen destekleyici açıklamalar verilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Yansıtıcı biçimleri, ışık yeğinlik dağılımı, genel yansıtıcı tasarımı.

## ABSTRACT

Providing the desired light quantity and quality depends on forming the lamp light. Lamp light, especially, can be formed by the reflectors of luminaires which are constituted for the proper purpose. General reflectors which have an important place between reflectors are designed for providing the specific luminous intensity distribution.

The aim of this study is,

- explaining and comparing the general reflector design methods,
- determining the easiest and proper general reflector design method for the proper condition considering the angular relation on the reflector curve contour.
- establishing the reflector properties which will provide different luminous intensity distributions.

This study which is made in mentioned aim, consists of eight main chapters and an appendix.

In the first chapter, the introduction topic is presented, the aim and the scope of the study is determined.

In the second chapter, the definition of the luminaire is made, the reasons that play important role in the lighting systems and the characteristics of the luminaire are explained.

In the third chapter, the lighting properties of the luminaire are explained in detail.

In the fourth chapter, the manufacturing of the luminaire and the basic principles about the reflection and the transmission of the luminaire and the geometrical characteristics of the luminaire are mentioned.

In the fifth chapter, reflector types are examined.

In the sixth chapter, four different methods for general reflector design are revealed and examples of these methods are given step by step.

In the seventh chapter, all general reflector design methods are compared and evaluated by revealing the proportion of incident and reflected ray angles.

In the eighth chapter, examples are made by choosing the proper method for the different conditions of the incident and reflected ray angle proportions that are examined in seventh chapter.

In ninth chapter, as the conclusion, the easiest and the useful general reflector design methods for the proper conditions are established.

In the appendix, supporting explanations which are developed during the study are given.

**Keywords:** Reflector types, luminous intensity distribution, general reflector designing.

## 1. GİRİŞ

Lambadan yayımlanan ışığın biçimlendirilmesi 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 genel yansıtıcı biçimleri önemli yer tutar. Belirli bir aygıt ışık yeğnlik eğrisini sağlamak üzere yapılan genel yansıtıcı tasarımına yönelik çeşitli yaklaşımlar söz konusudur.

Bu çalışmanın amacı,

- genel yansıtıcı tasarımında yararlanılabilecek yaklaşımların açıklanması, birbirleri ile karşılaştırılarak değerlendirilmesi,
- yansıtıcıyı belirleyen açısız büyüklüklere bağlı olarak hangi koşulda hangi yaklaşımın kolay uygulanabilir olduğunun belirlenmesi,
- farklı biçimlerdeki aygıt ışık yeğnlik eğrilerini sağlayacak yansıtıcı özelliklerinin saptanması

olarak belirlenmiştir.

Böylece, düzgün yansıma yapan yansıtıcı gereci ve izotrop dağıtımlı boyutsuz nokta kaynak kullanıldığı durum için, genel yansıtıcı tasarımına yönelik literatürde verilen bilgilere yenilerinin eklenmesi, yansıtıcı tasarımında yararlanılabilir verilerin oluşturulması sağlanmış olacaktır.

## 2. AYDINLATMA AYGITI TANIMI

Aydınlatma aygıtı (luminaire), Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından “Lamba ya da lambaların ışığının dağılımını düzenlemeye, süzmeğe ya da değiştirmeye yarayan, lambaların dışında lambaları tutturucu, koruyucu tüm parçaları ve olası olarak, yan devreleri ve şebeke bağlantısını sağlayan parçaları da içeren aygıt” olarak tanımlanır (CIE, 1987; Sirel, 1997).

Bir mekandaki iyi görme koşullarının eksiksiz oluşmasını sağlayacak aydınlatma düzeninin kurulmasında temel araç aydınlatma aygıtıdır. Bu nedenle, lambalar genellikle aydınlatma aygıtları içinde kullanılır. Aydınlatma tekniğinin belli bir konuya uygulanması önemli ölçüde aydınlatma aygıtı aracılığı ile gerçekleşir. Buna bağlı olarak, aygıtların biçim, gereç ve konum bakımından etüdü bir aydınlatma projesinin temelini oluşturur. Kimi koşullarda da aydınlatma aygıtının seçimi önem kazanır.

Bir aygıtın temel görevi, lambadan gelişi güzel, hemen hemen tüm doğrultulara yayımlanan ışığı gerekli doğrultulara yönlendirmektir. Lamba ışığının dağılımı biçimlendirilirken, aygıt geriveriminin yüksek olması ve uygun maskeleyme ile hacmin kullanıcılarının göz kamaşmasından korunması vb. gibi dikkate alınması gereken konular da vardır.

Daha açık bir anlatım için, bir mekandaki aydınlatma düzeninin kurulmasında aygıtın önemli rol oynamasının nedenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Lambalardan çıkan ışık, aydınlatmada bir tür ara ürün, işlenmemiş ham madde niteliğindedir. Lamba ışığı çok değişik aydınlatma amaçlarına göre aydınlatma aygıtlarında biçimlendirilir. Yani ışık, aydınlatma aygıtında istenen her biçime sokulabilir, istenen her niteliğe kavuşturulabilir ve birçok değişik amaca yönelik aydınlıklar oluşturulabilir.
- Aydınlatma aygıtı, lamba ile mimari arasında bir araç, bir bağlayıcıdır. Lambanın mimari içinde yer alması aygıt aracılığı ile olur.
- Bir mekanda, mekanın işlevsel özelliklerine uygun aydınlık niceliği ve niteliği aydınlatma aygıtları ile sağlanır.
- Aydınlatma aygıtları aracılığı ile lambayı gözden gizlemek ya da ışıklılığını azaltarak göz kamaşmasını önlemek ve dış etkilerden korumak olanaklıdır.
- Aydınlatma aygıtı, iç mimari ile aydınlatma düzeninin uyumunu sağlar. Bir iç mekânın daha zengin, çekici, anlamlı olması uygun bir aydınlatma düzeni, dolayısıyla aygıtların yerleştirilmesi ile sağlanır. Işıklı nesnelerin görsel algılamada önceliği bulunması

nedeniyle bir iç mekan içindeki aygıtlar görünürlüğü en fazla olan nesnelere. Bir hacme girildiğinde ilk görsel etki, aygıtların konum, biçim, gereç, sayı gibi özellikleridir. Aygıtlar, söz konusu özellikleri bakımından, iç mimari anlatım, mekan özellikleri ve karakteri ile bütünleşmeleri sağlandığında, iç mimari düzeni vurgulayan elemanlar olarak algılanırlar.

Lamba ışığının çeşitli özelliklerini yukarıda sıralanan amaçlar doğrultusunda biçimlendirmek için düşünülen bir aygıt mimari düzen içinde, birbirinden farklı durumlarda yer alabilir. Bu durumlar küre, silindir ve benzeri basit bir biçimden başlayarak ışıklı tavan, ışıklı korniş gibi yapı bölümleri ile bütünleşmiş daha karmaşık biçimlere uzanabilir. Aydınlatma tekniğinin gelişmesine paralel olarak, aygıt türlerine sürekli yenilerinin katıldığı da dikkate alındığında, aygıtları kesin olarak sınıflandırmanın kolay olmadığı görülür.

Aydınlatma aygıtları, birbirinden farklı özellikleri göz önüne alındığında genel olarak,

- aydınlatma özelliklerine,
  - ışık yeğlilik dağılımı (dar açılı aygıt, orta açılı aygıt, geniş açılı aygıt),
  - ışık akısı dağılımı (dolaysız, yarı dolaysız, yayımlık, yarı dolaylı ve dolaylı aydınlatma biçimleri),
  - ışıklılık dağılımı,
  - geriverim,
  - aydınlık düzeyi dağılımı,
- yapı özelliklerine,
  - aygıtın ışığı yansıtma/geçirme özellikleri,
  - aygıtın geometrik özellikleri,
- içinde kullanılan lamba türüne,
  - akkor lamba aygıtları,
  - flüoresan lamba aygıtları vb.,
- içindeki lamba sayısına,
  - bir lambalı aygıtlar,
  - çok lambalı aygıtlar vb.,
- kullanım yerine,
  - iç aydınlatma aygıtları,
  - dış aydınlatma aygıtları,
- koruma biçimine,

- kuru hacimler için aygıtlar,
- nemli hacimler için aygıtlar,
- tozlu hacimler için aygıtlar vb.,
- tespit biçimine,
  - taşınmaz aygıt,
  - taşınır aygıt,
  - gömülü aygıt,
  - asılı aygıt vb.

göre sınıflandırılabilir. Aşağıdaki bölümlerde yalnızca, aygıtı belirleyen temel özellikler olan, aydınlatma aygıtının aydınlatma özellikleri ile yapım özellikleri ele alınmıştır.



### 3. AYDINLATMA AYGITININ AYDINLATMA ÖZELLİKLERİ

Aydınlatma aygıtının “aydınlatma özellikleri” genel olarak,

- ışık akısı dağılımı,
- ışık yeğinlik dağılımı,
- geriverim,
- aydınlık düzeyi dağılımı,
- konforsuzluk kamaşması değerleri,
- kullanma çarpanı değerleri

başlıkları altında toplanabilir.

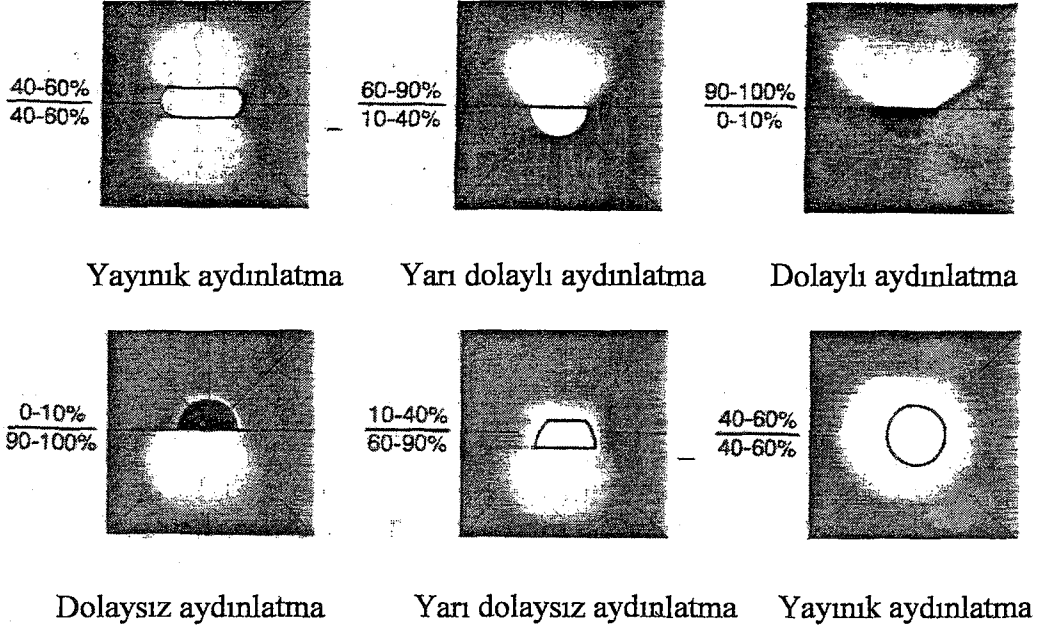
Bir aygıtla ilişkin konforsuzluk kamaşması ve kullanma çarpanı değerlerinin belirlenmesi, aygıtın kendi özelliklerinin yanı sıra, aygıt yerleşim düzeni, hacim biçimi ve boyutları, hacmin iç yüzeylerinin ışık yansıtma çarpanları, gözlemcinin bakış doğrultusu ve konumu gibi etkenlere de bağlıdır. Bu nedenle, bu çalışmada yalnızca aygıtla bağlı özellikler ele alınmış, aygıtın içinde bulunduğu hacmin özellikleri ile gözlemciye ilişkin verilerin de göz önünde bulundurulmasını gerektiren konforsuzluk kamaşması ve kullanma çarpanı değerlerinin belirlenmesi konularına yer verilmemiştir.

#### 3.1 Işık Akısı Dağılımı

Bir aydınlatma aygıtından çıkan ışık, aygıtın ve içindeki lambanın özelliklerine bağlı olarak değişik doğrultulara yönelir. Bir aygıtın, aşağıya ya da yukarıya yolladığı ışık akısının, aygıttan yayımlanan tüm ışık akısına oranı aydınlatma biçimini belirler. Bu orana göre, aydınlatma aygıtının ışık akısı dağılımı beş ayrı grupta toplanabilir (Çizelge 3.1; Şekil 3.1; Sirel, 1983; Handbuch für Beleuchtung, 1992; Philips, 1989).

Çizelge 3.1 Aydınlatma aygıtının ışık akısı dağılımı/aydınlatma biçimi

Aydınlatma biçimi	Işık akısı oranı (%)	
	Aşağı doğru yayımlanan ışık akısı oranı (%)	Yukarı doğru yayımlanan ışık akısı oranı (%)
Dolaysız	100-90	0-10
Yarı dolaysız	90-60	10-40
Yayınık	60-40	40-60
Yarı dolaylı	40-10	60-90
Dolaylı	10-0	90-100



Şekil 3.1 Işık akısı dağılımları/aydınlatma biçimleri (Philips, 1989)

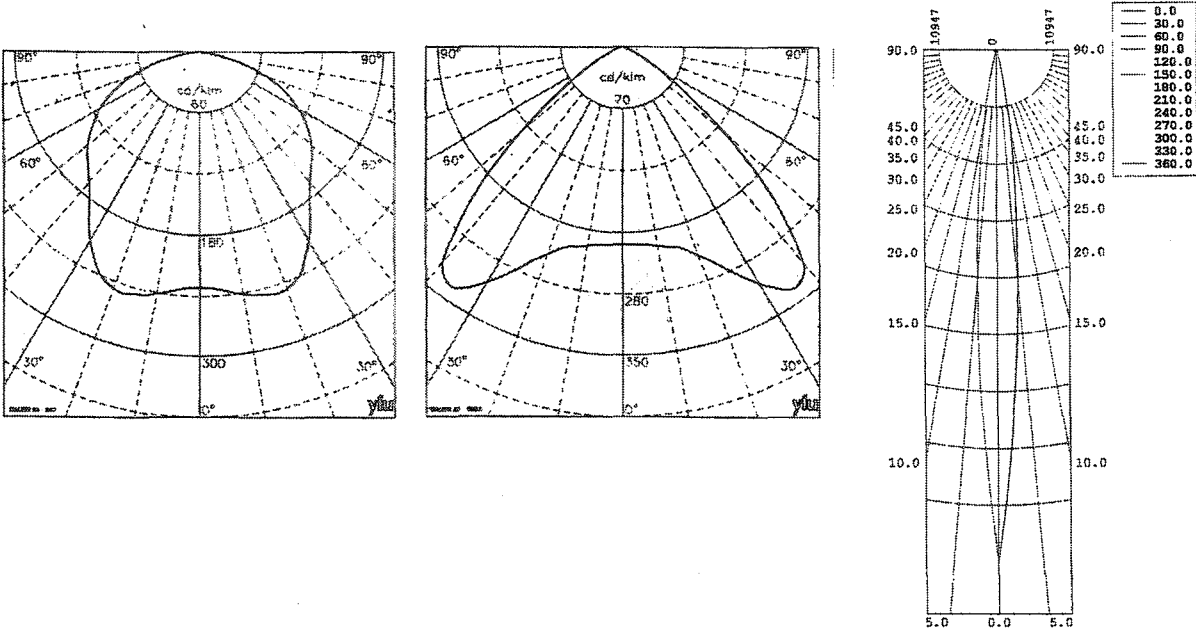
### 3.2 Işık Yeğİnlik Dağılımı

Işık yeğİnlik dağılımı (luminous intensity distribution), Uluslararası Aydınlatma Sözlüğü'nde "ışık yeğİnliği uzaysal dağılımının belirlenmiş düzlemler ile arakesiti" olarak tanımlanmıştır (CIE, 1987; Sirel, 1997). Bir başka deyişle, bir kaynağın ışık yeğİnliği uzaysal dağılımını belirten vektörlerin uç noktalarının geometrik yeri, yeğİnlik dağılım yüzeyini oluşturur. Bu ışık kaynağının merkezinden geçen ve yeğİnlik dağılım yüzeyini kesen düzlem ile yeğİnlik dağılım yüzeyinin ara kesiti "ışık yeğİnliği (düzlemsel) dağılımı" ya da kısaca "ışık yeğİnlik eğrisi" olarak adlandırılır.

Işık yeğİnlik eğrisi, bir lambanın/aydınlatma aygıtının hangi doğrultuya ne nicelikte ışık akısı yayımladığını gösterir. Söz konusu eğri,

- polar koordinat sisteminde ya da
- kartezyen sistemde

açıya göre ışık yeğİnlik değerlerini cd/klm ya da cd olarak verir.



Şekil 3.2 Polar koordinat sisteminde ışık yeğinlik değerlerinin gösterilişi (Lamp 83, 1996)



Şekil 3.3 Kartezyen sistemde ışık yeğinlik değerlerinin gösterilişi

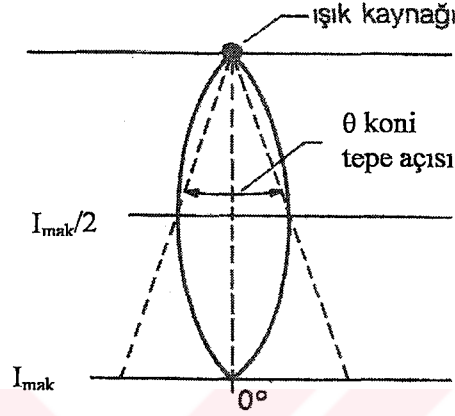
Bir ışık yeğirlik eğrisinde, genel olarak,

$I_0$  :  $0^\circ$  doğrultusundaki ışık yeğirliğini,

$I_{\text{mak}}$ : en büyük ışık yeğirliğini,

$\theta$ : ışık konisinin tepe açısını ( $I_{\text{mak}}$  ın yarıya düştüğü açının 2 katı),

gösterir (Şekil 3.4).



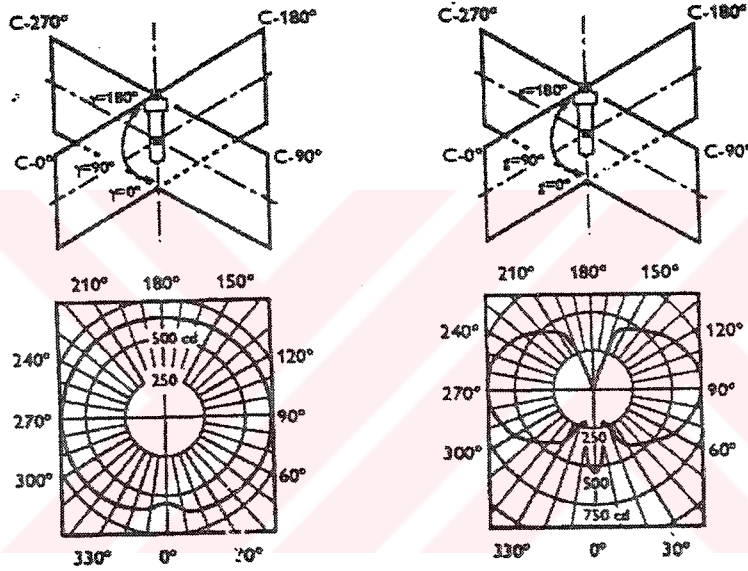
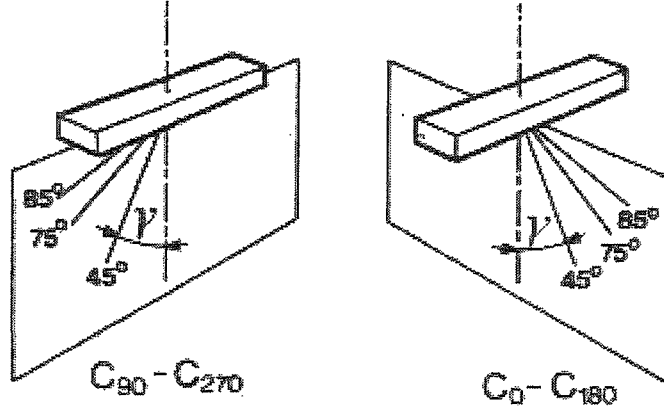
Şekil 3.4 Işık yeğirlik eğrisi

Aydınlatma aygıtları, ışık konisi tepe açısının (koni tepe açısının) büyüklüğüne göre genel olarak,

- dar açılı aygıt ( $\theta < 20^\circ$ ),
- orta açılı aygıt ( $\theta=20^\circ-40^\circ$ ),
- geniş açılı aygıt  $\theta > 40^\circ$ )

olarak sınıflandırılır (Philips, 1993).

Işık yeğirlik dağılımı, değişik yüzeyler (düzlemler) içinde gösterilebilir. Eksensel simetrisiz aygıtlar için, ışık yeğirlik dağılımının özelliklerine göre, belli sayıda düzlemler içinde, ışık yeğirlik eğrilerinin verilmesi gerekir (Şekil 3.5, Philips, 1993; Philips Lighting A.Ş. Dokümanları)



Şekil 3.5 Işık yeğnlik dağılımının çeşitli düzlemler içinde gösterilişi

### 3.3 Aydınlatma Aygıtının Geriverimi

Bir aydınlatma aygıtının geriverimi, aygıtın yayımladığı ışık akısının, söz konusu aygıt içinde bulunan lambanın/lambaların yayımladığı ışık akısına oranıdır (Sirel, 1974). Bu oran her zaman 1 den küçük olur. Bir aydınlatma aygıtının temel görevi, lambanın ışık dağılım özelliklerini amaca uygun olarak düzenlemektir. Lamba ışığını aydınlatma aygıtı aracılığı ile istenen doğrultulara gönderebilmek kadar, lamba ışığının olabildiğince büyük bir bölümünün aygıttan dışarı çıkmasını sağlamak da önemlidir. Bir başka deyişle, ışık enerjisinin aydınlatma aygıtı içinde boşuna harcanmasının önlenmesi için, aygıt geriveriminin yüksek olması gereklidir.

Aydınlatma aygıtı içinde bulunan lamba ya da lambaların ışık akıları çevre koşulları nedeniyle iki biçimde düşünülebilir ve bu koşullara dayalı olarak iki ayrı geriverim tanımı yapılabilir:

Aygıtın optik geriverimi (optical light output ratio): Lambaların aygıt içinde iken yayımladıkları ışık akısı söz konusu ise, geriverim “aygıtın optik geriverimi” adını alır. Bir aygıtın optik geriverimi, aygıtın toplam ışık akısının, aygıtın içinde bulunan lamba ya da lambaların, aygıt içinde iken yayımladıkları ışık akısı toplamına oranıdır (Sirel, 1997).

Aygıt standart geriverimi (light output ratio; luminaire efficiency): Lambaların aygıtın dışında ve belirli koşullar altında yayımladıkları ışık akısı söz konusu ise, geriverim “aygıtın standart geriverimi” adını alır. Bir aygıtın standart geriverimi, aygıtın belirlenmiş pratik (uygulamasal) koşullarda kendi donanım ve lambaları ile verdiği tüm ışık akısının, aynı donanım ile çalışan aynı lambaların, aygıtın dışında ve belirlenmiş koşullarda verdikleri ışık akısına oranıdır (Sirel, 1997).

Aygıt geriveriminin yüksek olması için, aygıt geometrisinin lamba ışığının olabildiğince büyük bölümünün aygıttan çıkmasını sağlaması ve aygıt yapımında kullanılan gereçlerin ışık yansıtma ya da koşullara göre, ışık geçirme çarpanının yüksek olması gerekir.

### 3.4 Aydınlık Düzeyi Dağılımı

Bir aydınlatma aygıtından çıkan ışığın aydınlattığı düzlemdeki/yüzeydeki aydınlık düzeyi dağılımı,

- aydınlık düzeyi tabloları,
- aydınlık düzeyi eğrileri,
- eş aydınlık (izolux) eğrileri

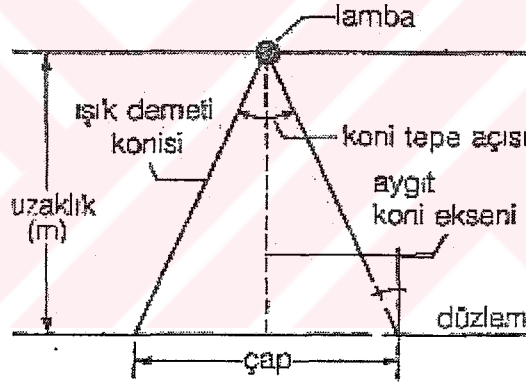
oluşturularak belirlenir.

#### a) Aydınlik düzeyi tabloları:

Aydınlik düzeyi tablolarının aksenel simetrik aygıtlar için kullanılması uygundur. Bu tip aygıtlardan çıkan ışık dairesel bir alanı (aydınlık dairesi) aydınlatır. Aydınlik dairesinin büyüklüğü, koni tepe açısı ve aygıtın aydınlanan düzleme uzaklığına bağlı olarak hesaplanır. Aydınlik düzeyi tabloları, aydınlanan düzlemde oluşan aydınlık dairesindeki minimum, ortalama ve maksimum aydınlık düzeyinin bulunmasını sağlar. Söz konusu aydınlık düzeyleri, aygıt ile aydınlanan düzlem arasındaki belli uzaklıklar için hesaplanır.

Çizelge 3.2 Eksensel simetrik bir aydınlatma aygıtına ilişkin aydınlık düzeyi tablosu (Lamp 83, 1996)

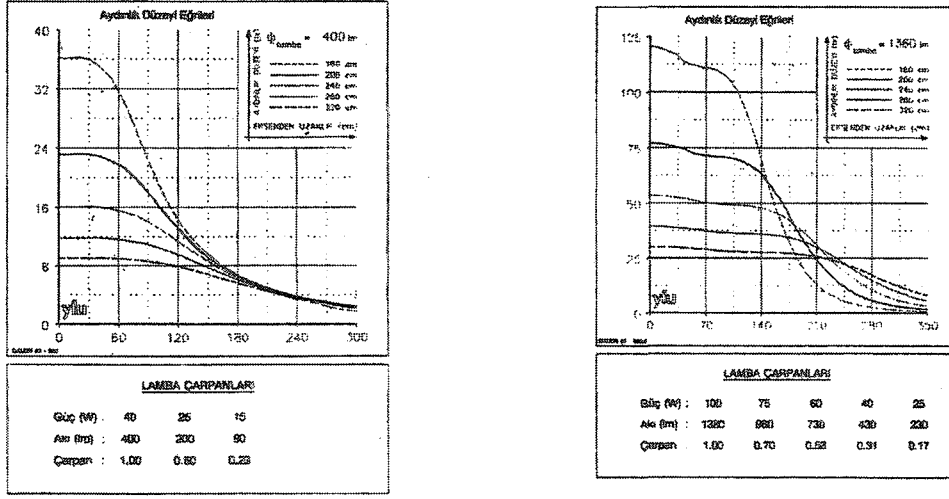
UZAKLIK (m)	ÇAP (m)	E(min) (lx)	E(ort) (lx)	E(max) (lx)
.50	1.48	35	116	372
.75	2.22	15	52	165
1.00	2.97	9	29	93
1.25	3.71	6	19	60
1.50	4.45	4	13	41
1.75	5.19	3	9	30
2.00	5.93	2	7	23
2.25	6.67	2	6	18
2.50	7.41	1	5	15
2.75	8.15	1	4	12
3.00	8.90	1	3	10
3.25	9.64	1	3	9
3.50	10.38	1	2	8
3.75	11.12	1	2	7
4.00	11.86	1	2	6
4.25	12.60	0	2	5
4.50	13.34	0	1	5
4.75	14.08	0	1	4
5.00	14.83	0	1	4



Şekil 3.6 Eksensel simetrik bir aydınlatma aygıtının oluşturduğu aydınlık dairesi (Lamp 83, 1993)

b) Aydınlık düzeyi eğrileri:

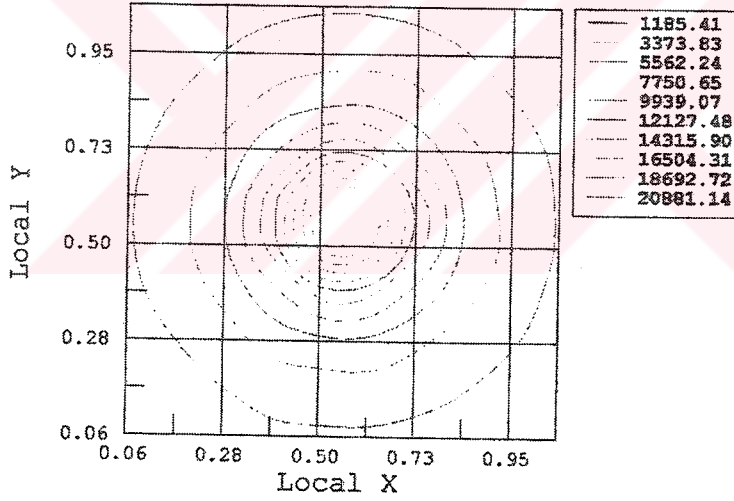
Bir aydınlatma aygıtından çıkan ışığın aydınlattığı düzlem üzerindeki aydınlığın dağılımı, aydınlık düzeyi eğrisi ile gösterilir. Yatay ekseninde aygıt ekseninden uzaklık, düşey ekseninde aydınlık düzeyi değerlerinin bulunduğu bir grafik ile gösterilen aydınlık düzeyi eğrisinden yararlanarak, aydınlanan düzlemin herhangi bir noktasındaki aydınlık düzeyi saptanabilir, aydınlığın düzgün yayılmasını sağlayacak aygıt aralıkları belirlenebilir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Aydınlık düzeyi eğrileri (Lamp 83, 1993)

c) Eş aydınlık eğrileri/İzolüks eğrileri:

Eş aydınlık eğrileri, bir aydınlatma aygıtından çıkan ışığın aydınlattığı düzlem/yüzey üzerinde aydınlık düzeylerinin aynı olduğu noktaların geometrik yerini gösterir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Eş aydınlık eğrileri

#### 4. AYDINLATMA AYGITININ YAPIM ÖZELLİKLERİ

Bir aygıtın yayımladığı ışık akısı, ışık kaynağından çıkarak,

- doğrudan aygıt dışına çıkan “dolaysız ışık akısı”,
- aygıt gereğine gelen ışık akısının, gereç yüzeyinden yansıdıktan sonra aygıt dışına çıkan “yansıyan ışık akısı” ve gerecin geçirgen olması durumunda, gereçten geçtikten sonra aygıt dışına çıkan “geçen ışık akısı”,

gibi iki bölümden oluşur (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Aydınlatma aygıtından çıkan, dolaysız ve yansıyan -geçen ışık akısı bölümleri (Öztürk, 1995)

Bir lambanın yayımladığı ışığın gerekli doğrultulara yönlendirilerek biçimlendirilmesi ve bunun sonucunda hacimdeki aydınlık dağılımının isteğe uygun belirlenmesinde “aygıt gereğinin ışığı yansıtma ve geçirme özellikleri” ile “aygıtın geometrik özellikleri” rol oynar.

##### 4.1 Aygıt Gereğinin Işığı Yansıtma ve Geçirme Özellikleri

a) Yansıtma ve geçmede nicelik: Bir gereğin yüzeyinden yansıyan ya da gereçten geçen ışığın, gerece gelen ışığa oranı yansıtma ve geçmede nicelik olarak tanımlanır. Bir yüzeyden yansıyan ışığın niceliği yüzeyin açıklık koyuluğuna bağlı olarak değişir. Açık renkli yüzeylerin ışığı yansıtma oranı büyük iken, koyu renkli yüzeylerin ışığı yansıtma oranı düşüktür. Bir gereçten geçen ışığın niceliği ise, gerecin açıklık koyuluğuna, ışığın geçme biçimine ve gerecin kalınlığına bağlıdır. Yansıyan ya da geçen ışık oranının büyük olması için, öncelikle aygıt gereci açık renkli olmalı ve geçme söz konusu ise gerecin ayrıca öteki özellikleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

b) Yansıtma ve geçmede nitelik: Bir aydınlatma aygıtında renkli (türlü) gereç kullanılması,

lamba ışığının rengi (tayfsal yapısı) değiştirilmek istendiğinde söz konusu olabilir. Ancak, mimari mekanlarda özel gereksinimler dışında her zaman beyaz (beyaza yakın) ışık renklerinin kullanılması doğru olur. Bu nedenle, aygıt gerecinin hemen her zaman tûrsüz olması istenir.

Aygıt gerecinin geçirgen olması durumunda, aygıt gerecinden geçen ışığın istenen doğrultulara yönelmesini sağlamak çok güçtür. Saydam aygıt gerecinin, lamba ışığının niceliğini ya da lamba ışıklılığını azaltmak için kullanılması uygun olur. Aygıt gerecinin saydamsız olması durumunda, lamba ışığı aygıt gereci yüzeyinden yalnızca yansıma yolu ile aygıt dışına çıkar. Aygıt gerecinin ışık yansıtma biçiminin düzgün yansıma yapması durumunda, aygıtta yer alan yansıtıcının geometrik etütler ile biçimlendirilmesi ve yansıyan ışığın istenen doğrultulara yönlendirilmesi olanaklı olabilir. Öteki yansıma biçimlerinin söz konusu olduğu koşullarda ise ışık ışınlarının yansıma doğrultusu geometrik etütler aracılığı ile kolayca belirlenemez. Yansıtıcının belli bir noktasından çeşitli doğrultulara değişen oranlarda yansıyan ışık ışınlarının yansıtıcı içindeki her yansıma sırasında yöneldikleri doğrultuların izlenmesi ancak bilgisayar simülasyon programları ile olanaklı olabilmektedir.

#### 4.2 Aygıtın Geometrik Özellikleri

Bir aydınlatma aygıtı içinde yer alan lambadan çıkan ışığın bir bölümü aygıtı oluşturan yüzeylere düşer, geri kalan bölümü ise doğrudan aygıt dışına çıkar. Lamba ışığının aygıt gerecine düşen bölümünün, yansıtıcı özellikleri doğru belirlenerek gerekli doğrultulara yönlendirilmesi sağlanabilir. Ancak, aygıttan doğrudan çıkan ışığın denetlenmesi olanaklı değildir. Kimi koşullarda, aygıt ya da lamba üzerinde kimi önlemler alarak lamba ışığının aygıttan dolaysız çıkmasını önlemek yoluna gidilir.

Lambadan çıkarak aygıt gerecine düşen ışığın yansdıktan sonra aygıt dışına çıktığı doğrultu, düzgün yansıma yapan yansıtıcının geometrik özelliklerinin bilinmesi durumunda saptanabilir. Lamba ışığının aygıt içinde boşuna tüketilmesinin önlenmesi ve aygıt geriveriminin yüksek olması, lamba ışığının aygıt içinde olabildiğince az yansımaya uğrayarak aygıt dışına çıkması ile ilgilidir. Aygıtta kullanılan yansıtıcının geometrik özelliklerine bağlı olarak ışığın yansıma doğrultusunun belirlenmesi ve tek yansıma ile aygıttan çıkması sağlanabilir.

## 5. YANSITICI BİÇİMLERİ

İstenen ışık yeğnlik, ışık akısı ve aydınlık dağılımının elde edilebilmesi için, lambadan yayımlanan ışık akısı belirli doğrultulara yönlendirilmelidir. Lamba ışık akısının yönlendirilmesi ise ağırlıklı olarak, ışık ışınlarının bir yüzeyden yansıtılması ile olanaklıdır.

Yansıtıcının (reflector) tanımı Uluslararası Aydınlatma Sözlüğü' nde, "Yansıma olayını kullanarak, bir ışık kaynağının ışık akısının uzaysal dağılımını değiştirmeye yarayan nesne ya da düzen" biçiminde yapılmaktadır (CIE, 1987; Sirel, 1997).

Lambadan çıkan ışık akısının istenen doğrultulara yansıtılmasında, yansıtıcının "geometrik biçimi" ve "gereç özellikleri" belirleyici rol oynar. Yansıtıcı yüzeyinin düzgün yansıma yapması ve bu yüzeyin bilinen bir geometrik biçimde olması koşulunda, lamba ışığını gerekli doğrultulara göndermek ve böylece ışık yeğnlik, ışık akısı ve aydınlık dağılımını isteğe uygun duruma getirmek olanaklıdır. Ayrıca belirtilen koşullarda, aygıtın aydınlatma özellikleri, aygıt üretilmeden yansıtıcının tasarımı sırasında geometrik etüt ve hesaplar ile belli oranda saptanabilir.

Aydınlatma aygıtlarında kullanılan yansıtıcılar geometrik biçimleri açısından,

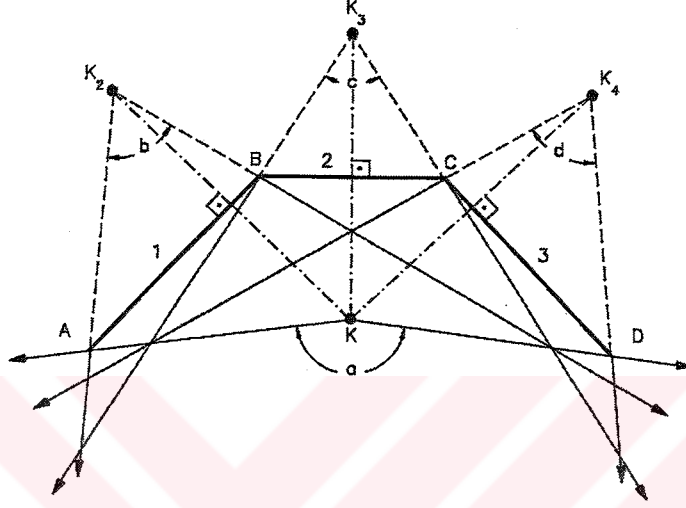
- düzlem yüzeyler,
  - tekli bükey yüzeyler (daireesel, eliptik, parabolik silindir vb. çeşitli silindirler),
  - bükey yüzeyler (ikili bükey yüzeyler; küresel, elipsoit, paraboloid, hiperboloid vb.)
- olmak üzere üç ayrı grupta toplanabilir.

Düzlem, tekli bükey ve bükey yüzeyli yansıtıcılar hem noktasal hem de çizgisel ışık kaynakları (lambalar) için kullanılabilir. Yansıtıcı biçimi ne olursa olsun, yansıtıcı tasarımına yönelik literatürde yer alan bilgiler genelde yansıtıcı gerecinin düzgün yansıma yapması ve kullanılan ışık kaynağının, noktasal kaynak için boyutsuz "nokta kaynak"; çizgisel kaynak için en kesitte boyutu olmayan "çizgi kaynak" olması varsayımlarına dayanır. Işık kaynağının ışık yeğnlik eğrisi ise aygıt eksenine göre simetriktir ve temelde, nokta kaynak için "küre", çizgi kaynak için "tor" kabul edilir.

### 5.1 Düzlem Yüzeyli Yansıtıcılar

Düzlem yansıtıcılar ile ilgili yansıtıcı tasarımı ağırlıklı olarak çizgisel ışık kaynaklarının kullanımına yöneliktir ve yansıtıcı tasarımı yansıtıcının enine kesiti ile sınırlanmıştır. Bunun nedeni, yansıtıcının enine kesitinde, yansıtıcı yüzeyinden yansıyan ışığın doğrultusunun

yansıtıcı geometrisine uygun belirlenebilmesi, ancak boyuna kesitinde bu belirlemenin kolayca yapılamamasıdır. Çünkü boyuna kesitte, kaynağın değişik noktalarından çıkarak yansıtıcının tek bir noktasına bile değişik doğrultulardan gelen ışıkların yansıma doğrultularını geometrik etütlerle saptamak, bu ışıkların çoğu zaman tek yansıma ile aygıttan dışarı çıkamadığı da göz önünde bulundurulduğunda çok güçtür (Öztürk, 2004; Şekil 5.1).

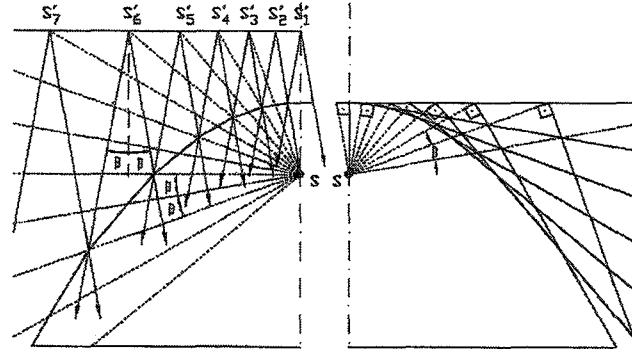


Şekil 5.1 Üç parçadan oluşan düzlem yansıtıcı (Öztürk, 2000)

## 5.2 Tekli Bükey Yüzeyle Yansıtıcılar

Tekli bükey yüzeyle yansıtıcılar kendi içinde iki ayrı grupta ele alınabilir:

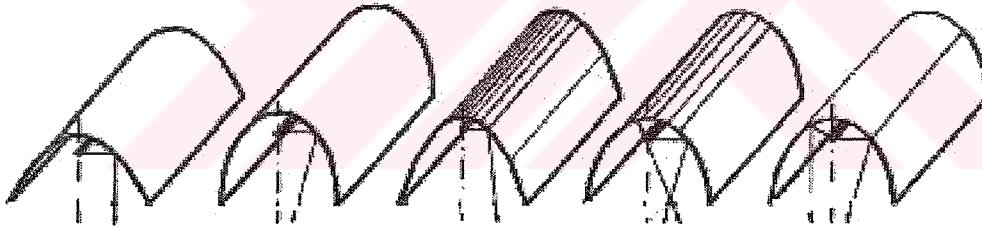
Noktasal ışık kaynaklarının kullanıldığı birinci grupta yansıtıcı, yansıtıcı eksenine dik düzlem ile arakesiti “çember”, eksene paralel düzlem ile arakesiti “doğru parçaları” olan tekli bükey yüzeylelerden oluşur. Tekli bükey yüzeyle yansıtıcıyı oluşturan her parçanın büyüklük ve eğimi, ışık kaynağı nokta kaynak varsayılarak belirlenir. Tekli bükey yüzeyle yansıtıcının her parçasından yansıyan ışığın aynı büyüklükteki açı içine yöneltildiği ve her yansıtıcı parçasından yansıyan ışığın aynı büyüklük ve konumdaki yüzeye yöneltildiği değişik yaklaşımlar söz konusudur (Öztürk, 2004).



Şekil 5.2 Her parçasından yansıyan ışığı aynı büyüklükteki açı içine yönelten tekli bükey yüzeyli yansıtıcı (Öztürk, 1995)

Çizgisel ışık kaynaklarının kullanıldığı ikinci grup tekli bükey yüzeyli yansıtıcıları, en kesiti bükey (daire parçası, parabol, elips vb.), boy kesiti ise doğru parçası olan dairesel, parabolik, eliptik silindirler vb. oluşturur. Bu tür yansıtıcıların tasarımı ve ilgili geometrik etüt ve hesaba dayalı incelemeler düzlem yansıtıcılarda olduğu gibi, yalnızca yansıtıcıların en kesiti üzerinde yapılabilmektedir (Şekil 5.3).

Şekil 5.3 Çizgisel ışık kaynaklarının kullanıldığı tekli bükey yüzeyli yansıtıcı örnekleri



### 5.3 Bükey Yüzeyli Yansıtıcılar

Bükey yüzeyli yansıtıcılara ilişkin yansıtıcı tasarımı, genelde,

- temel yansıtıcı biçimleri ve
- genel yansıtıcı biçimleri

olarak iki ayrı grupta incelenebilir.

Temel yansıtıcı biçimleri, konikler ile küresel yansıtıcıyı kapsar. Konik yansıtıcıların geometrik etüt ve hesaplar aracılığı ile tasarımında, nokta kaynak varsayımının yanı sıra ışık kaynağının belli bir boyutu olan izotrop özellikteki küre biçimli kaynak olarak ele alındığı

yaklaşımlar da söz konusudur. Düzgün yansıma yapan yansıtıcı yüzeyi ve izotrop dağıtımli ışık kaynağı varsayımında uygulanan kimi yöntemler ile temel yansıtıcıları isteğe uygun

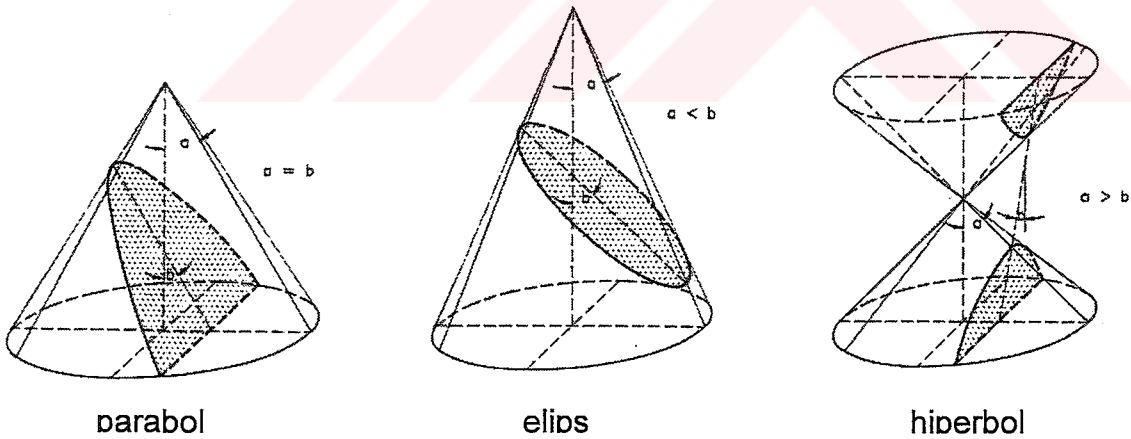
yaklaşımlar da söz konusudur. Düzgün yansıma yapan yansıtıcı yüzeyi ve izotrop dağıtımli ışık kaynağı varsayımında uygulanan kimi yöntemler ile temel yansıtıcıları isteğe uygun aydınlık dağılımını elde etmek üzere biçimlendirmek olanaklıdır.

Genel yansıtıcı biçimlerinin tasarlanmasında grafik ve hesaplamalara dayalı çeşitli yaklaşımlardan yararlanılmaktadır. Belli bir aygıt ışık yeğnlik eğrisini elde etmek amacıyla yansıtıcının biçimlendirildiği söz konusu yaklaşımlar, düzgün yansıma yapan yansıtıcı yüzeyi, hedeflenen aygıt ve kullanılan lamba için, aygıt eksenine göre simetrik ışık yeğnlik dağılımı vb. kabullere dayanmaktadır.

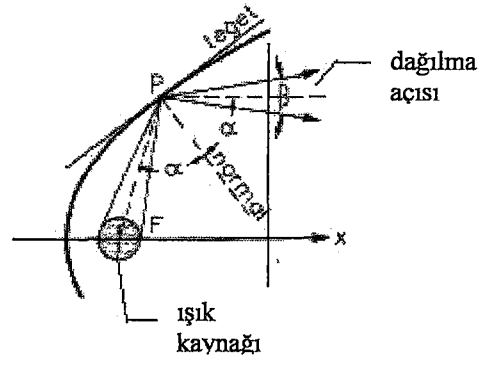
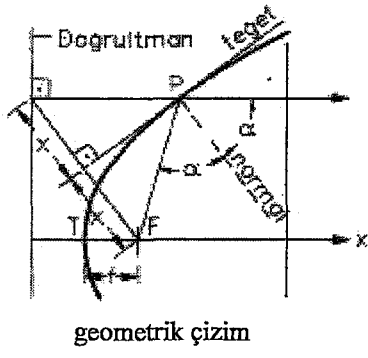
### 5.3.1 Temel Yansıtıcı Biçimleri/Konik Yansıtıcılar

Bir koni ile koninin tepe noktasından geçmeyen bir düzlemin arakesiti olan eğrilere “konikler” adı verilir. Söz konusu arakesit eğrileri, düzlemin koni eksenine ile yaptığı açının büyüklüğüne göre, parabol, elips ve hiperbol olarak tanımlanır (Öztürk, 2000).

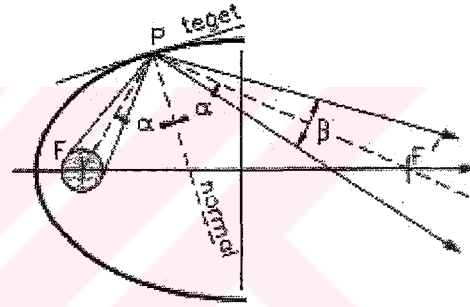
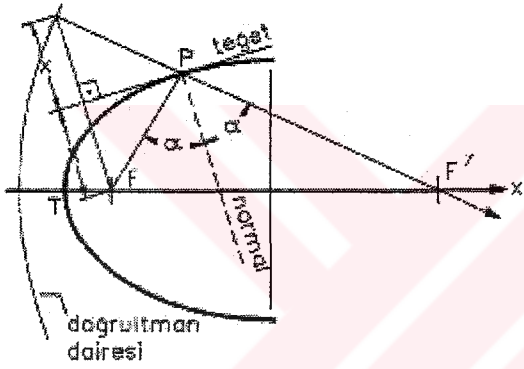
Dönel simetri eksenine olan simetrik aygıtlarda kullanılan yansıtıcı biçimlerinin pek çoğunda çıkış noktasının, bir koninin bir düzlemlerle arakesitleri olan parabol, elips ve hiperbole dayandığı söylenebilir. Bu nedenle, söz konusu yansıtıcı biçimlerinin geometrik özelliklerinin bilinmesi büyük önem taşır (Ganslandt ve Hofmann, 1992).



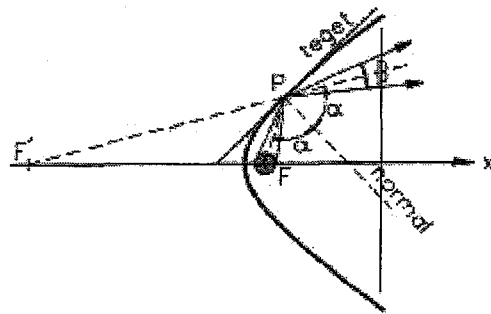
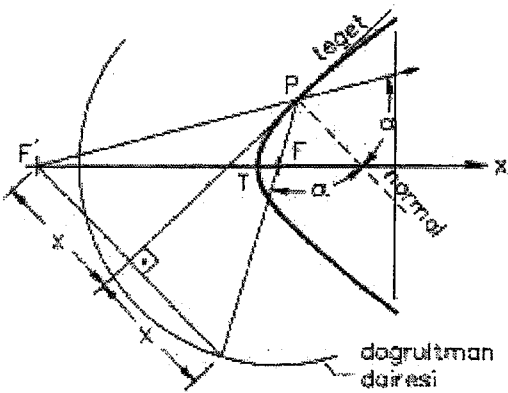
Şekil 5.4 Bir koni ile bir düzlemin arakesiti olan eğriler/konikler



### Paraboloit yansıtıcı



### Elipsoit yansıtıcı



### Hiperboloit yansıtıcı

Şekil 5.5 Konik yansıtıcıların geometrisi ve ışığın yansıma doğrultuları

### 5.3.2 Genel Yansıtıcı Biçimleri

Genel yansıtıcılar, belli bir aygıt ışık yeğnlik dağılımını sağlamak üzere biçimlendirilir. Genel yansıtıcı biçimlerinin tasarımında, elde edilmek istenen aydınlatma aygıtı ışık yeğnlik dağılımı ve kullanılacak lambanın ışık yeğnlik dağılımı veri olarak alınır. İstenen aygıt ışık yeğnlik dağılımının saptanmasında koşullara göre grafik ve/ya da matematik yaklaşımlardan yararlanır. Söz konusu yaklaşımların dayandığı varsayımlar,

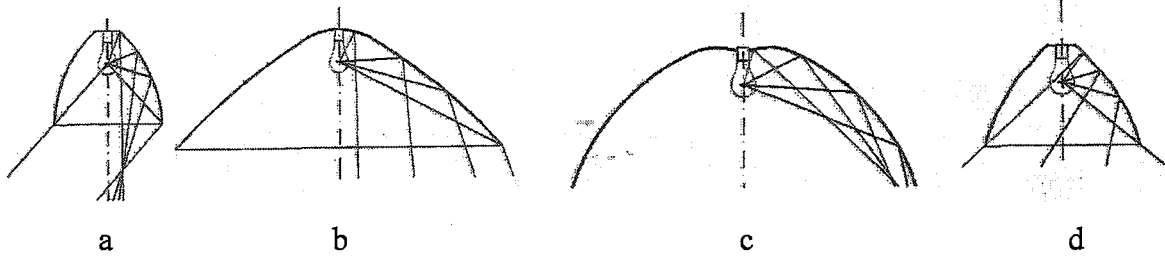
- yansıtıcı yüzeyinin düzgün yansıma yapması,
  - ışık kaynağının ve yansıtıcının aygıt eksenine göre simetrik olması,
  - ışık kaynağı boyutunun, yansıtıcı boyutuna göre nokta kaynak kabul edilebileceği büyüklükte olması,
  - ışık kaynağı ve aygıt ışık yeğnlik dağılımının aygıt eksenine göre simetrik olması
- olarak sıralanabilir.

Genel yansıtıcılar, veri oluşturan aygıt ışık yeğnlik eğrisi, dolayısı ile ışığın yansıtıcıdan yansıması gereken doğrultulara bağlı olarak ortaya çıkan yansıtıcı biçimleri açısından değişik biçimlerde olabilir (Şekil 5.6; IES, 1984; Weis, 2000). Şekil 5.6' da görüldüğü üzere, yansıtıcıdan yansıyan ışık ışınlarının aygıt eksenine doğru yöneldikleri koşulda, yansıtıcı boyutu daha küçük (Şekil 5.6a ve 5.6d); ışık ışınlarının aygıt ekseninden uzaklaşan doğrultulara yansıdıkları koşulda ise yansıtıcı boyutu daha büyük (Şekil 5.6b ve 5.6c) çıkmaktadır. Şekil 5.6' daki yansıtıcı biçimleri, yansıtıcının değişik noktalarından yansıyan ışık ışınlarının yöneldikleri doğrultuların birbiri ile ilişkisi açısından incelendiğinde iki ayrı özellik daha görülmektedir. Nitekim, Şekil 5.6a ve 5.6c' deki yansıtıcı biçimlerinde, yansıyan ışık ışınları birbiri ile kesişmekte, Şekil 5.6b ve 5.6d' de ise yansıyan ışık ışınlarının birbirini kesmesi söz konusu olmamaktadır.

Genel yansıtıcı biçimlerine ilişkin Şekil 5.6' da verilen örnek durumlar ile bu örnek durumların biçimlendirilmesinde veri oluşturan aygıt ışık yeğnlik eğrilerinin biçimleri konusunda ilgili kaynaklarda yer alan bilgiler çok sınırlıdır (IES, 1984; IESNA, 2000; Weis, 2000). Ayrıca, ilgili kaynaklarda farklı genel yansıtıcı biçimlerinin elde edilebilmesi için izlenmesi gereken yollar konusunda da ayrıntılı bilgiye rastlanmamıştır. Öte yandan, genel yansıtıcı biçiminin tasarımına yönelik ağırlıklı olarak grafiklerden yararlanıldığı, grafiklerin yanı sıra kimi hesaplamaların da yapıldığı ve de doğrudan doğruya hesaplamaya dayanan birbirinden farklı yaklaşımlar söz konusudur.

Bu çalışma içinde, genel yansıtıcı tasarımına yönelik farklı yaklaşımlar incelenmiş,

aralarında ilişkiler kurulmaya çalışılmış ve her bir farklı yaklaşım ile ulaşılan yansıtıcı biçimleri birbiri ile karşılaştırılarak, uygulamada yararlanılabilir en pratik yaklaşımın belirlenmesi amaçlanmıştır.



Şekil 5.6 Genel yansıtıcı biçimleri (Weis, 2000)

## 6. GENEL YANSITICI BİÇİMİNİN BELİRLENMESİNDE YARARLANILAN YAKLAŞIMLAR

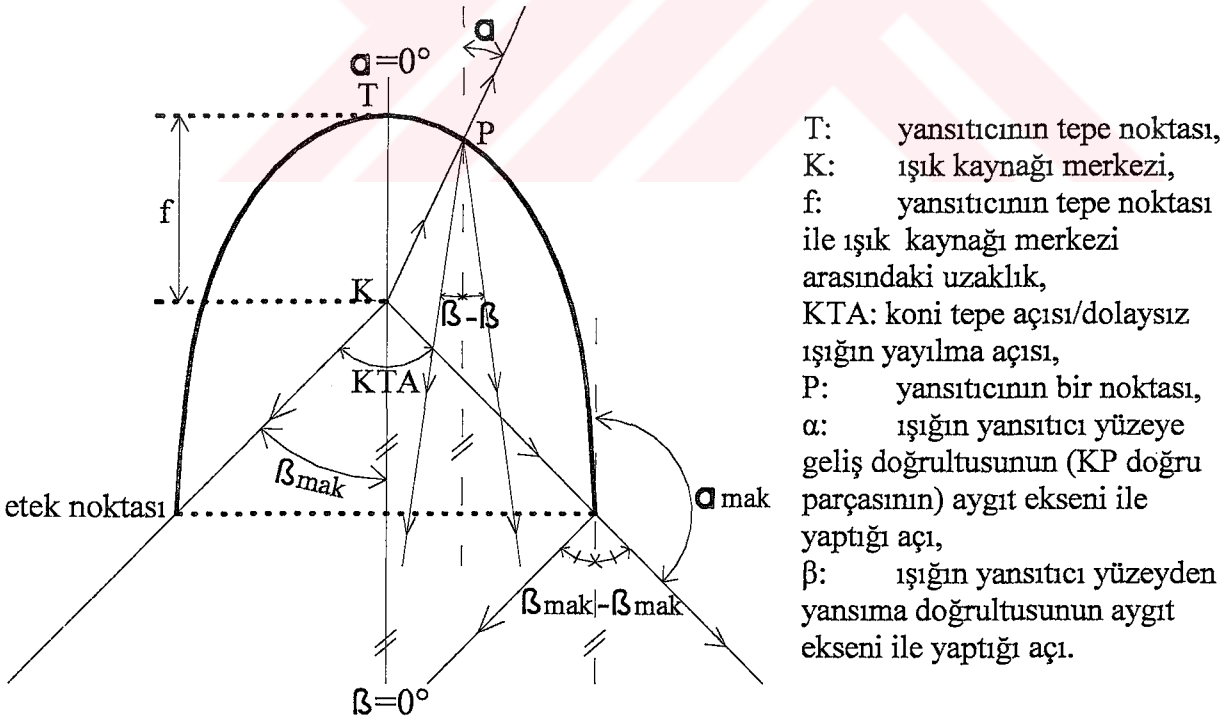
Genel yansıtıcıların tasarımına yönelik yararlanılabilecek yaklaşımlar,

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

olmak üzere dört ayrı başlık altında toplanabilir.

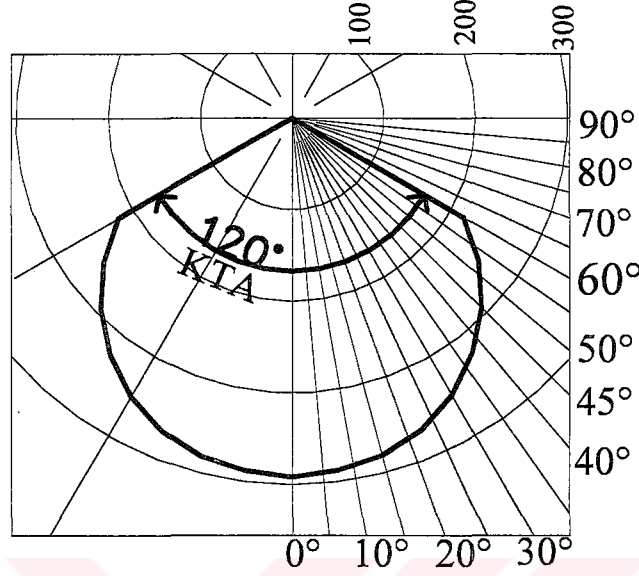
Tüm yaklaşımlar için geçerli olan kabul ve varsayımlar,

- düzgün yansıma yapan yansıtıcı yüzeyi,
- aygıt eksenine göre simetrik yansıtıcı ve aygıt ışık yeğnlik eğrisi,
- aygıt eksenine göre simetrik ışık kaynağı ve ışık kaynağı ışık yeğnlik eğrisi,
- yansıtıcı boyutuna göre nokta ışık kaynağı kabul edilebilecek büyüklükte ışık kaynağı olarak sıralanabilir (Şekil 6.1).



Şekil 6.1 Genel yansıtıcıyı belirleyen büyüklükler arasındaki ilişkiler

Aşağıdaki bölümlerde dört ayrı yaklaşım açıklanmış ve her bir yaklaşımın uygulanmasına yönelik örnek verilmiştir. Her yaklaşım için yapılan uygulama örneğinde aynı aygıt ışık yeğirlik eğrisi veri olarak alınmıştır (Şekil 6.2).



Şekil 6.2 Elde edilmek istenen aydınlatma aygıtı ışık yeğirlik eğrisi

### 6.1 Grafikler Aracılığı ile Genel Yansıtıcı Tasarımı

Aydınlatma aygıtı ışık yeğirlik eğrisinden yola çıkarak genel yansıtıcı biçiminin grafikler ile belirlenmesinde,

- aygıt içinde yer alan lambanın yansıtıcı yüzeye gönderdiği ışık akısı ve
- yansıtıcıdan yansıyan ışık akısına

ilişkin oluşturulan iki ayrı grafikten yararlanılmaktadır.

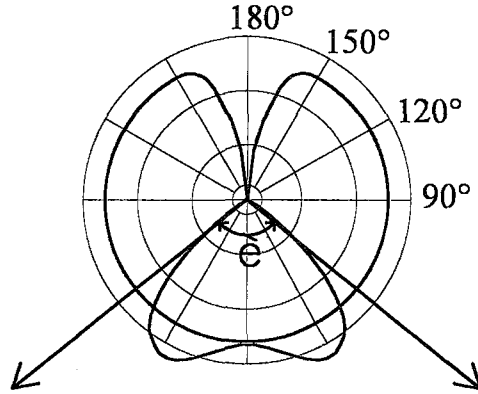
#### 6.1.1 Yaklaşımın Açıklanması

Grafikler aracılığı ile genel yansıtıcı biçiminin elde edildiği bu yaklaşımın adımları aşağıda sıralanmıştır:

- 1) Elde edilmek istenen aydınlatma aygıtı ışık yeğirlik eğrisi tanımlanır/seçilir.
- 2) Tanımlanan/seçimi yapılan aygıt ışık yeğirliği, eşit düzlem açıları aracılığı ile çok sayıda bölgeye ayrılır (Bölge sayısı arttıkça duyarlılık artar.).
- 3) Aygıt ışık yeğirlik eğrisinde bölgeleri belirleyen düzlem açıları/bölge açıları aracılığı ile her bölgenin hacim açısı karşılığı/bölge çarpanı ( $\Omega_Y$ ) hesaplanır.
- 4) Aygıtın, ışık yeğirlik eğrisinde ayrılan her bölgenin orta doğrultusundaki ışık yeğirliği

( $I_Y$ ), “3. adım” da saptanan bölge çarpanları ( $\Omega_Y$ ) ile çarpılarak, aygıtın her bölge içine göndermesi gereken ışık akısı ( $\Phi_{Yg}$ ) niceliği, “bölge akısı” hesaplanır ( $\Phi_{Yg}=I_Y \times \Omega_Y$ ). (Bölge açıları olabildiğince küçük seçilip, bölgenin orta doğrultusundaki ışık yeğirliği yerine bölgenin ortalama ışık yeğirliği kullanıldığında duyarlılık artar.).

- 5) Aygıtın, “4. adım” da hesaplanmış olan, her bir bölgeye yollaması istenen, bölge ışık akıları toplanarak aygıttan çıkması gereken toplam ışık akısı ( $\Sigma\Phi_{Yg}$ ) belirlenir. Aydınlatma aygıtının olacağı varsayılan geriverimi ( $\eta$ ) dikkate alınarak, kullanılacak lambanın çevresine yayımlaması gereken toplam ışık akısı niceliği ( $\Phi_{Lg}$ ) bulunur ( $\Phi_{Lg}=\Sigma\Phi_{Yg}/\eta$ ). Gerekli lamba ışık akısı niceliği ( $\Phi_{Lg}$ ) göz önünde bulundurularak kullanılacak lambanın türü ve gücü, bu akıya en yakın nicelikte ışık akısı yayımlayan lambalar arasından seçilir.
- 6) Seçilen lambanın ışık yeğirlik eğrisi, “2. adım” da yapıldığı gibi, eşit düzlem açılar ile çok sayıda bölgeye ayrılır.
- 7) Lamba ışık yeğirlik eğrisinde bölgeleri oluşturan düzlem açıları/bölge açıları aracılığı ile “3. adım” a benzer biçimde, her bölgenin hacim açısı karşılığı/bölge çarpanı ( $\Omega_L$ ) hesaplanır.
- 8) Lambanın ışık yeğirlik eğrisinde oluşturulan her bölgenin orta doğrultusundaki ışık yeğirliği “7. adım” da belirlenen bölge çarpanları ile çarpılarak, bir başka deyişle “ $\Phi_L=I_L \times \Omega_L$ ” eşitliği uyarınca, lambanın her bölge içine yayımladığı ışık akısı niceliği, yani “bölge akısı” bulunur.
- 9) Elde edilmek istenen aygıt ışık yeğirlik eğrisinden, ışık konisi tepe açısının, yani aygıttan çıkan toplam ışığın yayılma açısının büyüklüğü belirlenir. Aygıttan çıkan dolaysız ışığın yayılma açısının, bir başka deyişle lambadan çıkan ışığın yansıtıcı yüzeyine düşmeden, doğrudan doğruya yansıtıcının dışına çıkan bölümünün yayılma açısı büyüklüğünün aygıttan çıkan toplam ışığın yayıldığı açıya eşit olacağı kabul edilir (Şekil 6.3). Aygıttan çıkan dolaysız ışığın yayılma açısının, yani ışık konisi tepe açısının ( $\theta$ ) büyüklüğüne bağlı olarak, lambanın bu açının içerdiği bölgelere yayımladığı ışıkların toplamı alınır. Böylece, lambadan yayımlanan ışığın, hiç yansımadan doğrudan doğruya yansıtıcı dışına çıkan bölümü ( $\Phi_{Ld}$ ) saptanmış olur.



Şekil 6.3 Aydınlatma aygıtından çıkan dolaysız ışığın (aygıttan çıkan toplam ışığın) yayılma açısı ( $\theta$ )

- 10) Seçilen lambanın yayımladığı toplam ışık akısından, lamba ışığının “9. adım” da saptanmış olan, aygıttan doğrudan doğruya dışarı çıkan bölümü çıkarılarak lamba ışığının yansıtıcı yüzeye düşmesi gereken bölümü ( $\Phi_{LY}$ ) elde edilir ( $\Phi_{LY}=\Sigma\Phi_L-\Phi_{Ld}$ ).
- 11) Lambadan çıkarak yansıtıcı yüzeye düşecek olan ışık akısı ( $\Phi_{LY}$ ), yansıtıcı yüzeyin yansıtma çarpanı ve yansıyan ışığın lamba ampulünün içinden geçen bölümünün belli oranda (yaklaşık %15 oranında) kayba uğrayacağı varsayılarak 0.85 (1-0.15) ile çarpılır. Bunun sonucunda, yansıtıcıdan yansıyarak çıkacak ışık akısı niceliği ( $\Phi_{Ly}$ ) bulunmuş olur.
- 12) Aygıttan çıkacak dolaysız ve yansımış ışıkların toplamı ( $\Sigma\Phi_Y$ ) “9. ve 11. adımlar” da hesaplanan değerler toplanarak belirlenir ( $\Sigma\Phi_Y=\Phi_{Ld}+\Phi_{Ly}$ ).
- 13) “5. adım” da saptanmış olan, aygıttan çıkması gereken toplam ışık akısı ( $\Sigma\Phi_{Yg}$ ) ve “12. adım” da elde edilmiş olan aygıttan çıkacağı varsayılan toplam ışık akısı ( $\Sigma\Phi_Y$ ) birbirine eşit olmadığında, bu iki ışık akısı arasındaki oran ( $k=\Sigma\Phi_Y/\Sigma\Phi_{Yg}$ ) belirlenir. k oranı, “4. adım” da belirlenmiş olan, aygıtın her bir bölge içine yayımlaması gereken ışık akısı, yani her bir “bölge akısı” ile çarpılarak gerekli düzeltmeler yapılır. Yapılan bu düzeltme sonucunda, istenen aygıt ışık yeğnilik eğrisini sağlayacak yansıtıcının, bundan önceki belirlemeler doğrultusunda ortaya çıkabilecek biçimi değişmeden boyutu, k oranı 1’ den büyük olduğunda büyüyecek, 1’ den küçük olduğunda ise küçülecektir.
- 14) “13. adım” da düzeltilerek elde edilmiş olan, aygıtın aygıt ışık yeğnilik eğrisinde ayrılmış her bir bölge içine yayımlaması gereken ışık akılarından ( $\Phi_{Yg\ düz}$ ) lambanın aynı bölgelere (dolaysız ışığın yayılma açısının içinde kalan bölgeler) yayımladığı ışık akıları çıkartılarak düzeltilmiş yeni durum için yansıtıcıdan her bir bölgeye yansımaları gereken ışık akıları ayrı ayrı bulunur ve bu akıların toplamı alınır ( $\Sigma\Phi_{Ly\ düz}$ ).
- 15) Aygıt eksenini ( $0^\circ$  doğrultusu) ile aygıt ışık yeğnilik eğrisinde belirlenmiş olan her bir bölgeyi sınırlayan açılar içine yansımaları gereken ışık akılarının kümülatif toplamı bulunur. Bir başka deyişle, sırasıyla 1. bölgeye, 1+2. bölgeye, 1+2+3. bölgeye, 1+2+3+...+n. bölgeye yansımaları gereken ışık akıları hesaplanır. Bu işlem tüm bölgeler için yapıldığında, 11. adımda elde edilmiş olan, yansıtıcıdan yansıyarak çıkacak ışık akısı niceliğine ulaşılır.
- 16) Yansıtıcı yüzeyi eşit düzlem açılar ile bölgelere ayrılır. Lamba ışığının yansıtıcı yüzeyinde ayrılmış her bir bölgeye yayımladığı ışık akısı kullanılan lambanın bu doğrultulardaki ışık yeğnilik değerleri ve hacim açılarından yararlanarak bulunur. Her yansıtıcı parçasına düşen ışık akısı, yansıtıcı yüzeyin yansıtma çarpanı ve yansıyan ışıkların lamba ampülü içinden geçen bölümüne ilişkin olabilecek kayıplar için 0.85 ile çarpılır. “15. adım” da yapılan işlemlere benzer biçimde, yansıtıcının her bir bölgesinden yansıyan ışıkların toplamı ve bunların kümülatif toplamı en küçük numaralı bölgeden başlayarak sırasıyla bulunur. Bu aşamada elde edilen kümülatif ışık akılarının “15. adım” da bulunmuş olan kümülatif ışık akılarına eşit olması gerekmektedir.
- 17) Yansıtıcıyı oluşturan yansıtıcı parçalarının uzunluk ve eğimini belirleyebilmek için, x eksenlerine yansıtıcıdan yansımaları gereken ve lambadan yayımlanan ışık akılarının yerleştirildiği iki ayrı grafik alt alta gelecek biçimde oluşturulur.

Lambanın yayımladığı ışık ile ilgili olan üstteki grafiğin,

- x eksenine, eksenin sağ ucunda 0 (sıfır) lümen, sol ucunda “16. adım” da saptanan toplam

ışık akısı değeri yer alacak biçimde, lambanın yansıtıcı yüzeye yolladığı toplam ışık akısı,

- y eksenine, eksenin alt noktasında dolaysız ışığın yayılma açısı, üst noktasında  $180^\circ$  yer alacak biçimde, açısal değerler ölçekli (oranlı) olarak yerleştirilir.

Yansıtıcıdan yansıyan ışık ile ilgili olan alttaki grafiğin,

- x eksenine, eksenin sol ucunda 0 (sıfır) lümen, sağ ucunda “15. adım” da saptanan toplam ışık akısı değeri yer alacak biçimde,
- y eksenine, eksenin alt noktasında  $0^\circ$  (aygıt ekseni doğrultusu), üst noktasında  $90^\circ$  (aygıt ekseni ile  $90^\circ$  açı yapan doğrultu) yer alacak biçimde açısal değerler ölçekli olarak yerleştirilir.

18) Alttaki grafiğin eğrisi elde edilirken,

- x eksenine, 15. adımda bulunan, yansıtıcıdan yansımaları gereken ışık akısı toplamları,
- y eksenine, söz konusu ışık akısı toplamlarının ait oldukları bölgeleri sınırlayan açılar işaretlenir. x ekseninde işaretlenen noktalardan bu eksene dik çizilen “düşey” doğruların, y ekseninde işaretlenen noktalardan bu eksene dik çizilen “yatay” doğrular ile kesiştikleri noktalar birleştirilerek “yansıtıcıdan yansıyan ışığa ilişkin eğri” elde edilir.

19) Üstteki grafiğin eğrisi elde edilirken,

- x eksenine, “16. adım” da hesaplanan, lambadan çıkarak yansıtıcı yüzeye düşen ışık akısı toplamları,
- y eksenine, söz konusu ışık akısı toplamlarının ait oldukları bölgeleri sınırlayan açılar işaretlenir. x ve y eksenlerinde işaretlenen noktalardan, “18. adım” da yapıldığı gibi, bu eksenlere çizilen dik doğruların kesişme noktaları birleştirilerek “lambanın yansıtıcı yüzeye gönderdiği ışığa ilişkin eğri” elde edilir.

20) “19. adım” da oluşturulan üst grafikteki, lambanın yansıtıcı yüzeye gönderdiği ışığın eğrisi üzerindeki kesişim noktalarından geçen düşey doğruların her biri uzatılarak, alt grafikteki, yansıtıcıdan yansıyan ışığın eğrisini kestiği noktalar saptanır. Yansıtıcıya ilişkin eğri (alttaki grafik) üzerindeki kesişim noktalarından geçen yatay doğrular çizilerek alt grafiğin y eksenini kestirilir. Üst grafiğin y eksenindeki açısal değerler, yansıtıcının her parçasının sınırlarını belirleyen açılardır. Bir başka deyişle, bu açılar lambanın ışık yolladığı her bir yansıtıcı parçasının sınırlarını, yansıtıcı tepe noktasından başlamak üzere;  $180^\circ - a_1, a_1 - a_2, \dots, a_{n-1} - a_n$ ; ( $a_n$ : dolaysız ışığın yayılma açısının yarısı) şeklinde belirler. Söz konusu açılar belirlediği yansıtıcı parçalarından yansıyan ışığın yöneldikleri doğrultuları sınırlayan açılar ise  $0^\circ - b_1, b_1 - b_2, \dots, b_{n-1} - b_n$ , olarak gösterilebilir.

21) Birinci yansıtıcı parçasını belirleyebilmek için aygıt ekseni çizilir ve bu eksen üzerinde ışık kaynağı merkezinin (K) yeri işaretlenir. K noktasından geçen ve aygıt ekseni ile  $180^\circ, a_1, a_2, \dots, a_n$  açılar yapan ışınal doğrular çizilir. Aygıt ekseni ile  $a_1$  ve  $180^\circ$  açı yapan doğruların ortasından geçen ortalama ışık ışını çizilir. Yani, K noktasından geçen

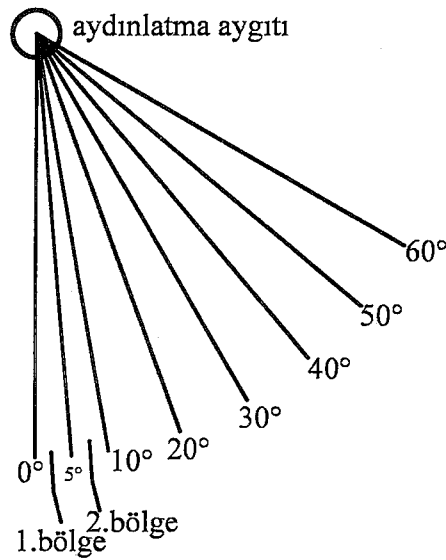
ve aygıt eksenini ile  $[(a_1+180^\circ)/2]^\circ$  açı yapan ışık ışını çizilir. Bu ışık ışını, ışığın birinci yansıtıcı parçasına düştüğü ortalama doğrultudur. Birinci yansıtıcı parçasının, istenen yansıtıcı boyutuna bağlı olarak, ortalama ışık ışını üzerindeki yerine/orta noktasına (P) karar verilir. Birinci yansıtıcı parçasının ortalama ışık ışını üzerindeki noktasından geçen ve ortalama ışık ışını ile  $[(0^\circ+b_1)/2]^\circ$  açı yapan doğru çizilir. Bu doğru, ışığın birinci yansıtıcı parçasından ortalama yansıma doğrultusunu verir. Lamba ışığının birinci yansıtıcı parçasına ortalama geliş ve ortalama yansıma doğrultularının belirlediği açının açıortayı saptanır ve bu açıortaya, birinci yansıtıcı parçasının orta noktasından (P) dik çizilerek, birinci yansıtıcı parçasının eğimi bulunur.

- 22) “21. adım” da yapılan işlemler yinelenerek öteki yansıtıcı parçalarının uzunluk ve eğimleri belirlenir.
- 23) Ortalama ışık ışını üzerinde P noktasını belirlemek için herhangi bir nokta seçildiği için, yansıtıcı parçalarının uçları birbirleriyle çakışmayabilir. Bu durumda, yansıtıcı parçalarına paralel doğrular çizilerek, yansıtıcı parçalarının uç uca gelmesi sağlanır.

### 6.1.2 Uygulama Örneği

Yukarıda adımları açıklanan yaklaşım uyarınca bir uygulama örneği yapılmıştır. Örnek uygulamada, yukarıda açıklanmış her bir adımda yapılan işlemler aşağıda verilmiştir.

- 1) Elde edilmek istenen aygıt ışık yeğirlik eğrisi Şekil 6.2’ de gösterildiği gibi tanımlanmıştır.
- 2) Tanımlanan aygıt ışık yeğirlik eğrisi  $5^\circ$  er derecelik eşit düzlem açıları ile 12 bölgeye ayrılmıştır (Çizelge 6.1, kolon 1).
- 3) Aygıt ışık yeğirlik eğrisinde bölgeleri belirleyen bölge açıları aracılığı ile her bölgenin hacim açısı karşılığı/bölge çarpanı (str) hesaplanmıştır (Şekil 6.4, Çizelge 6.1, kolon 4). Örneğin, 1. bölge için düzlem açısı  $5^\circ$ , bu bölge için koni tepe açısı  $10^\circ$ , bölge çarpanı  $0.0239$  dur.



Şekil 6.4 Aygıt ışık yeğirlik eğrisinde ayrılan bölgeler

- 4) Aydınlatma aygıtı ışık yeğlilik eğrisinde ayrılan her bölgenin orta doğrultusundaki ışık yeğliliği ( $I_Y$ ) saptanmıştır. Örneğin,  $0^\circ$ - $5^\circ$  düzlem açıların sınırladığı 1. bölgenin ortalama doğrultusu olan, aygıt eksenini ile  $2.5^\circ$  açı yapan doğrultudaki ışık yeğliliği  $389.68 \text{ cd}$ ' dir (Çizelge 6.1, kolon 3). Aydınlatma aygıtının her bölge içine yayımlaması gereken ışık akısı ( $\Phi_{Yg}$ ) niceliğini "bölge akısını" hesaplamak için yukarıda bulunan ışık yeğlilikleri ( $I_Y$ ), "3. adım" da saptanan bölge çarpanları ( $\Omega_Y$ ) ile çarpılmıştır ( $\Phi_{Yg}=I_Y \times \Omega_Y$ ). Örneğin, 1. bölgenin bölge akısı;  $\Phi_{Yg}=389.68 \times 0.0239=9.3 \text{ lm}$ ' dir (Çizelge 6.1, kolon 5).

Çizelge 6.1 Elde edilmek istenen aygıt ışık yeğlilik eğrisinde ayrılan bölgelerin özellikleri

Bölge no	Bölge açıları	Bölgenin orta noktasındaki ışık yeğliliği ( $I_Y$ , cd)	Bölge çarpanı ( $\Omega_Y$ , steradyan)	Bölge ışık akısı ( $\Phi_{Yg}$ , lm)
1	0-5	389,68	0,0239	9,3
2	5-10	387,66	0,0716	27,8
3	10-15	382,60	0,1186	45,4
4	15-20	376,03	0,1648	62,0
5	20-25	368,19	0,2098	77,2
6	25-30	354,33	0,2531	89,7
7	30-35	339,12	0,2945	99,9
8	35-40	323,15	0,3337	107,8
9	40-45	301,37	0,3703	111,6
10	45-50	278,74	0,4041	112,6
11	50-55	256,37	0,4349	111,5
12	55-60	227,60	0,4623	105,2
( $\Sigma\Phi_{Yg}$ ) TOPLAM:				960,0

- 5) Yansıtıcının "4. adım" da hesaplanmış olan, her bir bölgeye yollaması istenen, Çizelge 6.1, kolon 5 'de yer alan bölge akıları toplanarak aygıttan çıkması gereken toplam ışık akısı ( $\Sigma\Phi_{Yg}$ )  $960 \text{ lm}$  olarak belirlenmiştir. Aydınlatma aygıtı geriveriminin ( $\eta$ ) %96 olmasına karar verilmiştir (karşılaştırma yapmak amacıyla kullanılacak aydınlatma aygıtı analiz ve tasarım programındaki değerlere uygun olabilmesi için). Saptanan geriverim dikkate alınarak, kullanılacak lambanın çevresine yayımlaması gereken toplam ışık akısı ( $\Phi_{Lg}$ )  $1000 \text{ lm}$  olarak bulunmuştur.

$$\Phi_{Lg}=\Sigma\Phi_{Yg}/\eta \quad (6.1)$$

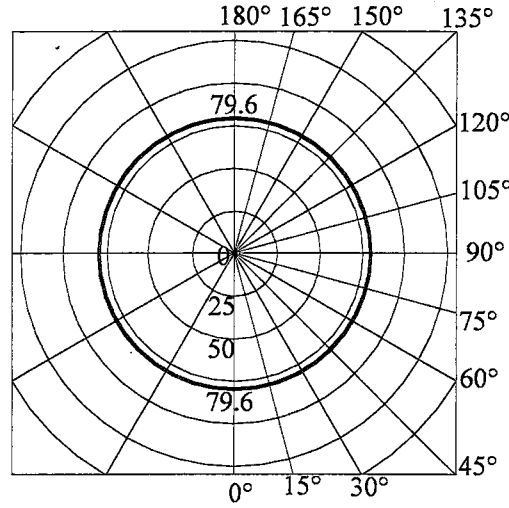
$$\Phi_{Lg}=960/0.96=1000 \text{ lm olarak bulunur.}$$

Gerekli lamba ışık akısı niceliğine ( $\Phi_{Lg}=1000 \text{ lm}$ ) bağlı olarak çevresine  $1000 \text{ lm}$  ışık akısı yayımlayan izotrop dağıtımlı nokta ışık kaynağı, aygıtta kullanılmak üzere seçilmiştir.

- 6) Kullanılan nokta ışık kaynağının ışık yeğlilik eğrisi de, "2 . adım" da yapıldığı gibi  $5^\circ$  lik eşit düzlem açıları ile 36 bölgeye ayrılmıştır. (Şekil 6.5, Çizelge 6.2, kolon 1).

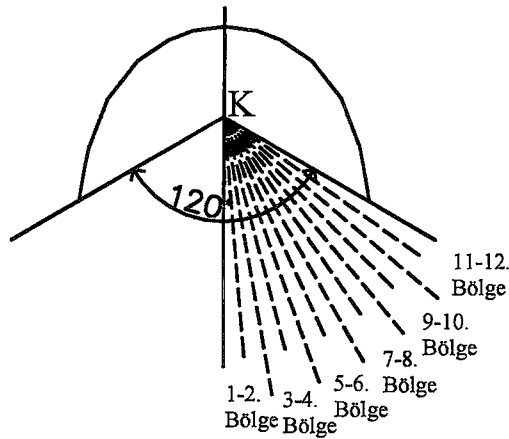
Çizelge 6.2 Kullanılan ışık kaynağının ışık yeğinlik eğrisinde ayrılan bölgelerin özellikleri

Bölge no	Bölge açıları	Bölgenin orta noktasındaki ışık yeğinliği ( $I_L$ , cd)	Bölge çarpanı ( $\Omega_L$ , steradyan)	Bölge ışık akısı ( $\Phi_L$ , lm)
1	0-5	79,6	0,0239	1,9
2	5-10	79,6	0,0716	5,7
3	10-15	79,6	0,1186	9,4
4	15-20	79,6	0,1648	13,1
5	20-25	79,6	0,2098	16,7
6	25-30	79,6	0,2531	20,1
7	30-35	79,6	0,2945	23,4
8	35-40	79,6	0,3337	26,6
9	40-45	79,6	0,3703	29,5
10	45-50	79,6	0,4041	32,2
11	50-55	79,6	0,4349	34,6
12	55-60	79,6	0,4623	36,8
13	60-65	79,6	0,4862	38,7
14	65-70	79,6	0,5064	40,3
15	70-75	79,6	0,5228	41,6
16	75-80	79,6	0,5351	42,6
17	80-85	79,6	0,5435	43,3
18	85-90	79,6	0,5476	43,6
19	90-95	79,6	0,5476	43,6
20	95-100	79,6	0,5434	43,2
21	100-105	79,6	0,5352	42,6
22	105-110	79,6	0,5228	41,6
23	110-115	79,6	0,5064	40,3
24	115-120	79,6	0,4862	38,7
25	120-125	79,6	0,4623	36,8
26	125-130	79,6	0,4348	34,6
27	130-135	79,6	0,4042	32,2
28	135-140	79,6	0,3703	29,5
29	140-145	79,6	0,3337	26,6
30	145-150	79,6	0,2945	23,4
31	150-155	79,6	0,2531	20,1
32	155-160	79,6	0,2097	16,7
33	160-165	79,6	0,1649	13,1
34	165-170	79,6	0,1186	9,4
35	170-175	79,6	0,0716	5,7
36	175-180	79,6	0,0239	1,9
( $\Sigma\Phi_L$ ) TOPLAM:				1000,00



Şekil 6.5 Kullanılan izotrop dağıtımlı nokta ışık kaynağının ışık yeğinlik eğrisi

- 7) Işık kaynağı ışık yeğinlik eğrisinde bölgeleri oluşturan  $0^\circ-5^\circ$ ,  $5^\circ-10^\circ$ ,  $10^\circ-15^\circ$ , ....,  $175^\circ-180^\circ$  bölge açılarının, "3. adım" a benzer biçimde, hacim açısı karşılığı/bölge çarpanı ( $\Omega_L$ ) hesaplanmıştır (Çizelge 6.2, kolon 4).
- 8) Işık kaynağı ışık yeğinlik eğrisinden yararlanılarak, oluşturulan her bölgenin orta doğrultusundaki ışık yeğinliği ( $I_L$ ) saptanmıştır. Örneğin,  $0^\circ-5^\circ$  düzlem açılarının sınırladığı 1. bölgenin ortalama doğrultusu olan, ışık kaynağı eksenini ile  $2.5^\circ$  açı yapan doğrultudaki ışık yeğinliği  $79.6 \text{ cd}$ ' dir (Çizelge 6.2, kolon 3). Her bölge için bulunan ışık yeğinlik değerleri, "7. adım" da belirlenen bölge çarpanları ile çarpılarak, lambanın her bölge içine yayımladığı ışık akısı niceliği/bölge akısı bulunmuştur ( $\Phi_L = I_L \times \Omega_L$ ). Örneğin, 1. bölgenin bölge akısı;  $\Phi_L = 79.6 \times 0.0239 = 1.9 \text{ lm}$ ' dir (Çizelge 6.2, kolon 5).
- 9) Elde edilmek istenen aygıt ışık yeğinlik eğrisinden, ışık konisi tepe açısının, yani yansıtıcıdan çıkan toplam ışığın yayılma açısının büyüklüğü  $120^\circ$  olarak belirlenmiştir (Şekil 6.6).



Şekil 6.6 İstenen aygıt ışık yeğinlik eğrisini sağlayacak yansıtıcıdan çıkan toplam ışığın yayılma açısı

Işık kaynağından yayımlanan ışığın hiç yansımadan doğrudan doğruya aygıt/yansıtıcı dışına çıkan bölümünü ( $\Phi_{Ld}$ ) saptamak için, Çizelge 6.2, kolon 5' den yararlanarak kaynağın 120°'lik koni tepe açısının içerdiği bölgelere yayımladığı ışık akılarının toplamı alınmıştır.

Dolaysız ışık akısı:

$$(\Phi_{Ld})=1.9+5.7+9.4+13.1+16.7+20.1+23.4+26.6+29.5+32.2+34.6+36.8=250 \text{ lm}$$

10) Nokta ışık kaynağının yayımladığı ışık akısından (1000 lm), kaynağın “9. adım” da saptanmış olan, yansıtıcıdan doğrudan doğruya dışarı çıkan bölümü (250 lm) çıkarılarak, lamba ışığının yansıtıcı yüzeye düşen bölümü ( $\Phi_{LY}$ ) 750 lm olarak elde edilir.

$$\Phi_{LY}=\Sigma\Phi_L-\Phi_{Ld} \quad (6.2)$$

$$\Phi_{LY}=1000-250=750 \text{ lm}$$

11) Yansıtıcı yüzeyin yansıtma çarpanının 0.95 olduğu varsayılmıştır. Bu nedenle, lambadan çıkarak yansıtıcı yüzeye düşecek olan ışık akısı ( $\Phi_{LY}$ ) yüzeyin yansıtma çarpanı ile çarpılmıştır. Nokta ışık kaynağı kullanıldığı için, yansıyan ışığın lamba ampülü içinden geçerken kayba uğraması söz konusu olmadığından, bu doğrultudaki kayıplar ile ilgili işlem yapılmamıştır.

$$\Phi_{Ly}=\Phi_{LY} \times 0.95$$

$$\Phi_{Ly}=750 \times 0.95=712.5 \text{ lm}$$

12) “9. ve 11. adımlar” da hesaplanmış olan aygıttan çıkan dolaysız ışık ( $\Phi_{Ld}=250 \text{ lm}$ ) ile yansımış ışık ( $\Phi_{Ly}=712.5 \text{ lm}$ ) toplanarak, aygıttan çıkan dolaysız ve yansımış ışık toplamı ( $\Sigma\Phi_Y=962.5 \text{ lm}$ ) olarak belirlenmiştir.

$$\Sigma\Phi_Y=\Phi_{Ld} + \Phi_{Ly} \quad (6.3)$$

$$\Sigma\Phi_Y=250+712.5=962.5 \text{ lm}$$

13) “5. adım” da saptanmış olan, aygıttan çıkması gereken toplam ışık akısı ( $\Sigma\Phi_{Yg}=960 \text{ lm}$ ) ile “12. adım” da elde edilmiş olan aygıttan çıkacağı varsayılan toplam ışık akısı ( $\Sigma\Phi_Y=962.5 \text{ lm}$ ) birbirine eşit olmadığından, bu iki akı arasındaki oran ( $k=\Sigma\Phi_Y/\Sigma\Phi_{Yg}=962.5/960=1.0026$ ) 1.0026 olarak belirlenmiştir. Bu oran ile “4. adım” da belirlenen, aygıtın her bir bölge içine yayımlaması gereken ışık akıları çarpılmıştır. Böylece, elde edilmek istenen aygıt ışık yeğnilik eğrisinde ayrılmış her bir bölgeye aygıtın göndermesi gereken düzeltilmiş ışık akıları saptanmıştır. Örneğin, 1. bölge (0°-5°) için  $\Phi_{Yg \text{ düz}}=9.3 \times 1.0026=9.3 \text{ lm}$  bulunmuştur (Çizelge 6.3, kolon 3).

14) “13. adım” da düzeltilerek elde edilmiş olan, aygıtın her bir bölge içine yayımlaması gereken ışık akılarından (Çizelge 6.3, kolon 3), lambanın, dolaysız ışığın yayılma açısının ( $2 \times 60^\circ=120^\circ$ ) içerdiği bölgelere yayımladığı ışık akıları (Çizelge 6.3, kolon 4) çıkartılarak, yansıtıcıdan her bir bölgeye yansıtılması gereken ışık akıları ayrı ayrı bulunmuştur (Çizelge 6.3, kolon 5). Bu akıların toplamı ( $\Sigma\Phi_{Yg \text{ düz}}$ ) 712.5 lm olarak elde edilmiştir. Örneğin, 1. bölge (0°-5°) için  $9.3-1.9=7.4 \text{ lm}$  bulunmuştur.

Çizelge 6.3 Aydınlatma aygıtından çıkması gereken yansımış ve dolaysız ışık akıları

Bölge no	Bölge açıları	Aygıttan çıkması gereken düzeltilmiş ışık akısı ( $\Phi_{Yg}$ düz, lm)	Aygıttan çıkan dolaysız ışık akısı ( $\Phi_{Ld}$ , lm)	Yansıtıcıdan yansımaları gereken ışık akısı (lm)
1	0-5	9,3	1,9	7,4
2	5-10	27,8	5,7	22,1
3	10-15	45,5	9,4	36,1
4	15-20	62,1	13,1	49,0
5	20-25	77,4	16,7	60,8
6	25-30	89,9	20,1	69,8
7	30-35	100,1	23,4	76,7
8	35-40	108,1	26,6	81,6
9	40-45	111,9	29,5	82,4
10	45-50	112,9	32,2	80,8
11	50-55	111,8	34,6	77,2
12	55-60	105,5	36,8	68,7
TOPLAM:		962,5	250,0	712,5

15) Çizelge 6.3, kolon 5' den yararlanılarak, aygıt eksenini ( $0^\circ$  doğrultusu) ile her bölgeyi sınırlayan açı içine yansıtıcıdan yansımaları gereken ışık akılarının kümülatif toplamı bulunmuştur. Örneğin, 1. bölge için; 7.4 lm, 2. bölge için;  $7.4+22.1=29.5$  lm elde edilmiştir (Çizelge 6.4, kolon 4).

Çizelge 6.4 Kümülatif/toplam ışık akısı değerleri

Bölge no	Bölge açıları	Aygıt eksenini (0°) ile olan açı	Yansıması gereken kümülatif ışık akısı	Yansıyan ışık akısı (lm)	Yansıyan kümülatif ışık akısı (lm)
1	0-5	0-5	7,4		
2	5-10	0-10	29,5		
3	10-15	0-15	65,6		
4	15-20	0-20	114,6		
5	20-25	0-25	175,4		
6	25-30	0-30	245,2		
7	30-35	0-35	321,9		
8	35-40	0-40	403,5		
9	40-45	0-45	485,9		
10	45-50	0-50	566,6		
11	50-55	0-55	643,8		
12	55-60	0-60	712,5		
13	60-65	0-65		36,8	36,8
14	65-70	0-70		38,3	75,0
15	70-75	0-75		39,5	114,6
16	75-80	0-80		40,5	155,0
17	80-85	0-85		41,1	196,1
18	85-90	0-90		41,4	237,5
19	90-95	0-95		41,4	278,9
20	95-100	0-100		41,1	320,0
21	100-105	0-105		40,5	360,4
22	105-110	0-110		39,5	400,0
23	110-115	0-115		38,3	438,2
24	115-120	0-120		36,8	475,0
25	120-125	0-125		34,9	509,9
26	125-130	0-130		32,9	542,8
27	130-135	0-135		30,6	573,4
28	135-140	0-140		28,0	601,4
29	140-145	0-145		25,2	626,6
30	145-150	0-150		22,3	648,9
31	150-155	0-155		19,1	668,0
32	155-160	0-160		15,9	683,8
33	160-165	0-165		12,5	696,3
34	165-170	0-170		9,0	705,3
35	170-175	0-175		5,4	710,7
36	175-180	0-180		1,8	712,5

Bu işlem tüm bölgeler için yapıldığında, “11. adım” da elde edilen yansıtıcıdan yansıyarak çıkacak ışık akısı olan 712.5 lm’ e ulaşılmıştır (Çizelge 6.3, kolon 5).

16) Çizelge 2, kolon 5’ den yararlanılarak lamba ışığının yansıtıcı yüzeyi gören bölgelere yayımladığı ışık akıları, yansıtıcı yüzeyin yansıtma çarpanı ile çarpılmıştır (Çizelge 6.4, kolon 5). Örneğin 13. bölge için ( $60^{\circ}$ - $65^{\circ}$ )  $38.7 \times 0.95 = 36.8$ , 14. bölge için  $40.3 \times 0.95 = 38.3$  bulunmuştur.

Işık kaynağının yansıtıcı yüzeyi gördüğü açılara ilişkin yukarıda elde edilmiş olan, yansıtıcıdan yansıyan ışık akılarının (Çizelge 6.4, kolon 5) kümülatif değeri toplamı en küçük numaralı bölgeden başlayarak, “15. adım” da yapılan işlemlere benzer biçimde bulunmuştur (Çizelge 6.4, kolon 6). Örneğin,  $65^\circ$  lik açı içinde kalan 13. bölgenin ışık akısı 36.8 lm,  $70^\circ$  lik açı içinde kalan 14. bölgenin ışık akısı 75 lm olarak saptanmıştır. Bu işlem, tüm bölgeler için yapıldığında “14. ve 15. adımlar” da bulunan toplam 712.5 lm ışık akısı elde edilmiştir.

17) Yansıtıcıyı oluşturan yansıtıcı parçalarının uzunluk ve eğimini belirleyebilmek için, yansıtıcıdan yansıması gereken ve lambadan yayımlanan ışık akılarını gösteren iki ayrı grafik alt alta gelecek şekilde oluşturulmuştur (Şekil 6.7a ve b).

Lambanın yayımladığı ışık ile ilgili olan üstteki grafiğin,

- x eksenine, eksenin sağ ucuna 0 lümen, sol ucuna “16. adım” da saptanan toplam 712.5 lm ışık akısı değeri ölçekli olarak yerleştirilmiştir (Şekil 6.7b).
- y eksenine, eksenin alt noktasında dolaysız ışığın yayılma açısı olan  $60^\circ$  ve üst noktasında  $180^\circ$  yer alacak biçimde, açısal değerler ölçekli (oranlı) olarak yerleştirilmiştir (Şekil 6.7b).

Yansıtıcıdan yansıyan ışık ile ilgili olan alttaki grafiğin,

- x eksenine, eksenin sol ucunda 0 lümen, sağ ucunda “16. adım” da saptanan 712.5 lümen toplam ışık akısı değeri yer alacak biçimde açısal değerler ölçekli olarak yerleştirilmiştir (Şekil 6.7a).
- y eksenine, eksenin alt noktasında  $0^\circ$ , üst noktasında  $60^\circ$  yer alacak biçimde açısal değerler ölçekli olarak yerleştirilmiştir (Şekil 6.7a).

18) Altındaki grafiğin eğrisi elde edilirken,

- x eksenine “15. adım” da bulunan yansıtıcıdan yansıması gereken ışık akısı toplamaları,
- y eksenine, söz konusu ışık akısı toplamalarının ait oldukları bölgeleri sınırlayan açılar işaretlenmiştir. Bu işlem yapılırken Çizelge 6.4, kolon 3’ ten yararlanılmıştır. Örneğin,  $5^\circ$  için 7.4 lm,  $10^\circ$  için 29.5 lm işaretlenmiştir.

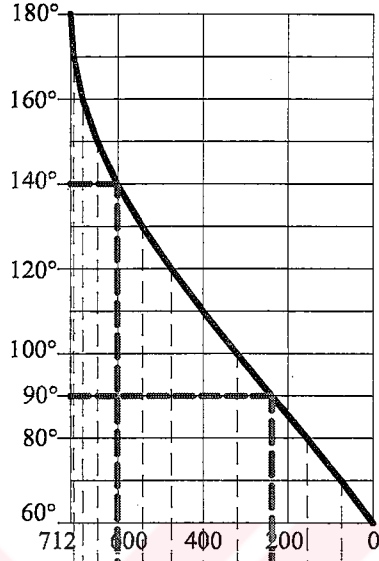
x ekseninde işaretlenen noktalardan bu eksene dik çizilen “düşey” doğrular ile y ekseninde işaretlenen noktalardan bu eksene dik çizilen “yatay” doğruların kesiştikleri noktalar birleştirilerek “yansıtıcıdan yansıyan ışığa ilişkin eğri” elde edilmiştir (Şekil 6.7a).

19) Üstteki grafiğin eğrisi elde edilirken,

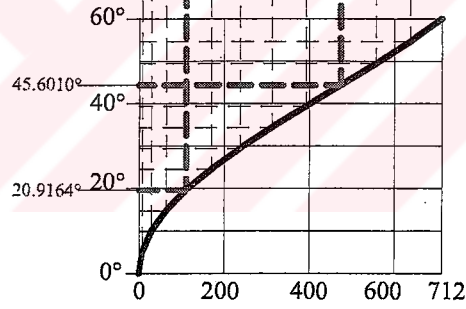
- x eksenine, “16. adım” da hesaplanan, lambadan çıkarak yansıtıcı yüzeye düşen ışık akısı toplamaları,
- y eksenine, söz konusu ışık akısı toplamalarının ait oldukları bölgeleri sınırlayan açılar işaretlenmiştir. Bu işlem yapılırken Çizelge 6.4, kolon 5’ deki değerler kullanılmıştır.

Örneğin,  $65^\circ$  için 36.8 lm,  $70^\circ$  için 75 lm işaretlenmiştir.

x ve y eksenlerinde işaretlenen noktalardan, “18. adım” da yapıldığı gibi, bu eksenlere çizilen dik doğruların kesişme noktaları birleştirilerek “lambanın yansıtıcı yüzeye gönderdiği ışığa ilişkin eğri” elde edilmiştir (Şekil 6.7b).



Şekil 6.7 b Lambanın yansıtıcı yüzeye gönderdiği ışığa ilişkin grafik



Şekil 6.7a Yansıtıcıdan yansıyan ışığa ilişkin grafik

20) “19. adım”da oluşturulan, lambanın yansıtıcı yüzeye gönderdiği ışığın eğrisi üzerindeki kesişim noktalarından geçen düşey doğruların her biri uzatılarak, alt grafikteki, yansıtıcıdan yansıyan ışığın eğrisini kestiği noktalar saptanmıştır. Yansıtıcıya ilişkin eğri üzerindeki kesişim noktalarından geçen yatay doğrular çizilerek, alt grafiğin y eksenini kestiği noktalar saptanmıştır (Çizelge 6.5, kolon2).

Çizelge 6.5, kolon 1’ de verilmiş olan y ekseninde okunan açısal değerler, lambanın ışık yolladığı her bir yansıtıcı parçasının sınırlarını  $180^\circ-175^\circ$ ,  $175^\circ-170^\circ$ , ...,  $65^\circ-60^\circ$  (dolaysız ışığın yayılma açısı  $60^\circ$ ) biçiminde belirlemiştir. Söz konusu açıların belirlediği yansıtıcı parçalarından yansıyan ışığın, yöneldikleri doğrultuları sınırlayan açılar ise  $0^\circ-2.4662^\circ$ ,  $2.4662^\circ-4.9324^\circ$ , ...,  $57.2668^\circ-60^\circ$  olarak bulunmuştur.

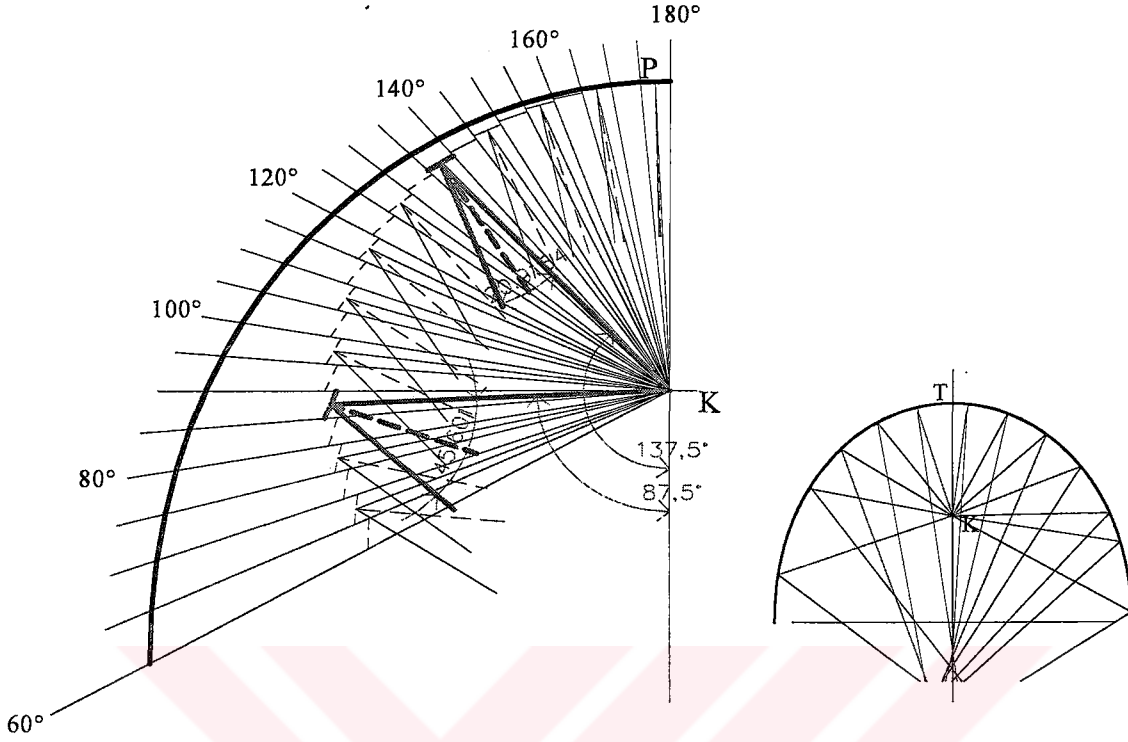
Çizelge 6.5 Yansıtıcı parçalarının sınırlarını belirten açısal değerler

Yansıtıcıyı oluşturan yansıtıcı parçalarının sınırlarını belirleyen açılar (derece)	Yansıtıcı parçalarından yansıyan ışıkların yönedikleri doğrultuların sınırlarını gösteren açılar (derece)	Yansıyan ışıkların yönedikleri bölgelerin ortalama doğrultularını gösteren açıları (derece)
180-175	0,0000-2,4662	1,2331
175-170	2,4662-4,9324	3,6993
170-165	4,9324-7,3874	6,1824
165-160	7,3874-9,7973	8,5923
160-155	9,7973-12,2986	11,0868
155-150	12,2986-14,7222	13,5104
150-145	14,7222-17,2194	16,0077
145-140	17,2194-19,6429	18,4311
<b>140-135</b>	<b>19,6429-22,1211</b>	<b>20,9164</b>
135-130	22,1211-24,5305	23,3258
130-125	24,5305-27,0230	25,807
125-120	27,023-29,4548	28,2389
120-115	29,4548-31,9459	30,7252
115-110	31,9459-34,3872	33,1666
110-105	34,3872-36,8773	35,6503
105-100	36,8773-39,3313	38,1043
100-95	39,3313-41,8386	40,5886
95-90	41,8386-44,3386	43,0886
<b>90-85</b>	<b>44,3386-46,8773</b>	<b>45,6010</b>
85-80	46,8773-49,4300	48,1537
80-75	49,4300-51,9942	50,6988
75-70	51,9942-54,5850	53,2896
70-65	54,5850-57,2668	55,9001
65-60	57,2668-60,0000	58,6334

21) Birinci yansıtıcı parçasını belirleyebilmek için aygıt ekseni çizilip, bu eksen üzerinde nokta kaynak varsayılan ışık kaynağının (K) yeri işaretlenmiştir. K noktasından geçen ve aygıt ekseni ile  $180^\circ$ ,  $175^\circ$ ,  $170^\circ$ , ... ,  $60^\circ$  açılar yapan ışınal doğrular çizilmiştir. Aygıt ekseni ile  $180^\circ$  ve  $175^\circ$  açı yapan doğruların ortasından geçen ortalama doğrultu, yani, K noktasından geçen ve aygıt ekseni ile  $[(180+175)/2]^\circ=177.5^\circ$  açı yapan ışık ışını çizilmiştir. Bu ışık ışını, ışığın birinci yansıtıcı parçasına düştüğü ortalama doğrultudur. Yansıtıcının diğer parçalarının ortalama doğrultuları Çizelge 6.5, kolon 1' den yararlanılarak bulunmuştur. Birinci yansıtıcı parçasının başlangıç noktası, istenen yansıtıcı boyutuna bağlı olarak, K noktasından 3 cm uzaklıkta olacak biçimde saptanmıştır. Çizelge 6.5, kolon 2' den yararlanılarak, birinci yansıtıcı parçasının ortalama ışık ışını üzerindeki noktasından geçen ve ortalama ışık ışını ile  $[(0+2.4662)/2]^\circ = 1.2331^\circ$  açı yapan doğru çizilmiştir. Bu doğru, ışığın birinci yansıtıcı parçasından ortalama yansıma doğrultusunu verir. Lamba ışığının birinci yansıtıcı parçasına ortalama geliş ve ortalama yansıma doğrultularının belirlediği açının açıortayı saptanmış ve bu açıortaya, birinci yansıtıcı parçasının orta noktasından (P) dik çizilerek, birinci yansıtıcı parçasının eğimi bulunmuştur (Şekil 6.8).

22) "21. adım" da yapılan işlemler yinelenerek öteki yansıtıcı parçalarının uzunluk ve eğimi belirlenmiştir.

23) "22. adım" da belirlenen yansıtıcı parçalarının uç uca gelmesi sağlanarak, yansıtıcı Şekil 6.8' de gösterildiği gibi oluşturulmuştur.



Şekil 6.8 Grafikler aracılığı ile oluşturulan genel yansıtıcı

## 6.2 Hesaplama Yolu İle Genel Yansıtıcı Tasarımı

Genel yansıtıcı biçiminin tasarımında yararlanılabilecek bu yaklaşım doğrudan doğruya hesaplamaya dayanmaktadır. Ancak, hesaplama yolu ile genel yansıtıcı biçiminin belirlenmesi öteki yaklaşımlardan farklı olarak, belirli koşullar için olanaklıdır. Daha açık bir deyişle; ışık kaynağından çıkarak yansıtıcının belli bir noktasına gelen ışık ışınının aygıt eksenini ile yaptığı açının büyüklüğü ( $\alpha$  açısı) ile ışığın yansıtıcının söz konusu noktasından yansıdığı doğrultunun aygıt eksenini ile yaptığı açının büyüklüğü ( $\beta$  açısı) arasında değişmez bir ilişki/oran bulunması gerekmektedir (Şekil 6.1).

Belirtilen yaklaşımın dayandığı koşullar ve temel eşitlik aşağıdaki gibi açıklanabilir:

- Işık kaynağı, izotrop dağılımlı boyutsuz nokta kaynak kabul edilir.
- Genel yansıtıcının biçimi,

$$\ln r/f = \tan((\alpha - \beta)/2) \quad \text{da} \quad (6.4)$$

formülü ile hesaplanır (IES, 1984). 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,  
 $\alpha$ : ışık kaynağından çıkan ışığın yansıtıcıya geliş doğrultusunun aygıt eksenine yaptığı açı,  
 $\beta$ : ışığın yansıtıcıdan yansıma doğrultusunun aygıt eksenine yaptığı açı  
 olarak gösterilmiştir.

- Yansıtıcının biçimi  $\alpha$  ve  $\beta$  açılarının büyüklükleri arasındaki ilişkiye/orana bağlıdır.  $\alpha$  ve  $\beta$  açıları arasındaki ilişki 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.
- $\alpha$  ve  $\beta$  açıları arasında değişmez bir ilişki vardır. Yani,  $\alpha/\beta$  oranı ışık kaynağından çıkarak yansıtıcının değişik noktalarına gelen ve bu noktalardan yansıyan tüm ışık ışınları için aynıdır.
- $\alpha$  ve  $\beta$  açısı arasındaki oran, ışık kaynağından çıkarak yansıtıcı yüzeye düşen ışık akısı niceliği ile yansıtıcıdan dolaysız çıkan ışık akısı niceliği arasındaki orana eşittir ( $\alpha/\beta=\Phi_{Ly}/\Phi_{Ld}$ ).
- $\alpha$  ve  $\beta$  açıları en büyük değerlerine ( $\alpha_{mak}$ ,  $\beta_{mak}$ ) yansıtıcının etek noktasında ulaşırlar. Bu iki açının yansıtıcı etek noktasındaki toplam büyüklüğü  $180^\circ$  olur ( $\alpha_{mak}+\beta_{mak}=180^\circ$ ).
- $\beta_{mak}$  açısının büyüklüğü, yansıtıcıdan/aygıttan çıkan dolaysız ışığın yayılma açısının yarısına eşittir (Şekil 6.1).
- Aydınlatma aygıtı ışık yeğinlik eğrisini sınırlayan açılar, yani ışık yeğinlik eğrisine ilişkin koni tepe açısı (KTA) dolaysız ışığın yayılma açısına, dolayısıyla  $\beta_{mak}$  açısının 2 katına eşittir ( $KTA=2\beta_{mak}$ ; Şekil 6.1; IES, 1984).

### 6.2.1 Yaklaşımın Açıklanması

Dayandığı temel koşullar yukarıda açıklanan “Hesaplama Yolu ile Genel Yansıtıcı Tasarımı” nda izlenebilecek işlem dizisi aşağıda verilmiştir.

- 1) Aygıttan çıkan dolaysız ışığın yayılma açısının ne büyüklükte olacağına karar verilir. İstenen dolaysız 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 eksenine arasındaki açı olan  $\beta_{mak}$  açısının büyüklüğü, “1. adım” da tanımlanmış olan ışık yeğinlik eğrisinin koni tepe açısının yarısı alınarak bulunur.

$$\beta_{mak}=KTA/2 \quad (6.5)$$

- 3) Işık kaynağından çıkan ışığın, yansıtıcının etek noktasına geliş doğrultusunun aygıt eksenini ile yaptığı açı olan  $\alpha_{\text{mak}}$  açısı

$$\alpha_{\text{mak}} = 180^\circ - \beta_{\text{mak}} \quad (6.6)$$

eşitliği uyarınca saptanır.

- 4) “2. ve 3. adım” larda bulunan  $\alpha_{\text{mak}}$  ve  $\beta_{\text{mak}}$  değerleri arasındaki oran ( $\alpha_{\text{mak}}/\beta_{\text{mak}} = \alpha/\beta$ ) belirlenir.  $\alpha/\beta$  oranından yararlanılarak  $\beta$ ' nin  $\alpha$  cinsinden değeri saptanır.

$$\alpha/\beta = x \text{ ise} \quad (6.7)$$

$$\beta = \alpha/x$$

- 5) Yansıtıcı biçiminin belirlenmesinde yararlanılan

$$\ln r/f = \int \tan((\alpha - \beta)/2) d\alpha \quad (6.4)$$

formülüne  $\beta$  yerine  $\beta$ ' nin  $\alpha$  cinsinden değeri yerleştirilir ve formül “r” nin (ışık kaynağı ile yansıtıcının herhangi bir noktası arasındaki uzaklık) hesaplanmasına uygun biçime dönüştürülür.

$$\beta = \alpha/x \text{ ise}$$

$$\ln r/f = \int \tan((\alpha - \alpha/x)/2) d\alpha \text{ olur}$$

$$\ln r/f = \int \tan(((x-1)/2x)\alpha) d\alpha$$

$$\ln r/f = -1/((x-1)/2x) \ln \cos (((x-1)/2x)\alpha)$$

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

$$r = f / (\cos(((x-1)/2x)\alpha))^{1/((x-1)/2x)} \quad (6.8)$$

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

- 7) (6.8) numaralı eşitlikte  $\alpha$  bilinmeyenine  $0^\circ$  den başlayıp  $\alpha_{\text{mak}}$ ' a değin belirli adımlarla açısal değerler (10, 20, 30, ...,  $\alpha_{\text{mak}}$ ) verilerek her bir  $\alpha$  açısı için r uzunluğu hesaplanır.

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

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

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

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

- 8) Aygıt eksenini çizilir ve eksen üzerinde ışık kaynağının yeri (K) ile K noktasından f uzaklığındaki yansıtıcı tepe noktasının (T) yeri işaretlenir.
- 9) “7. adım” da bulunmuş olan her bir  $\alpha$  açısına karşılık gelen r uzunlukları, başlangıç noktası ışık kaynağı merkezi (K) alınarak çizilir ve bunların uç noktaları birleştirilerek yansıtıcının biçimi belirlenir.

### 6.2.2 Uygulama Örneği

Hesaplama yolu ile genel yansıtıcı tasarımına ilişkin yapılan bir örnek uygulamada, yaklaşımın yukarıda verilen adımları uyarınca aşağıdaki işlemler yapılmıştır.

- 1) Aygıttan çıkan dolaysız ışığın yayılma açısının  $120^\circ$  olmasına karar verilmiştir. Aygıttan çıkan dolaysız ışığın yayılma açısı, dolayısıyla aygıt ışık yeğirliği eğrisine ilişkin koni tepe açısının büyüklüğüne bağlı olarak elde edilmek istenen aygıt ışık yeğirlik eğrisi Şekil 6.2’ deki gibi tanımlanmıştır.
- 2) Işığın yansıtıcının etek noktasından yansıma doğrultusunun aygıt eksenini ile yaptığı açı ( $\beta_{\text{mak}}$ ), dolaysız ışığın yayılma açısına bağlı olarak saptanmıştır.

$$\beta_{\text{mak}} = KTA/2 \quad (6.5)$$

$$\beta_{\text{mak}} = 120^\circ/2$$

$$\beta_{\text{mak}} = 60^\circ$$

- 3) Işığın yansıtıcının etek noktasına geliş doğrultusunun aygıt eksenini ile yaptığı açı ( $\alpha_{\text{mak}}$ ), (6.6) eşitliği ile hesaplanmıştır.

$$\alpha_{\text{mak}} = 180^\circ - \beta_{\text{mak}} \quad (6.6)$$

$$\alpha_{\text{mak}} = 180^\circ - 60^\circ$$

$$\alpha_{\text{mak}} = 120^\circ$$

- 4) “2. ve 3. adım” larda bulunmuş olan  $\alpha_{\text{mak}}$  ve  $\beta_{\text{mak}}$ , dolayısıyla  $\alpha$  ve  $\beta$  arasındaki oran belirlenmiştir.

$$\alpha_{\text{mak}}/\beta_{\text{mak}} = \alpha/\beta = 120^\circ/60^\circ = 2$$

$\alpha/\beta$  oranına bağlı olarak  $\beta'$  nın  $\alpha$  cinsinden karşılığı bulunmuştur.

$$\alpha/\beta = 2 \quad (6.7)$$

$$\beta = \alpha/2$$

- 5) (6.4) eşitliğinde “ $\beta$ ” yerine “ $\alpha/2$ ” yerleştirilmiş ve formül “ $r$ ” nin hesaplanmasına uygun duruma dönüştürülmüştür.

$$\ln r/f = \int \tan((\alpha - \alpha/2)/2) d\alpha$$

$$\ln r/f = \int \tan((1/4)\alpha) d\alpha$$

$$\ln r/f = -4 \ln \cos((1/4)\alpha)$$

$$r/f = (\cos((1/4)\alpha))^{-4}$$

$$r = f / (\cos((1/4)\alpha))^4 \quad (6.8)$$

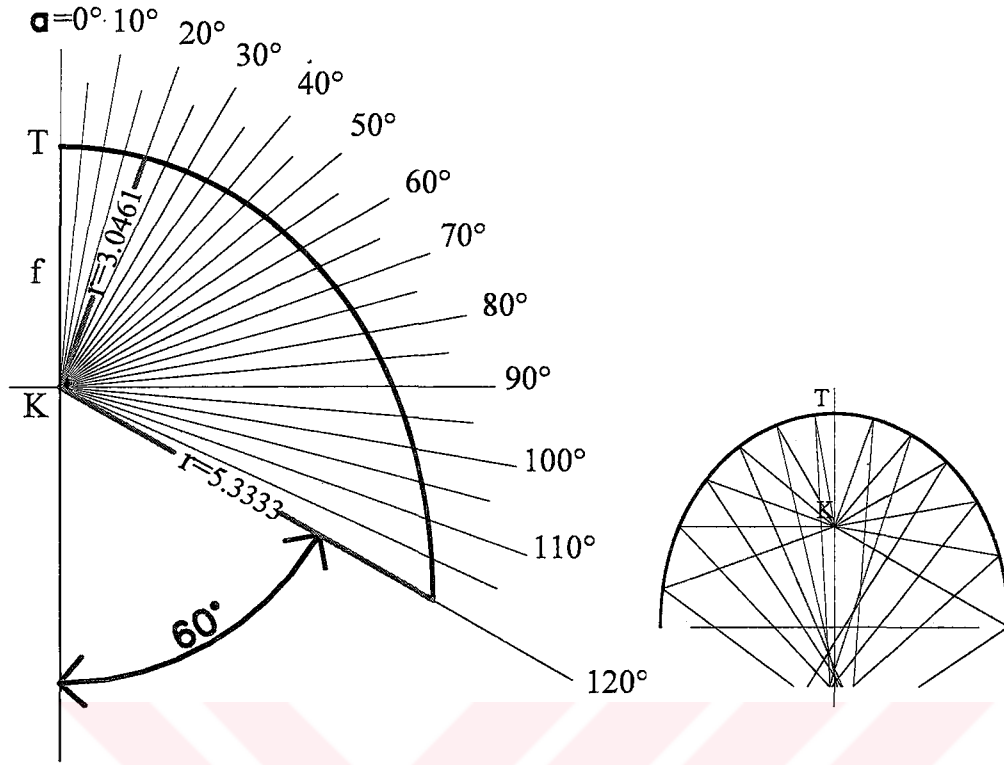
- 6) Işık kaynağının merkezi ile yansıtıcının tepe noktası arasındaki uzaklık 3 cm olarak belirlenmiştir.
- 7) (6.8) numaralı eşitlikte  $\alpha$  bilinmeyenine  $0^\circ$  den başlayıp  $\alpha_{\text{mak}}=120^\circ$  ye değin  $2,5^\circ$  adımlarla açısal değerler verilmiş ve her  $\alpha$  açısı için  $r$  değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 6.6).

Çizelge 6.6  $\alpha$  açısına bağlı olarak bulunan  $r$  değerleri

Işığın yansıtıcı yüzeye geliş doğrultusunun aygıt eksenine yaptığı açı ( $\alpha$ , derece)	Işık kaynağı merkezi ile yansıtıcı arasındaki uzaklık ( $r$ , cm)
0,0	3,0000
2,5	3,0007
5,0	3,0029
7,5	3,0064
10,0	3,0114
12,5	3,0179
15,0	3,0258
17,5	3,0352
<b>20,0</b>	<b>3,0461</b>
22,5	3,0585
25,0	3,0724
27,5	3,0879
30,0	3,1049
32,5	3,1235
35,0	3,1438
37,5	3,1658
40,0	3,1894
42,5	3,2149
45,0	3,2421
47,5	3,2712
50,0	3,3021
52,5	3,3351
55,0	3,3700
57,5	3,4071
60,0	3,4462

62,5	3,4877
65,0	3,5314
67,5	3,5775
70,0	3,6261
72,5	3,6773
75,0	3,7312
77,5	3,7879
80,0	3,8475
82,5	3,9101
85,0	3,9760
87,5	4,0451
90,0	4,1177
92,5	4,1940
95,0	4,2741
97,5	4,3582
100,0	4,4465
102,5	4,5392
105,0	4,6366
107,5	4,7388
110,0	4,8462
112,5	4,9591
115,0	5,0777
117,5	5,2023
120,0	5,3333

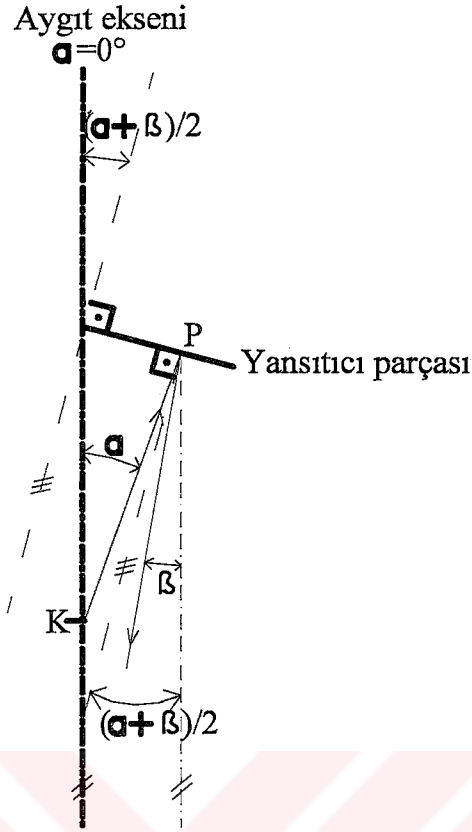
- 8) Ayrıt akseni üzerinde ışık kaynağının (K) ve yansıtıcı tepe noktasının (T) yeri işaretlenmiştir (Şekil 6.9).
- 9) Ele alınan her bir  $\alpha$  açısına karşılık gelen "r" doğru parçaları, başlangıç noktası K noktası alınarak çizilmiş ve bu doğru parçalarının uç noktaları birleştirilerek yansıtıcı oluşturulmuştur (Şekil 6.9).



Şekil 6.9  $\alpha/\beta=2$  durumu için, hesaplama yolu ile belirlenen yansıtıcı

### 6.3 Grafik Yapım İle Genel Yansıtıcı Tasarımı

Aydınlatma aygıtı ışık yeğinlik eğrisinden yola çıkarak yapılan yansıtıcı tasarımında yararlanılabilecek bir başka yaklaşım “grafik yapım (graphical construction)” ile yansıtıcı tasarımıdır. Grafik yapım olarak nitelendirilebilen bu yaklaşımda, ışığın yansıtıcıya geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenini ile yaptıkları açı arasındaki oranın değişmez olma koşulu yoktur. Söz konusu oranın hem tüm yansıtıcı noktaları için aynı hem de farklı olduğu durumlar için işlem yapılabilmektedir (IES, 1984).



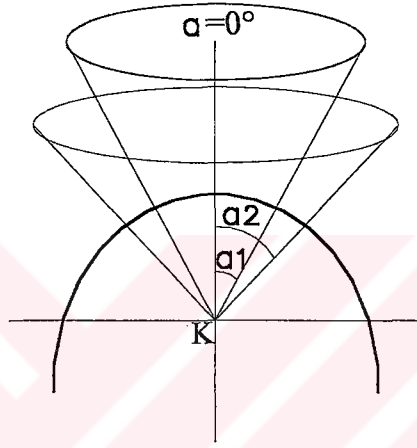
Şekil 6.10 Grafik yapım ile genel yansıtıcı tasarımında açısal ilişkiler

### 6.3.1 Yaklaşımın Açıklanması

Grafik yapım ile genel yansıtıcı biçimi tasarımında izlenmesi gereken adımlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- 1) Elde edilmek istenen aygıt ışık yeğnlik eğrisi tanımlanır ya da seçilir.
- 2) Aygıt ışık yeğnlik eğrisini sınırlayan doğrultulara bağlı olarak ışığın içine yayıldığı alanın koni tepe açısı belirlenir. Işık konisi tepe açısı büyüklüğünün aygıttan çıkan dolaysız ışığın yayılma açısına eşit olacağı açıktır. Dolaysız ışığın yayılma açısının/ışık konisi tepe açısının yarısı alınarak, ışığın yansıtıcının etek noktasından yansıma doğrultusunun aygıt eksenine yaptığı açı ( $\beta_{\text{mak}}$ ) saptanır. Saptanan  $\beta_{\text{mak}}$  açısı  $180^\circ$  den çıkartılarak ışığın yansıtıcının etek noktasına geliş doğrultusunun aygıt eksenine yaptığı açı ( $\alpha_{\text{mak}}$ ) bulunur (Şekil 6.1). Işık kaynağından çıkan ışık ışınlarının yansıtıcı yüzeye geliş doğrultularının aygıt eksenine yaptıkları açılar ( $\alpha$  açıları),  $0^\circ$  den başlayarak eşit düzlem açı aralıkları ile  $\alpha_{\text{mak}}$  açısına gelinceye değin belirlenir.
- 3) “2. adım” da belirli adımlarla saptanmış olan  $\alpha$  açılarının  $\beta$  karşılıkları hesaplanır. Bu işlem,  $\alpha/\beta$  oranının değişmez olduğu ve değiştiği durumlar için farklılık gösterir.
  - a)  $\alpha/\beta$  oranının değişmez olduğu durum:

- $\alpha$  ve  $\beta$  arasında olması istenen oran ( $x$ ) saptanır ve
  - “ $\alpha/\beta=x$ ” ilişkisinden yararlanılarak her  $\alpha$  açısı için  $\beta$ , “ $\beta=\alpha/x$ ” eşitliği uyarınca hesaplanır.
- b)  $\alpha/\beta$  oranının yansıtıcının tüm noktalarında aynı olmadığı ya da söz konusu oranın bilinmediği durum:
- $\alpha$  açılarının hacim açısı karşılıkları steradyan cinsinden bulunur.  $\alpha$  açıları, her zaman yansıtıcının yalnızca yarısı, yani aygıt ekseninin bir yanı dikkate alınarak belirlenir. Burada, ışığın  $\alpha$  açısının gördüğü toplam yansıtıcı parçası dikkate alınması gerektiğinden hacim açıları  $2\alpha$  açıları için hesaplanır (Şekil 6.11).

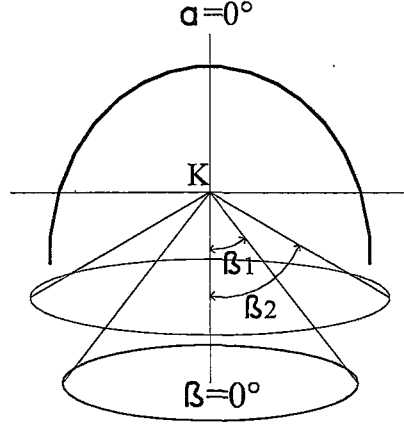


Şekil 6.11  $\alpha$  açılarının hacim açısı karşılıkları

- Işık kaynağından yayımlanan ışığın yansıtıcıya düşen bölümünün, yansıtıcının  $\alpha$  açılarının belirlediği değişik büyüklükteki bölümlerine hangi oranlarda dağıldığı belirlenir. Bu amaçla,  $2\alpha_{\text{mak}}$  açısının hacim açısı karşılığı %100 kabul edilerek öteki  $2\alpha_1, 2\alpha_2, 2\alpha_3, \dots, 2\alpha_n$  açıların hacim açısı karşılıklarının yüzde cinsinden değerleri orantı yoluyla saptanır (Şekil 6.11). Böylece, her bir  $\alpha$  açısına ilişkin bölgedeki kümülatif ışık akıları bulunur.
- $\beta$  açılarının büyüklüğünü belirleyebilmek için, aygıt ışık yeğinlik eğrisini sınırlayan açı/dolaysız ışığın yayılma açısı eşit büyüklükteki düzlem açıları ile bölgelere ayrılır. Bu bölgelerin sayısı, “2. adım” da  $\alpha$  açısına ilişkin oluşturulmuş olan bölge sayısına, koşullara göre eşit ya da farklı tutulabilir. Örneğin,  $\alpha/\beta$  oranı büyüdükçe,  $\alpha_{\text{mak}}$  ve  $\beta_{\text{mak}}$  arasındaki oran da büyür. Bu nedenle, daha duyarlı sonuçlar elde edebilmek açısından,  $\alpha$  açısına ilişkin bölge sayısı  $\beta$  açısının bölge sayısından daha fazla tutulabilir.
- $\beta$  açılarına ilişkin oluşturulan bölgelerin ortalama doğrultuları belirlenir. Her bölgeye

ilişkin söz konusu ortalama doğrultuların aygıt eksenine ile yaptığı açılar, ilgili bölgelerin  $\beta$  açılarını verir.

- Aydınlatma aygıtı ışık yeğnlik eğrisinde  $\beta$  açısına ilişkin ayrılmış olan bölgelerin hacim açısı karşılıkları hesaplanır (Şekil 6.12).



Şekil 6.12  $\beta$  açılarının hacim açısı karşılıkları

- Aygıt ışık yeğnlik eğrisinde  $\beta$  açısı ile ilgili her bölgenin orta doğrultusundaki ışık yeğnliği, bir önceki adımda hesaplanmış olan ilgili bölgenin hacim açısı ile çarpılır. Böylece, aygıt ışık yeğnlik eğrisinde ayrılmış her bir  $\beta$  açısına ilişkin bölge içine yayımlanan ışık akısı niceliği elde edilmiş olur.
- Yukarıdaki adımda ayrı ayrı her bir  $\beta$  açısına ilişkin bölge için hesaplanmış olan ışık akılarının  $0^\circ$  den başlamak üzere,  $\alpha$  açısına ilişkin bölgelerde yapıldığı gibi, kümülatif değerleri/toplamları belirlenir.
- Aydınlatma aygıtından çıkan toplam ışık akısı niceliğinin, yani aygıt ışık yeğnlik eğrisini sınırlayan doğrultuların belirlediği koni tepe açısı ( $2\beta_{\text{mak}}$ ) içine giden ışık akısının %100 olduğu düşünülür.  $\beta$  açısına ilişkin bölgeler için saptanmış olan kümülatif ışık akısı niceliklerinin yüzde cinsinden karşılıkları,  $2\beta_{\text{mak}}$  açısı içine yayımlanan ışık akısı niceliğine bağlı olarak orantı kurularak hesaplanır.
- Eşit büyüklükteki karelerden oluşan ızgara biçiminde bir grafik alanı oluşturulur. Izgarayı oluşturan karelerin sayısı, yatayda,  $\alpha$  ve  $\beta$  için saptanmış olan açı sayılarına eşit ya da bu açı sayılarının katları olacak şekilde; düşeyde ise yüzde cinsinden ışık akılarının gösterilmesine uygun olarak örneğin on tane olabilir. Izgara biçimli grafik alanının üst yatay eksenine  $\alpha$  açıları sol köşede  $0^\circ$  den başlayıp, sağ köşede  $\alpha_{\text{mak}}$  ile bitecek biçimde yerleştirilir. Grafik alanının alt yatay eksenine  $\beta$  açıları, eksenin orta noktasında  $0^\circ$  den başlayıp, sağ köşede  $\beta_{\text{mak}}$  ile bitecek biçimde yerleştirilir. Grafiğin

sağ düşey eksenine yüzde cinsinden sayılar, alt köşede 0, üst köşede 100 gelecek biçimde yazılır.

- Ele alınan her  $\alpha$  açısına ilişkin bölgeye karşılık saptanmış olan ışık akısı yüzdesi grafik alanını sınırlayan sağ düşey eksen üzerinde bulunur ve bulunan bu noktalardan, üzerinde yüzde cinsinden sayıların yer aldığı söz konusu sağ düşey eksene dik yatay doğrular çizilir. Çizilen yatay doğrular ile grafik alanın üst yatay sınırı/ekseni üzerinde bulunan  $\alpha$  açılarının izdüşümlerinin kesiştikleri noktalar işaretlenir. İşaretlenen kesişim noktaları birleştirilerek  $\alpha$  açısına ilişkin eğri elde edilir. Benzer işlemler, grafik alanının alt yatay sınırı/ekseni üzerinde yer alan  $\beta$  açıları ve  $\beta$  açılara ilişkin her bir bölgeye karşılık saptanmış ışık akısı yüzdelерinin izdüşümleri için de yapılarak  $\beta$  açısına ilişkin eğri elde edilir.
  - Yansıtıcı biçimini belirlemek için, belli bir yansıtıcı noktasına ilişkin  $\alpha$  ve  $\beta$  açılarını saptamak gereklidir. Bu amaçla, grafik alanının üst yatay ekseninde yer alan her bir  $\alpha$  açısı izdüşümünün  $\alpha$  eğrisini kestiği noktadan yatay bir doğru çizilir. Çizilen yatay doğrunun  $\beta$  eğrisini kestiği noktadan çizilen düşey doğrunun grafik alanın alt yatay eksenini/sınırını kestiği noktadaki  $\beta$  açısı okunur.
- 4) Belli bir yansıtıcı noktasına ilişkin elde edilen  $\alpha$  ve  $\beta$  açısı değerlerinin ortalaması alınır.
  - 5) “4. adım” da bulunmuş olan  $\alpha$  ve  $\beta$  açılarının ortalama değeri  $90^\circ$  ile toplanır. Böylece, yansıtıcı parçalarının eğimi/aygıt eksenine ile yaptığı açı bulunmuş olur.
  - 6)  $\alpha$  açısına ilişkin bölgelerin ortalama doğrultularının aygıt eksenine ile yaptıkları açı değerleri (ortalama  $\alpha$  açıları) saptanır. Ortalama  $\alpha$  açıları; örneğin,  $\alpha_1$  için,  $\alpha$  açısı aralığı/2;  $\alpha_2$  için,  $\alpha_2+(\alpha$  açısı aralığı/2);  $\alpha_n$  için,  $\alpha_n+(\alpha$  açısı aralığı/2) biçiminde bulunur.
  - 7) Yansıtıcı parçalarını belirleyebilmek için aygıt eksenine çizilir ve eksen üzerinde nokta kaynak varsayılan ışık kaynağının (K) yeri işaretlenir. Kaynak ile yansıtıcının tepe noktası arasındaki uzaklık (f) konusunda karar verilir ve yansıtıcının tepe noktası (T) eksen üzerinde işaretlenir.
  - 8) Yansıtıcı parçaları, “5. adım” da saptanan eğimlerine bağlı olarak çizilir. Yansıtıcı parçalarının uzunluğunu, K noktasından geçen ve aygıt eksenine ile ortalama  $\alpha$  büyüklüğünde açı yapan doğrular belirler.

### 6.3.2 Uygulama Örneği

Yaklaşımın yukarıda verilen adımlarına uygun olarak  $\alpha/\beta$  oranının değişmez (aynı) ve farklı olduğu koşullar için iki ayrı uygulama örneği oluşturulmuş ve örneklerde yapılan işlemler sırası ile aşağıda verilmiştir.

a)  $\alpha/\beta$  oranının değişmez olduğu durum:

Örnek uygulamada,  $\alpha/\beta$  oranı 2 ( $\alpha/\beta=2$ ) olarak alınmıştır.

- 1) Elde edilmek istenen aygıt ışık yeğinlik eğrisi Şekil 6.2' de tanımlanmıştır.
- 2) Aygıt ışık yeğinlik eğrisinin koni tepe açısı (KTA)  $120^\circ$  olarak belirlenmiştir. Buna bağlı olarak ışığın yansıtıcının etek noktasından yansıma doğrultusunun aygıt eksenine ile yaptığı açı  $60^\circ$ , ışığın bu noktaya geliş doğrultusunun aygıt eksenine ile yaptığı açı  $120^\circ$  olarak belirlenmiştir.

$$KTA=120^\circ$$

$$\beta_{\max}=120^\circ/2=60^\circ \quad (6.5)$$

$$\alpha_{\max}=180^\circ-60^\circ=120^\circ$$

$\alpha$  açıları,  $0^\circ$  den başlayarak  $120^\circ$  olarak elde edilmiş olan  $\alpha_{\max}$ ' a gelinceye değin  $2,5^\circ$  aralıklar ile saptanmıştır (Çizelge 6.7, kolon 1).

- 3)  $\alpha$  açılarının karşılıkları olan  $\beta$  açıları,  $\beta=\alpha/2$  eşitliğine bağlı olarak hesaplanmıştır (Çizelge 6.7, kolon 2).
- 4) Yansıtıcının belli bir noktasına ait olan  $\alpha$  ve  $\beta$  açılarının ortalaması alınmıştır (Çizelge 6.7, kolon 3).
- 5) "4. adım" da elde edilen  $\alpha$  ve  $\beta$  açılarna ilişkin ortalama değer  $90^\circ$  ile toplanarak yansıtıcı parçalarının eğimi belirlenmiştir (Çizelge 6.7, kolon 4).
- 6)  $\alpha$  açısına ait bölgelerin ortalama doğrultularının aygıt eksenine ile yaptığı açı değerleri (ortalama  $\alpha$  açıları) bulunmuştur. Örneğin,  $\alpha_1$  ( $0^\circ$ ) için,  $(2.5/2)$ ;  $\alpha_2$  ( $2.5^\circ$ ) için,  $2.5+(2.5/2)$ ;  $\alpha_3$  ( $5^\circ$ ) için,  $5+(2.5/2)$  bulunmuştur (Çizelge 6.7, kolon 5).

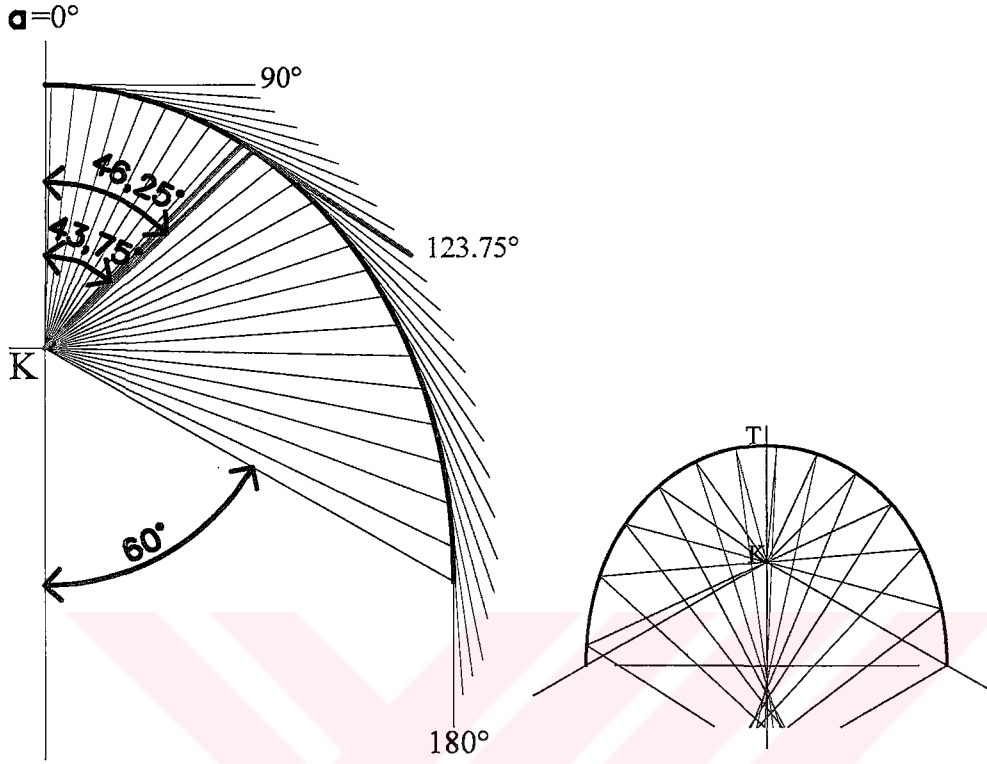
Çizelge 6.7  $\alpha/\beta=2$  oranına göre oluşturulan yansıtıcıyı belirleyen açısal büyüklükler.

$\alpha$ (derece)	$\beta$ (derece)	$(\alpha+\beta)/2$ (derece)	Yansıtıcı Parçalarının Eğim Açıları (derece)	Ortalama $\alpha$ Açıları (derece)
0,0	0,00	0,00	90,0000	1,25
2,5	1,25	1,88	91,8750	3,75
5,0	2,50	3,75	93,7500	6,25
7,5	3,75	5,63	95,6250	8,75
10,0	5,00	7,50	97,5000	11,25
12,5	6,25	9,38	99,3750	13,75
15,0	7,50	11,25	101,2500	16,25
17,5	8,75	13,13	103,1250	18,75
20,0	10,00	15,00	105,0000	21,25
22,5	11,25	16,88	106,8750	23,75
25,0	12,50	18,75	108,7500	26,25
27,5	13,75	20,63	110,6250	28,75

30,0	15,00	22,50	112,5000	31,25
32,5	16,25	24,38	114,3750	33,75
35,0	17,50	26,25	116,2500	36,25
37,5	18,75	28,13	118,1250	38,75
40,0	20,00	30,00	120,0000	41,25
42,5	21,25	31,88	121,8750	43,75
<b>45,0</b>	<b>22,50</b>	<b>33,75</b>	<b>123,7500</b>	<b>46,25</b>
47,5	23,75	35,63	125,6250	48,75
50,0	25,00	37,50	127,5000	51,25
52,5	26,25	39,38	129,3750	53,75
55,0	27,50	41,25	131,2500	56,25
57,5	28,75	43,13	133,1250	58,75
60,0	30,00	45,00	135,0000	61,25
62,5	31,25	46,88	136,8750	63,75
65,0	32,50	48,75	138,7500	66,25
67,5	33,75	50,63	140,6250	68,75
70,0	35,00	52,50	142,5000	71,25
72,5	36,25	54,38	144,3750	73,75
75,0	37,50	56,25	146,2500	76,25
77,5	38,75	58,13	148,1250	78,75
80,0	40,00	60,00	150,0000	81,25
82,5	41,25	61,88	151,8750	83,75
85,0	42,50	63,75	153,7500	86,25
87,5	43,75	65,63	155,6250	88,75
90,0	45,00	67,50	157,5000	91,25
92,5	46,25	69,38	159,3750	93,75
95,0	47,50	71,25	161,2500	96,25
97,5	48,75	73,13	163,1250	98,75
100,0	50,00	75,00	165,0000	101,25
102,5	51,25	76,88	166,8750	103,75
105,0	52,50	78,75	168,7500	106,25
107,5	53,75	80,63	170,6250	108,75
110,0	55,00	82,50	172,5000	111,25
112,5	56,25	84,38	174,3750	113,75
115,0	57,50	86,25	176,2500	116,25
117,5	58,75	88,13	178,1250	118,75
120,0	60,00	90,00	180,0000	-

- 7) Yansıtıcıyı oluşturan yansıtıcı parçalarını belirleyebilmek için aygıt eksenini çizilerek üzerinde nokta ışık kaynağının (K) yeri işaretlenmiştir. Kaynak ile yansıtıcının tepe noktası (T) arasındaki uzaklık 3 cm olarak saptanmıştır.
- 8) Birinci yansıtıcı parçası yansıtıcının tepe noktasından başlayarak, Çizelge 6.7, kolon 4' te verilen eğimine ( $90^\circ$ ) bağlı olarak çizilmiştir. Birinci yansıtıcı parçasının uzunluğunu saptamak için, ışık kaynağından (K) geçen ve aygıt eksenini ile  $1,25^\circ$  açı yapan (ortalama  $\alpha$  açısı, Çizelge 6.7, kolon 5) doğru çizilmiştir. Bu doğru ile aygıt eksenine, yansıtıcının tepe noktasından dik çizilen doğrunun kesişme noktası birinci yansıtıcı parçasının bitim noktasını verir. İkinci yansıtıcı parçasını oluşturabilmek için, birinci yansıtıcı parçasının bittiği noktada, aygıt eksenini ile  $91,875^\circ$  açı yapan doğru çizilerek, bu parçanın eğimi belirlenmiştir. İkinci yansıtıcı parçasının uzunluğunu bulmak amacıyla, K noktasından geçen ve aygıt eksenini ile  $3,75^\circ$  açı yapan doğru çizilmiştir. Bu iki doğrunun kesişme noktası ikinci yansıtıcı parçasının bitim

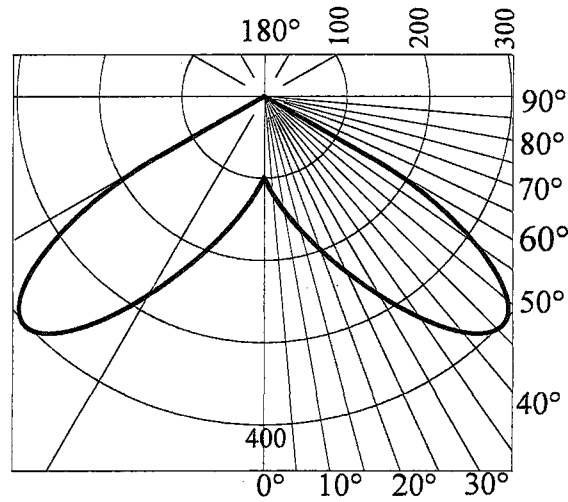
noktasını gösterir. Benzer işlemler öteki yansıtıcı parçaları için de yinelenerek yansıtıcı oluşturulmuştur (Şekil 6.13)



Şekil 6.13  $\alpha/\beta=2$  koşulu için grafik yapım ile oluşturulan genel yansıtıcı

b)  $\alpha/\beta$  oranının farklı olduğu durum:

1) Elde edilmek istenen aygıt ışık yeğirlik eğrisi Şekil 6.14' de görüldüğü gibi tanımlanmıştır.



Şekil 6.14 Elde edilmek istenen aydınlatma aygıtı ışık yeğirlik eğrisi

- 2) Aygıt ışık yeğinlik eğrisinin koni tepe açısı (KTA)  $120^\circ$  olarak belirlenmiştir. Buna bağlı olarak ışığın yansıtıcının etek noktasından yansıma doğrultusunun aygıt eksenini ile yaptığı açı  $60^\circ$ , ışığın bu noktaya geliş doğrultusunun aygıt eksenini ile yaptığı açı  $120^\circ$  olarak belirlenmiştir.

$$KTA=120^\circ$$

$$\beta_{\text{mak}}=120^\circ/2=60^\circ \quad (6.5)$$

$$\alpha_{\text{mak}}=180^\circ-60^\circ=120^\circ$$

- 3) Her  $\alpha$  açısına karşılık gelen  $\beta$  açısını bulabilmek için,

- $\alpha$  açıları,  $0^\circ$  den başlayarak  $120^\circ$  olarak elde edilmiş olan  $\alpha_{\text{mak}}$ ' a gelinceye değin  $5^\circ$  aralıklar ile sıralanarak, hacim açısı karşılıkları steradyan cinsinden bulunmuştur (Çizelge 6.8, kolon 1 ve 2).
- Işık kaynağından yayımlanan ışığın yansıtıcıya düşen bölümünün, yansıtıcının  $\alpha$  açılarının belirlediği değişik büyüklükteki bölümlerine hangi oranlarda dağıldığı belirlenmiştir. Bu amaçla,  $2\alpha_{\text{mak}}=120^\circ$  açısının hacim açısı karşılığı %100 kabul edilerek öteki  $(2 \times 0)^\circ$ ,  $(2 \times 5)^\circ$ , ... ,  $(2 \times 60)^\circ$  açılarının hacim açısı karşılıklarının yüzde cinsinden değerleri orantı yoluyla saptanmıştır (Çizelge 6.8, kolon 3). Örneğin,  
9.4248 için %100 ise  
0.0239 için %0.2536' dır.

Çizelge 6.8  $\alpha$  açılarının karşılığı olan hacim açıları içindeki ışık akıları yüzdeleri

$\alpha$ açıları	Kümülatif hacim açıları (str)	hacim açıları içindeki kümülatif ışık akısı (%)
0	0,0000	0,0000
5	0,0239	0,2536
10	0,0955	1,0133
15	0,2141	2,2717
20	0,3789	4,0202
25	0,5887	6,2463
30	0,8418	8,9318
35	1,1363	12,0565
40	1,4700	15,5971
<b>45</b>	<b>1,8403</b>	<b>19,5261</b>
50	2,2444	23,8138
55	2,6793	28,4282
60	3,1416	33,3333
65	3,6278	38,4921
70	4,1342	43,8651
75	4,6570	49,4122
80	5,1921	55,0898
85	5,7356	60,8565
90	6,2832	66,6667
95	6,8308	72,4769
100	7,3742	78,2425
105	7,9094	83,9211
110	8,4322	89,4682
115	8,9386	94,8413
120	9,4248	100,0000

- $\beta$  açılarının büyüklüğünü belirleyebilmek için, aygıt ışık yeğinlik eğrisini sınırlayan açı/dolaysız ışığın yayılma açısı  $60^\circ$ ,  $5^\circ$  lik düzlem açıları ile 12 bölgeye ayrılmıştır (Çizelge 6.9, kolon 1).
- $\beta$  açılarına ilişkin oluşturulan bölgelerin ortalama doğrultuları belirlenmiştir. Her bölgeye ilişkin söz konusu ortalama doğrultuların aygıt eksenini ile yaptığı açılar, ilgili bölgelerin  $\beta$  açılarıdır (Çizelge 6.9, kolon 2). Örneğin,  
 $0^\circ$ - $5^\circ$  bölgesi için  $2.5^\circ$   
 $5^\circ$ - $10^\circ$  bölgesi için  $7.5^\circ$  dir.
- Aydınlatma aygıtı ışık yeğinlik eğrisinde  $\beta$  açısına ilişkin ayrılmış olan bölgelerin hacim açıları karşılıkları hesaplanmıştır (Çizelge 6.9, kolon 3). Örneğin,  
 $0^\circ$ - $5^\circ$  bölgesi için 0.0239

5°-10° bölgesi için  $(0.0955-0.0239)=0.0716'$  dir.

- Aygıt ışık yeğinlik eğrisinde  $\beta$  açısı ile ilgili her bölgenin orta doğrultusundaki ışık yeğinliği, bir önceki adımda hesaplanmış olan ilgili bölgenin hacim açısı ile çarpılmış, bölge içine yayımlanan ışık akısı niceliği elde edilmiştir (Çizelge 6.9, kolon 5). Örneğin, 0°-5° bölgesi için  $(0.0239 \times 20.3318 \text{ cd})=0.49 \text{ lm}$

5°-10° bölgesi için  $(0.0716 \times 24.2514 \text{ cd})=1.74 \text{ lm}'$  dir.

- Yukarıdaki adımda ayrı ayrı her bir  $\beta$  açısına ilişkin bölge için hesaplanmış olan ışık akılarının 0° den başlamak üzere,  $\alpha$  açısına ilişkin bölgelerde yapıldığı gibi, kümülatif toplamları belirlenmiştir (Çizelge 6.9, kolon 6 ). Örneğin, 0°-5° bölgesi için 0.4900 lm

5°-10° bölgesi için  $(0.49+1.74)=2.2300 \text{ lm}'$  dir.

- Aydınlatma aygıtından çıkan toplam ışık akısı niceliğinin, yani aygıt ışık yeğinlik eğrisini sınırlayan doğrultuların belirlediği koni tepe açısı (2x60) içine giden ışık akısının %100 olduğu düşünülerek.  $\beta$  açısına ilişkin bölgeler için saptanmış olan kümülatif ışık akısı niceliklerinin yüzde cinsinden karşılıkları hesaplanmıştır (Çizelge 6.9, kolon 6 ).

179.5099 %100 ise

0.4900 %0.2707' dir.

Çizelge 6.9  $\beta$  açılarının karşılığı olan hacim açıları içindeki ışık akısı yüzdeleri

$\beta$ açısı bölgeleri (derece)	Ortalama Doğrultu (derece)	Hacim açısı (bölge çarpanı, str)	Bölgenin orta doğrultusundaki ışık yeğinliği (I, cd)	Bölge ışık akısı (lm)	Kümülatif ışık akısı (lm)	Kümülatif ışık akısı (%)
0-5	2,5	0,0239	20,3318	0,49	0,4900	0,2707
5-10	7,5	0,0716	24,2514	1,74	2,2300	1,2380
10-15	12,5	0,1186	28,7228	3,41	5,6289	3,1357
15-20	17,5	0,1648	34,0185	5,61	11,2351	6,2588
20-25	22,5	0,2098	40,3815	8,47	19,7071	10,9783
25-30	27,5	0,2531	48,0936	12,17	31,8796	17,7593
30-35	32,5	0,2945	56,7252	16,71	48,5852	27,0655
35-40	37,5	0,3370	65,8271	22,18	70,7689	39,4234
40-45	42,5	0,3703	73,1166	27,08	97,8440	54,5062
45-50	47,5	0,4041	74,7300	30,20	128,0424	71,3289
50-55	52,5	0,4349	66,7689	29,04	157,0802	87,5050
55-60	57,5	0,4623	48,5176	22,43	179,5099	100,0000

- Eşit büyüklükteki karelerden oluşan ızgara biçiminde bir grafik alanı oluşturulmuştur.

Izgara biçimli grafik alanın üst yatay eksenine  $\alpha$  açıları sol köşede  $0^\circ$  den başlayıp, sağ köşede  $120^\circ$  ile bitecek biçimde, alt yatay eksenine  $\beta$  açıları, eksenin orta noktasında  $0^\circ$  den başlayıp, sağ köşede  $60^\circ$  ile bitecek biçimde yerleştirilmiştir (Şekil 6.15) .

- Ele alınan her  $\alpha$  açısına ilişkin bölgeye karşılık saptanmış olan ışık akısı yüzdesi grafik alanını sınırlayan sağ düşey eksen üzerinde bulunur ve bulunan bu noktalardan, üzerinde yüzde cinsinden sayıların yer aldığı sağ düşey eksene dik yatay doğrular çizilmiş ve grafik alanın üst yatay sınırı/ekseni üzerinde bulunan  $\alpha$  açılarının izdüşümlerinin kesiştikleri noktalar işaretlenmiştir. Örneğin,

$$\alpha=5^\circ \text{ için } 0.2536$$

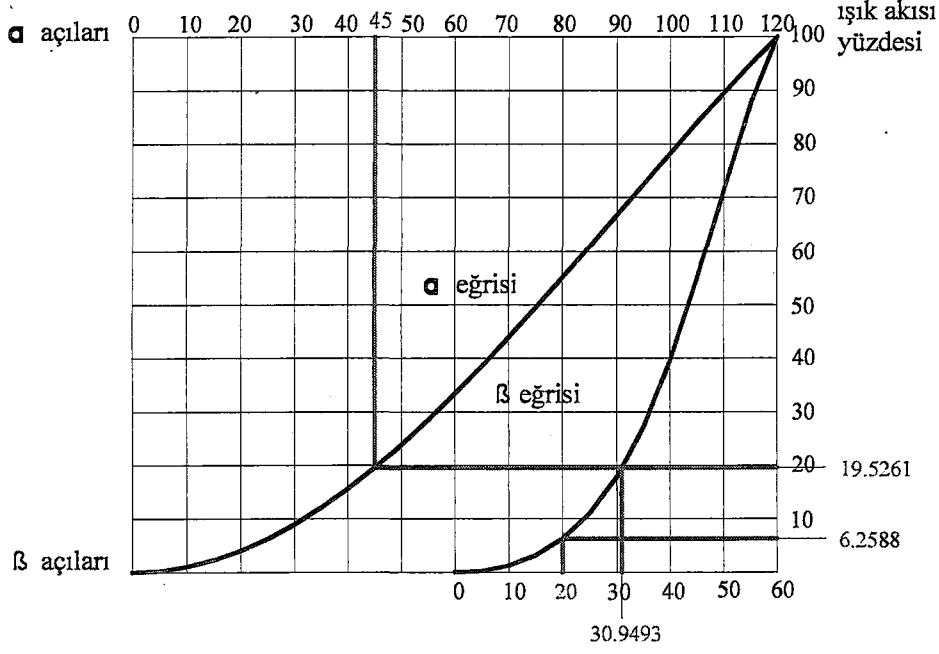
$$\alpha=10^\circ \text{ için } 1.0133$$

İşaretlenen kesişim noktaları birleştirilerek  $\alpha$  açısına ilişkin eğri elde edilmiştir. Benzer işlemler, grafik alanının alt yatay sınırı/ekseni üzerinde yer alan  $\beta$  açıları ve  $\beta$  açılara ilişkin her bir bölgeye karşılık saptanmış ışık akısı yüzdelerinin izdüşümleri için de yapılarak  $\beta$  açısına ilişkin eğri elde edilmiştir (Şekil 6.15). Örneğin,

$$\beta =5^\circ \text{ için } 0.2707$$

$$\beta =10^\circ \text{ için } 1.2380$$

- Yansıtıcı biçimini belirlemek için, belli bir yansıtıcı noktasına ilişkin  $\alpha$  ve  $\beta$  açılarını saptamak gereklidir. Bu amaçla, grafik alanının üst yatay ekseninde yer alan her bir  $\alpha$  açısı izdüşümünün  $\alpha$  eğrisini kestiği noktadan yatay bir doğru çizilmiş, bu doğrunun  $\beta$  eğrisini kestiği noktadan çizilen düşey doğrunun grafik alanın alt yatay eksenini/sınırını kestiği noktadaki  $\beta$  açısı okunmuştur (Şekil 6.15).



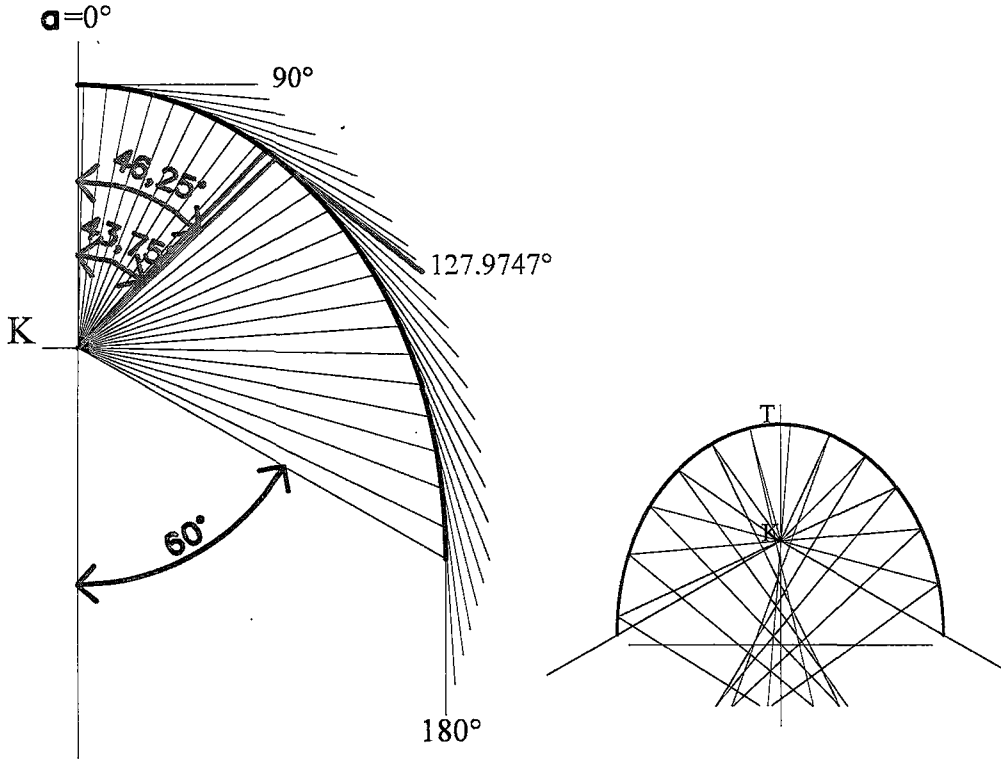
Şekil 6.15  $\alpha$  ve  $\beta$  açılarına ilişkin eğriler ile ışık akısı yüzdesini gösteren grafik

Bundan sonra, 4., 5., 6., 7., ve 8. adımlar uygulanarak, Çizelge 6.10 oluşturularak, Şekil 6.16' de verilen yansıtıcı biçimi elde edildi.

Çizelge 6.10  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu duruma göre oluşturulan yansıtıcıyı belirleyen açısal büyüklükler

$\alpha$ (derece)	$\beta$ (derece)	$(\alpha+\beta)/2$ (derece)	Yansıtıcı Parçalarının Eğim Açılı (derece)	Ortalama $\alpha$ Açılı (derece)
0,0	0,0000	0,0000	90,0000	1,25
2,5	2,3481	2,4241	92,4241	3,75
5,0	4,6963	4,8482	94,8482	6,25
7,5	6,8773	7,1887	97,1887	8,75
10,0	8,8394	9,4197	99,4197	11,25
12,5	11,0658	11,7829	101,7829	13,75
15,0	12,7236	13,8618	103,8618	16,25
17,5	15,0000	16,2500	106,2500	18,75
20,0	16,4161	18,2081	108,2081	21,25
22,5	18,1980	20,3490	110,3490	23,75
25,0	19,9800	22,4900	112,4900	26,25
27,5	21,4084	24,4542	114,4542	28,75
30,0	22,8300	26,4150	116,4150	31,25
32,5	24,4861	28,4931	118,4931	33,75
35,0	25,7950	30,3975	120,3975	36,25
37,5	27,1004	32,3002	122,3002	38,75
40,0	28,4057	34,2029	124,2029	41,25
42,5	29,8542	36,1771	126,1771	43,75
45,0	30,9493	37,9747	127,9747	46,25

47,5	32,1011	39,8006	129,8006	48,75
50,0	33,2529	41,6265	131,6265	51,25
52,5	34,4925	43,4963	133,4963	53,75
55,0	35,5513	45,2757	135,2757	56,25
57,5	36,5436	47,0218	137,0218	58,75
60,0	37,5359	48,7680	138,7680	61,25
62,5	38,5796	50,5398	140,5398	63,75
65,0	39,6232	52,3116	142,3116	66,25
67,5	40,5819	54,0410	144,0410	68,75
70,0	41,4724	55,7362	145,7362	71,25
72,5	42,3915	57,4458	147,4458	73,75
75,0	43,3106	59,1553	149,1553	76,25
77,5	44,2520	60,8760	150,8760	78,75
80,0	45,1735	62,5868	152,5868	81,25
82,5	46,0304	64,2652	154,2652	83,75
85,0	46,8874	65,9437	155,9437	86,25
87,5	47,7509	67,6255	157,6255	88,75
90,0	48,6143	69,3072	159,3072	91,25
92,5	49,4778	70,9889	160,9889	93,75
95,0	50,3548	72,6774	162,6774	96,25
97,5	51,2459	74,3730	164,3730	98,75
100,0	52,1370	76,0685	166,0685	101,25
102,5	53,0146	77,7573	167,7573	103,75
105,0	53,8922	79,4461	169,4461	106,25
107,5	54,7495	81,1248	171,1248	108,75
110,0	55,7856	82,8928	172,8928	111,25
112,5	56,8606	84,6803	174,6803	113,75
115,0	57,9357	86,4679	176,4679	116,25
117,5	58,9678	88,2339	178,2339	118,75
120,0	60,0000	90,0000	180,0000	-



Şekil 6.16  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu koşul için grafik yapım ile oluşturulan genel yansıtıcı

#### 6.4 Grafik Bütünleşme İle Genel Yansıtıcı Tasarımı

Aydınlatma aygıtı ışık yeğinlik eğrisinden yola çıkarak yapılan yansıtıcı tasarımında yararlanılabilecek bir başka yaklaşım “grafik bütünleşme (graphical integration)” ile yansıtıcı tasarımıdır. Grafik bütünleşme olarak nitelendirilebilen bu yaklaşımda, ışığın yansıtıcıya geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenine ile yaptıkları açılar arasındaki oranın değişmez olma koşulu yoktur. Söz konusu oranın hem tüm yansıtıcı noktaları için aynı hem de farklı olduğu durumlar için işlem yapılabilmektedir.

##### 6.4.1 Yaklaşımın Açıklanması

Grafik bütünleşme ile genel yansıtıcı biçimi tasarımında izlenmesi gereken adımlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- 1) Elde edilmek istenen aygıt ışık yeğinlik eğrisi tanımlanır ya da seçilir.
- 2) Aygıt ışık yeğinlik eğrisini sınırlayan doğrultulara bağlı olarak ışığın içine yayıldığı alanın koni tepe açısı belirlenir. Işık konisi tepe açısı büyüklüğünün aygıttan çıkan dolaysız ışığın yayılma açısına eşit olacağı açıdır. Dolaysız ışığın yayılma açısının/ışık konisi tepe açısının yarısı alınarak, ışığın yansıtıcının etek noktasından yansıma doğrultusunun aygıt eksenine ile yaptığı açı ( $\beta_{\text{mak}}$ ) saptanır. Saptanan  $\beta_{\text{mak}}$  açısı  $180^\circ$  den çıkartılarak ışığın yansıtıcının etek noktasına geliş doğrultusunun aygıt eksenine ile yaptığı açı ( $\alpha_{\text{mak}}$ ) bulunur

(Şekil 6.1).

- 3) Işık kaynağından çıkan ışık ışınlarının yansıtıcı yüzeye geliş doğrultularının aygıt eksenini ile yaptıkları açılar ( $\alpha$  açıları),  $0^\circ$  den başlayarak eşit düzlem açı aralıkları ile  $\alpha_{\text{mak}}$  açısına gelinceye değin belirlenir.
- 4) “3. adım” da belirli adımlarla saptanmış olan  $\alpha$  açılarının  $\beta$  karşılıkları hesaplanır. Bu işlem,  $\alpha/\beta$  oranının değişmez olduğu ve değiştiği durumlar için farklılık gösterir.
  - a)  $\alpha/\beta$  oranının değişmez olduğu durum:
    - $\alpha$  ve  $\beta$  arasında olması istenen oran ( $x$ ) saptanır ve
    - “ $\alpha/\beta=x$ ” ilişkisinden yararlanılarak her  $\alpha$  açısı için  $\beta$ , “ $\beta=\alpha/x$ ” eşitliği uyarınca hesaplanır.
  - b)  $\alpha/\beta$  oranının yansıtıcının tüm noktalarında aynı olmadığı ya da söz konusu oranın bilinmediği durum:

Bu durumda, yapılan işlemler “Grafik Yapım” yaklaşımındaki “4. adımın b bölümü” ile aynıdır (6.3 Grafik Yapım ile Genel Yansıtıcı Tasarımı).

- 5) Her  $\alpha$  açısından, karşılığı olan  $\beta$  açısı çıkarılarak elde edilen değer ikiye bölünür ( $(\alpha-\beta)/2$ ).
- 6) “5. adım” da elde edilen açı değerlerinin tanjant karşılıkları ( $\tan((\alpha-\beta)/2)$ ) bulunur.
- 7)  $\alpha$  açısı değerlerinin radyan cinsinden değerleri bulunur.
- 8) Doğal logaritma ( $\ln$ ) grafiği oluşturmak üzere dikdörtgen/kare bir grafik alanı oluşturulur. Grafik alanının üst yatay eksenine üzerine, eksenin sol köşesinde  $0'$  dan başlayarak  $\tan((\alpha-\beta)/2)$  değerleri orantılı olarak yerleştirilir. Grafik alanının sol düşey eksenine üzerine ise, eksenin üst noktasında  $0'$  dan başlayarak  $\alpha$  açılarının radyan cinsinden karşılıkları aşağıya doğru orantılı olarak sıralanır.
- 9) Her  $\alpha$  açısının radyan cinsinden değeri ve bu  $\alpha$  açısını içeren  $\tan((\alpha-\beta)/2)$  değerini gösteren noktalar, grafik alanının üst yatay ve sol düşey eksenleri üzerinde işaretlenerek izdüşümleri kesiştirilir ve elde edilen kesişim noktaları birleştirilerek doğal logaritma grafiği oluşturulur. Doğal logaritma grafiği üzerindeki söz konusu kesişim noktalarından sol düşey eksene dik yatay doğrular çizilir ve bu doğruların sınırladığı bölgelerin yüzölçümleri bulunur. Bu bölgelerin yüzölçümleri,  $\ln r/f$  değerlerini oluştururlar. Her bölgenin yüzölçümü kendinden önceki bölgelerin yüzölçümleriyle toplanarak her bölgeye ilişkin kümülatif değerler ( $\sum \ln r/f$ ) elde edilir ve grafik alanının sağ düşey ekseninde gösterilir.
- 10) “9. adım” da bulunan  $\sum \ln r/f$  değerlerinin  $r/f$  karşılıkları hesaplanarak, yansıtıcı üzerindeki noktaların kaynak merkezine olan uzaklıklarının ( $r$ ) yansıtıcı tepe noktasının kaynak merkezine olan uzaklığına ( $f$ ) oranları elde edilir.
- 11) Işık kaynağı ( $K$ ) ile yansıtıcı tepe noktası arasındaki uzaklık ( $f$ ) konusunda karar verilerek her bir  $\alpha$  açısı için  $r$  uzunluğu bulunur.
- 12) Yansıtıcı parçalarını belirleyebilmek için aygıt eksenine çizilir ve bu eksen üzerinde nokta kaynak varsayılan ışık kaynağının ( $K$ ) yeri ile  $K$  noktasından  $f$  uzaklığındaki yansıtıcı tepe noktasının ( $T$ ) yeri işaretlenir.

13) "11. adım" da bulunmuş olan, her bir  $\alpha$  açısına karşılık gelen r uzunlukları, başlangıç noktası ışık kaynağı merkezi alınarak çizilir ve bunların uç noktaları birleştirilerek yansıtıcının biçimi belirlenir.

#### 6.4.2 Uygulama Örneği

Yaklaşımın yukarıda verilen adımlarına uygun olarak oluşturulan bir uygulama örneğinde sırası ile aşağıdaki işlemler yapılmıştır. Örnek uygulamada,  $\alpha/\beta$  oranı yansıtıcının tüm noktalarında aynı ( $\alpha/\beta=2$ ) kabul edilmiştir.  $\alpha/\beta$  oranının farklı olduğu koşul için,  $\alpha$  açılarının  $\beta$  karşılıklarının belirlenmesi aşamasında, 6.3 bölümünde verilen yol izlenerek işlem yapılmalıdır.

- 1) Elde edilmek istenen aygıt ışık yeğnlik eğrisi Şekil 6.2' de görüldüğü gibi tanımlanmıştır.
- 2) Aygıt ışık yeğnlik eğrisinin koni tepe açısı (KTA)  $120^\circ$  olarak belirlenmiştir. Buna bağlı olarak, ışığın yansıtıcının etek noktasından yansıma doğrultusunun aygıt eksenine ile yaptığı açı  $60^\circ$ , ışığın bu noktaya geliş doğrultusunun aygıt eksenine ile yaptığı açı  $120^\circ$  olarak saptanmıştır.

$$KTA=120^\circ$$

$$\beta_{\text{mak}}=120^\circ/2=60^\circ \quad (6.5)$$

$$\alpha_{\text{mak}}=180^\circ-60^\circ=120^\circ$$

- 3)  $\alpha$  açıları,  $0^\circ$  den başlayarak  $120^\circ$  olarak elde edilmiş olan  $\alpha_{\text{mak}}$ ' a gelinceye değin  $2,5^\circ$  aralıklar ile saptanmıştır (Çizelge 6.11 , kolon1).

Çizelge 6.11  $\alpha/\beta=2$  oranına göre oluşturulan yansıtıcıyı belirleyen açısal büyüklükler

$\alpha$ (derece)	$\beta$ (derece)	$(\alpha - \beta)/2$ (derece)	$\tan((\alpha - \beta)/2)$	$\alpha$ (radyan)
0,0	0,00	0,00	0,0000	0,0000
2,5	1,25	0,63	0,0109	0,0436
5,0	2,50	1,25	0,0218	0,0873
7,5	3,75	1,88	0,0327	0,1309
10,0	5,00	2,50	0,0437	0,1745
12,5	6,25	3,13	0,0546	0,2182
15,0	7,50	3,75	0,0655	0,2618
17,5	8,75	4,38	0,0765	0,3054
20,0	10,00	5,00	0,0875	0,3491
22,5	11,25	5,63	0,0985	0,3927
25,0	12,50	6,25	0,1095	0,4363
27,5	13,75	6,88	0,1206	0,4800
30,0	15,00	7,50	0,1317	0,5236
32,5	16,25	8,13	0,1428	0,5672
35,0	17,50	8,75	0,1539	0,6109
37,5	18,75	9,38	0,1651	0,6545
40,0	20,00	10,00	0,1763	0,6981

42,5	21,25	10,63	0,1876	0,7418
45,0	22,50	11,25	0,1989	0,7854
47,5	23,75	11,88	0,2103	0,8290
50,0	25,00	12,50	0,2217	0,8727
52,5	26,25	13,13	0,2332	0,9163
55,0	27,50	13,75	0,2447	0,9599
57,5	28,75	14,38	0,2563	1,0036
60,0	30,00	15,00	0,2679	1,0472
62,5	31,25	15,63	0,2797	1,0908
65,0	32,50	16,25	0,2915	1,1345
67,5	33,75	16,88	0,3033	1,1781
70,0	35,00	17,50	0,3153	1,2217
72,5	36,25	18,13	0,3273	1,2654
75,0	37,50	18,75	0,3395	1,3090
77,5	38,75	19,38	0,3517	1,3526
80,0	40,00	20,00	0,3640	1,3963
82,5	41,25	20,63	0,3764	1,4399
85,0	42,50	21,25	0,3889	1,4835
87,5	43,75	21,88	0,4015	1,5272
90,0	45,00	22,50	0,4142	1,5708
92,5	46,25	23,13	0,4271	1,6144
95,0	47,50	23,75	0,4400	1,6581
97,5	48,75	24,38	0,4531	1,7017
100,0	50,00	25,00	0,4663	1,7453
102,5	51,25	25,63	0,4797	1,7890
105,0	52,50	26,25	0,4931	1,8326
107,5	53,75	26,88	0,5068	1,8762
110,0	55,00	27,50	0,5206	1,9199
112,5	56,25	28,13	0,5345	1,9635
115,0	57,50	28,75	0,5486	2,0071
117,5	58,75	29,38	0,5629	2,0508
120,0	60,00	30,00	0,5774	2,0944

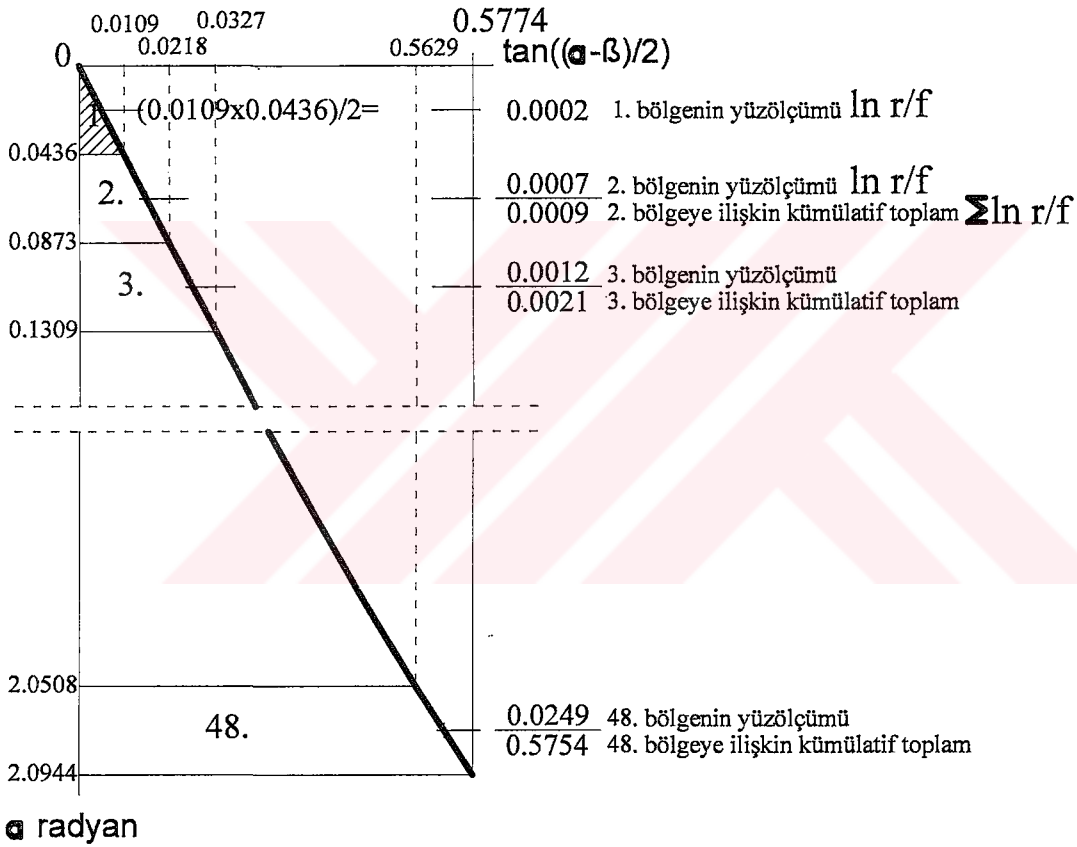
- 4)  $\alpha$  açılarının karşılıkları olan  $\beta$  açıları,  $\beta=\alpha/2$  eşitliğine bağlı olarak hesaplanmıştır (Çizelge 6.11, kolon 2).
- 5) Her  $\alpha$  açısından, karşılığı olan  $\beta$  açısı çıkarılarak elde edilen değer ikiye bölünmüştür (Çizelge 6.11, kolon 3).
- 6) 6. “5. adım” da elde edilen açı değerlerinin tanjant karşılıkları ( $\tan((\alpha-\beta)/2)$ ) bulunmuştur (Çizelge 6.11, kolon 4).
- 7)  $\alpha$  açısı değerlerinin radyan cinsinden değerleri bulunmuştur (Çizelge 6.11, kolon 5).
- 8) Doğal logaritma ( $\ln$ ) grafiği oluşturmak amacıyla dikdörtgen biçimli bir grafik alanı hazırlanmıştır. Grafik alanının üst yatay eksenine üzerine, eksenin sol köşesinde 0 dan başlayarak  $\tan((\alpha-\beta)/2)$  değerleri, en yüksek  $\tan((\alpha-\beta)/2)=0,5774$  değerine kadar orantılı olarak yerleştirilmiştir. Grafik alanının sol düşey eksenine üzerine ise, eksenin üst noktasında 0 dan başlayarak  $\alpha$  açılarının radyan cinsinden karşılıkları, en altta  $\alpha_{\max}$  için 2,0944 değeri yer alacak şekilde aşağıya doğru orantılı olarak sıralanmıştır (Şekil 6.17).
- 9) Çizelge 6.11, kolon 4 ve 5’ den yararlanarak, her  $\alpha$  açısının radyan cinsinden değeri ve bu

$\alpha$  açısının içinde yer aldığı  $\tan((\alpha-\beta)/2)$  değerini gösteren noktalar grafik alanının sol düşey ve üst yatay eksenleri üzerinde işaretlenerek izdüşümleri kesiştirilmiş, elde edilen noktalar birleştirilerek doğal logaritma grafiği oluşturulmuştur. Doğal logaritma grafiği üzerindeki kesişim noktalarından sol düşey eksene dik yatay doğrular çizilip, bu doğruların sınırladığı bölgelerin yüzölçümleri bulunmuştur (Çizelge 6.12, kolon 2). Bu bölgelerin yüzölçümleri,  $\ln r/f$  değerlerini oluşturmuş ve her bölgenin yüzölçümü kendinden önceki bölgelerin yüzölçümleriyle toplanarak  $\sum \ln r/f$  değerleri elde edilmiştir (Şekil 6.17, Çizelge 6.12, kolon 3).

$$1.\text{Bölgenin yüzölçümü} \rightarrow (0.0109 \times 0.0436)/2 = 0.0002$$

$$2.\text{Bölgenin yüzölçümü} \rightarrow ((0.0109 + 0.0218)/2) \times (0.0873 - 0.0436) = 0.0007$$

$$3.\text{Bölgenin yüzölçümü} \rightarrow ((0.0218 + 0.0327)/2) \times (0.1309 - 0.0873) = 0.0012$$



Şekil 6.17 Doğal logaritma grafiği

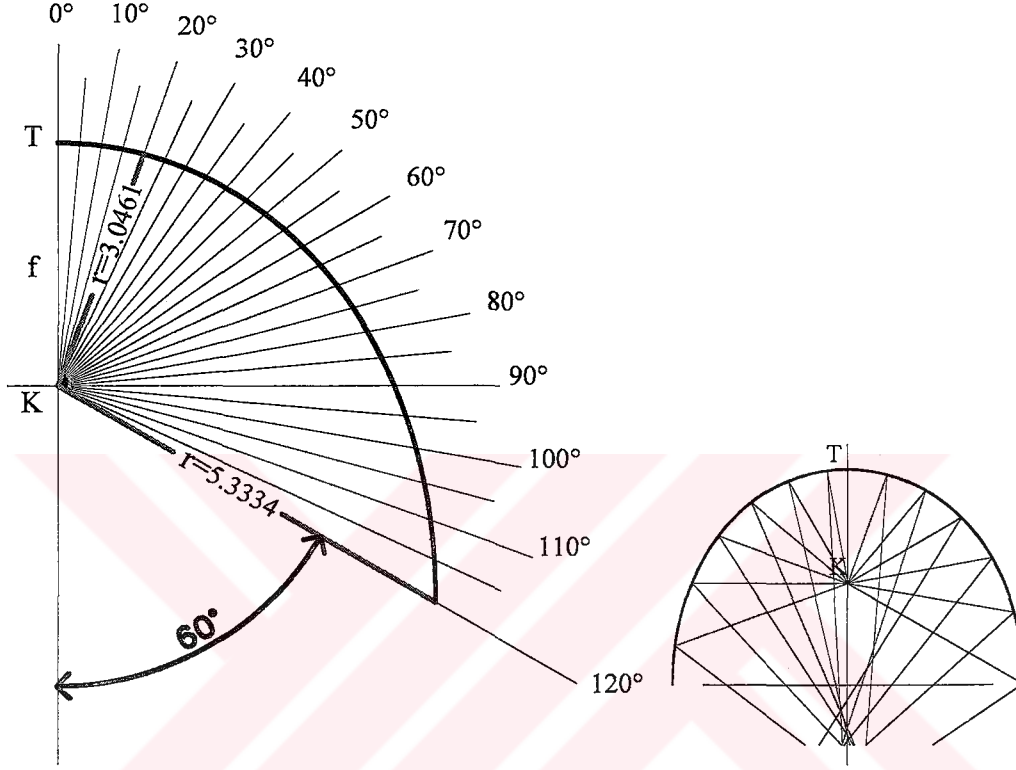
10) "9. adım" da bulunan  $\sum \ln r/f$  değerlerinin  $r/f$  karşılıkları hesaplanarak, yansıtıcı üzerindeki noktaların kaynak merkezine olan uzaklıklarının ( $r$ ) yansıtıcı tepe noktasının kaynak merkezine olan uzaklığına ( $f$ ) oranları elde edilmiştir (Çizelge 6.12, kolon 4).

11) Işık kaynağı ( $K$ ) ile yansıtıcı tepe noktası arasındaki uzaklık ( $f$ ) 3 cm olarak saptanmış ve her bir  $\alpha$  açısı için  $r$  uzunlukları bulunmuştur (Çizelge 6.12, kolon 5).

Çizelge 6.12  $\alpha/\beta=2$  oranına göre oluşturulan yansıtıcının r uzunlukları

$\alpha$ (derece)	$\ln r/f$	$\sum \ln r/f$	$r/f$	$r$ (cm)
0,0	0,0000	0,0000	1,0000	3,0000
2,5	0,0002	0,0002	1,0002	3,0007
5,0	0,0007	0,0009	1,0010	3,0029
7,5	0,0012	0,0021	1,0021	3,0064
10,0	0,0017	0,0038	1,0038	3,0114
12,5	0,0021	0,0060	1,0060	3,0179
15,0	0,0026	0,0086	1,0086	3,0258
17,5	0,0031	0,0117	1,0117	3,0352
<b>20,0</b>	<b>0,0036</b>	<b>0,0153</b>	<b>1,0154</b>	<b>3,0461</b>
22,5	0,0041	0,0193	1,0195	3,0585
25,0	0,0045	0,0238	1,0241	3,0724
27,5	0,0050	0,0289	1,0293	3,0879
30,0	0,0055	0,0344	1,0350	3,1049
32,5	0,0060	0,0404	1,0412	3,1235
35,0	0,0065	0,0468	1,0479	3,1438
37,5	0,0070	0,0538	1,0553	3,1658
40,0	0,0074	0,0612	1,0632	3,1895
42,5	0,0079	0,0692	1,0716	3,2149
45,0	0,0084	0,0776	1,0807	3,2421
47,5	0,0089	0,0865	1,0904	3,2712
50,0	0,0094	0,0960	1,1007	3,3021
52,5	0,0099	0,1059	1,1117	3,3351
55,0	0,0104	0,1163	1,1233	3,3700
57,5	0,0109	0,1272	1,1357	3,4071
60,0	0,0114	0,1387	1,1488	3,4463
62,5	0,0119	0,1506	1,1626	3,4877
65,0	0,0125	0,1631	1,1771	3,5314
67,5	0,0130	0,1761	1,1925	3,5775
70,0	0,0135	0,1896	1,2087	3,6261
72,5	0,0140	0,2036	1,2258	3,6773
75,0	0,0145	0,2181	1,2437	3,7312
77,5	0,0151	0,2332	1,2626	3,7879
80,0	0,0156	0,2488	1,2825	3,8475
82,5	0,0162	0,2650	1,3034	3,9102
85,0	0,0167	0,2817	1,3253	3,9760
87,5	0,0172	0,2989	1,3484	4,0451
90,0	0,0178	0,3167	1,3726	4,1178
92,5	0,0184	0,3351	1,3980	4,1941
95,0	0,0189	0,3540	1,4247	4,2741
97,5	0,0195	0,3735	1,4527	4,3582
100,0	0,0201	0,3935	1,4822	4,4465
102,5	0,0206	0,4142	1,5131	4,5393
105,0	0,0212	0,4354	1,5455	4,6366
107,5	0,0218	0,4572	1,5796	4,7389
110,0	0,0224	0,4796	1,6154	4,8463
112,5	0,0230	0,5026	1,6530	4,9591
115,0	0,0236	0,5263	1,6926	5,0777
117,5	0,0242	0,5505	1,7341	5,2024
<b>120,0</b>	<b>0,0249</b>	<b>0,5754</b>	<b>1,7778</b>	<b>5,3334</b>

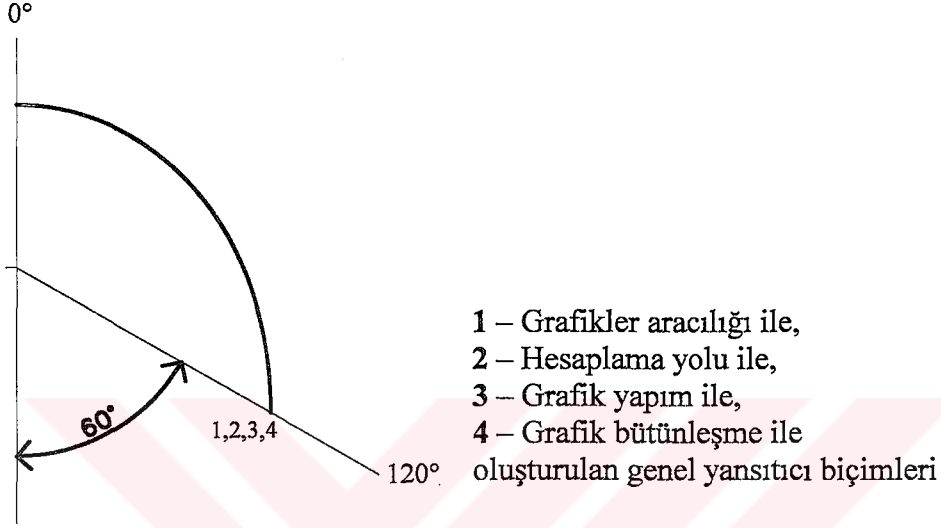
- 12) Yansıtıcı parçalarını belirleyebilmek için aygıt eksenini çizilmiş ve bu eksen üzerinde nokta kaynak varsayılan ışık kaynağının (K) yeri ile K noktasından 3 cm uzaklığındaki yansıtıcı tepe noktasının (T) yeri işaretlenmiştir.
- 13) "11. adım" da bulunmuş ve Çizelge 6.13, kolon 5' de verilmiş olan her bir  $\alpha$  açısına karşılık gelen "r" doğru parçaları, başlangıç noktası ışık kaynağı merkezi (K) alınarak çizilmiş ve bunların uç noktaları birleştirilerek yansıtıcı biçimi oluşturulmuştur (Şekil 6.18).



Şekil 6.18  $\alpha/\beta=2$  koşulu için grafik bütünleşme ile oluşturulan genel yansıtıcı

## 7. GENEL YANSITICI TASARIMINDA YARARLANILAN YAKLAŞIMLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Genel yansıtıcı tasarımında yararlanılan yaklaşımları değerlendirebilmek amacıyla bu yaklaşımlar uyarınca 6. bölümde belli bir koşul ( $\alpha/\beta=2$ ) için yapılan örnek uygulamalarda elde edilen yansıtıcı biçimleri karşılaştırılmıştır (Şekil 7.1).



Şekil 7.1 Dört ayrı yaklaşım uyarınca oluşturulan yansıtıcılar

Şekil 7.1' de görüldüğü gibi, dört ayrı yaklaşıma göre " $\alpha/\beta=2$ " koşulu için oluşturulan yansıtıcı biçimleri birbiri ile aynıdır. Bununla birlikte, çalışma içinde ele alınan söz konusu yaklaşımları eksiksiz değerlendirebilmek için, bu yaklaşımlar uyarınca birbirinden farklı başka koşullar için de yansıtıcıların oluşturulması ve elde edilen sonuçların karşılaştırılması gereklidir. Bu nedenle, bu bölümde birbirinden farklı koşullar için örnek uygulamalar yapılmıştır. Söz konusu uygulama örnekleri,

- ışığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenine ile yaptıkları açılar arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) aynı olduğu durum ,
- ışığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenine ile yaptıkları açılar arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) düzgün adımlarla değiştiği durum,
- ışığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenine ile yaptıkları açılar arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) gelişigüzel olduğu durum,
- ışığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenine ile yaptıkları açılar arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) gelişigüzel olduğu ve ışığın yansıma doğrultusunun negatif değerler aldığı durum

başlıkları altında aşağıdaki bölümlerde yer almaktadır.

Aşağıdaki bölümlerde yer alan örnek uygulamalarda,

- ışık kaynağı izotrop dağıtımli boyutsuz nokta kaynak,
- ışık kaynağının çevresine yayımladığı toplam ışık akısı 1000 lm,
- yansıtıcı yüzeyin yansıtma çarpanı 0.95,
- aydınlatma aygıtının geriverimi 0.96 kabul edilmiştir.

Ayrıca, 7.1.1, 7.1.2, 7.1.3 ve 7.1.4 bölümlerinde, çeşitli yaklaşımlar için 6. Bölümde verilen bilgiler doğrultusunda yapılan işlemlerin sonuçları yalnızca çizelge ve grafiklerde gösterilmiş, bu çizelge ve grafiklerin oluşturulmasına yönelik açıklamalar yinelenmemiştir.

Öte yandan, 6.4 bölümünde “Grafik Bütünleşme ile Genel Yansıtıcı Tasarımı” başlığı altında verilen yaklaşım üzerinde çalışılarak, yapılan işlemleri azaltan, dolayısıyla sonucun daha hızlı ve kolay elde edilebildiği bir yaklaşım geliştirilmiş, geliştirilen söz konusu yaklaşım Ek 3’ de verilmiştir. Bu bölümde grafik bütünleşme yaklaşımına göre yapılan örnekler, geliştirilen yeni yaklaşıma göre yapılmıştır.

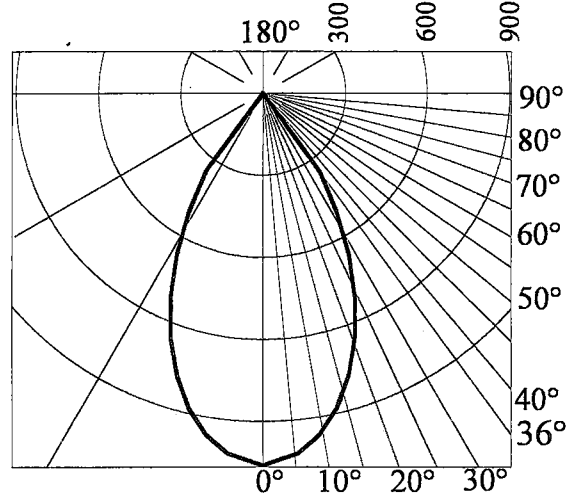
Ayrıca,  $\alpha$  ve  $\beta$  açılarına ilişkin değişik koşullar için çeşitli yöntemler aracılığı ile yansıtıcılar oluşturulurken,  $\alpha$  ve  $\beta$  açılarının belirlediği aygıt ışık yeğnlik eğrileri veri olarak alınmıştır.

Işığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt ekseni ile yaptıkları  $\alpha$  ve  $\beta$  açılarının sayısal değerlerinden yola çıkarak aygıt ışık yeğnlik eğrisini belirleyebilmek amacıyla bu çalışmada bir yaklaşım geliştirilmiş ve geliştirilen yaklaşım ile bir uygulama örneği Ek 2’ de verilmiştir.

### **7.1 Işığın Yansıtıcı Yüzeye Geliş ve Yansıma Doğrultularının Aygıt Ekseni ile Yaptıkları Açılar Arasındaki Oranın Aynı Olduğu Durum**

Bu bölümde, ışığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultusunun aygıt ekseni ile yaptığı açılar arasındaki oranın 4, yani  $\alpha/\beta=4$  olduğu durum, dört ayrı yaklaşımla incelenmiş ve yansıtıcılar oluşturulmuştur. Ayrıca,  $\alpha/\beta=3$  ve  $\alpha/\beta=5$  için de her dört yaklaşıma göre yansıtıcılar oluşturulmuş, elde edilen sonuçların benzer ve farklı yanları  $\alpha/\beta=4$  için olan örneklere benzer çıkmıştır. Bu yüzden,  $\alpha/\beta=3$  ve  $\alpha/\beta=5$  örneklerine bu bölümde yer verilmemiştir.

Yansıtıcı tasarımında veri oluşturan “ $\alpha/\beta=4$ ” koşulu için aygıt ışık yeğnlik eğrisi Şekil 7.2’ de gösterilmiştir.



Şekil 7.2 Elde edilmek istenen aydınlatma aygıtı ışık yeğnlik eğrisi

### 7.1.1 Grafikler Aracılığı ile Yansıtıcı Tasarımı

Çizelge 7.1  $\alpha/\beta=4$  durumu için aygıt ışık yeğnlik eğrisinde ayrılan bölgelerin özellikleri

Bölge no	Bölge açıları	Bölgenin orta noktasındaki ışık yeğnliği ( $I_V$ , cd)	Bölge çarpanı ( $\Omega_V$ , steradyan)	Bölge ışık akısı ( $\Phi_{Vg}$ , lm)
1	0-5	1341,43	0,0239	32
2	5-10	1292,42	0,0716	93
3	10-15	1195,65	0,1186	142
4	15-20	1054,44	0,1648	174
5	20-25	877,18	0,2098	184
6	25-30	684,36	0,2531	173
7	30-36	453,90	0,3582	163
( $\Sigma\Phi_{Vg}$ ) TOPLAM:				960

Çizelge 7.2 Işık kaynağının ışık yeğİnlik eğrisinde ayrılan bölgelerin özellikleri

Bölge no	Bölge açıları	Bölgenin orta noktasındaki ışık yeğİnliği ( $I_L$ , cd)	Bölge çarpımı ( $\Omega_L$ , steradyan)	Bölge ışık akısı ( $\Phi_L$ , lm)
1	0-5	79,6	0,0239	1,9
2	5-10	79,6	0,0716	5,7
3	10-15	79,6	0,1186	9,4
4	15-20	79,6	0,1648	13,1
5	20-25	79,6	0,2098	16,7
6	25-30	79,6	0,2531	20,1
7	30-36	79,6	0,3582	28,5
8	36-40	79,6	0,2700	21,5
9	40-45	79,6	0,3703	29,5
10	45-50	79,6	0,4041	32,2
11	50-55	79,6	0,4349	34,6
12	55-60	79,6	0,4623	36,8
13	60-65	79,6	0,4862	38,7
14	65-70	79,6	0,5064	40,3
15	70-75	79,6	0,5228	41,6
16	75-80	79,6	0,5351	42,6
17	80-85	79,6	0,5435	43,3
18	85-90	79,6	0,5476	43,6
19	90-95	79,6	0,5476	43,6
20	95-100	79,6	0,5434	43,2
21	100-105	79,6	0,5352	42,6
22	105-110	79,6	0,5228	41,6
23	110-115	79,6	0,5064	40,3
24	115-120	79,6	0,4862	38,7
25	120-125	79,6	0,4623	36,8
26	125-130	79,6	0,4348	34,6
27	130-135	79,6	0,4042	32,2
28	135-140	79,6	0,3703	29,5
29	140-145	79,6	0,3337	26,6
30	145-150	79,6	0,2945	23,4
31	150-155	79,6	0,2531	20,1
32	155-160	79,6	0,2097	16,7
33	160-165	79,6	0,1649	13,1
34	165-170	79,6	0,1186	9,4
35	170-175	79,6	0,0716	5,7
36	175-180	79,6	0,0239	1,9
( $\Sigma\Phi_L$ ) TOPLAM:				1000,00

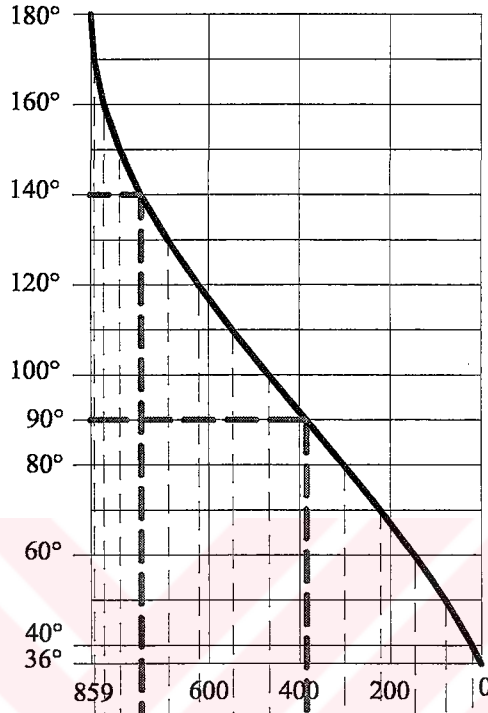
Çizelge 7.3 Aydınlatma aygıtından çıkması gereken yansımış ve dolaysız ışık akıları

Bölge no	Bölge açıları	Aygıttan çıkması gereken düzeltilmiş ışık akısı ( $\Phi_{Yg\ düz}$ )	Aygıttan çıkan dolaysız ışık akısı ( $\Phi_{Ld}$ )	Yansıtıcıdan yansımaları gereken ışık akısı (lm)
1	0-5	31,9	1,9	30,0
2	5-10	92,0	5,7	86,3
3	10-15	141,0	9,4	131,6
4	15-20	172,8	13,1	159,7
5	20-25	183,0	16,7	166,3
6	25-30	172,3	20,1	152,1
7	30-36	161,7	28,5	133,2
TOPLAM:		954,8	95,5	859,3

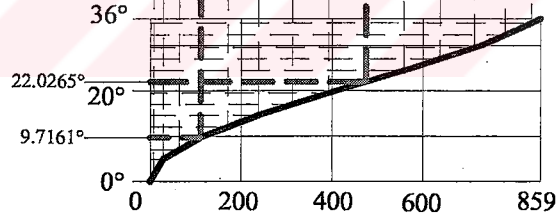
Çizelge 7.4 Kümülatif/Toplam ışık akısı değerleri

Bölge no	Bölge açıları	Aygıt eksenine ( $0^\circ$ ) ile olan açı	Yansımaları gereken kümülatif ışık akısı	Yansıyan ışık akısı (lm)	Yansıyan kümülatif ışık akısı
1	0-5	0-5	30,0		
2	5-10	0-10	116,3		
3	10-15	0-15	247,9		
4	15-20	0-20	407,6		
5	20-25	0-25	574,0		
6	25-30	0-30	726,1		
7	30-36	0-36	859,3		
8	36-40	0-40		20,4	20,4
9	40-45	0-45		28,0	48,4
10	45-50	0-50		30,5	79,0
11	50-55	0-55		32,9	111,8
12	55-60	0-60		34,9	146,8
13	60-65	0-65		36,8	183,5
14	65-70	0-70		38,3	221,8
15	70-75	0-75		39,5	261,3
16	75-80	0-80		40,5	301,8
17	80-85	0-85		41,1	342,9
18	85-90	0-90		41,4	384,3
19	90-95	0-95		41,4	425,7
20	95-100	0-100		41,1	466,8
21	100-105	0-105		40,5	507,2
22	105-110	0-110		39,5	546,7
23	110-115	0-115		38,3	585,0
24	115-120	0-120		36,8	621,8
25	120-125	0-125		34,9	656,7
26	125-130	0-130		32,9	689,6
27	130-135	0-135		30,6	720,2
28	135-140	0-140		28,0	748,2
29	140-145	0-145		25,2	773,4
30	145-150	0-150		22,3	795,6
31	150-155	0-155		19,1	814,8
32	155-160	0-160		15,9	830,6

33	160-165	0-165		12,5	843,1
34	165-170	0-170		9,0	852,1
35	170-175	0-175		5,4	857,5
36	175-180	0-180		1,8	859,3



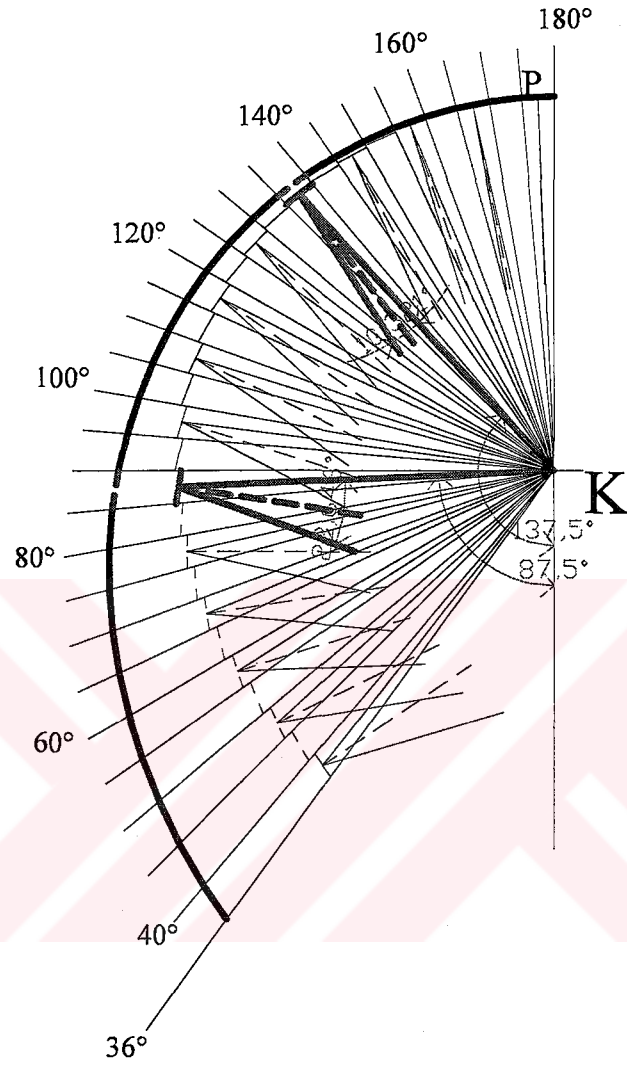
Şekil 7.3b Lambanın yansıtıcı yüzeye gönderdiği ışığa ilişkin grafik



Şekil 7.3a Yansıtıcıdan yansıyan ışığa ilişkin grafik

Çizelge 7.5 Yansıtıcı parçalarının sınırlarını belirten açısal değerler

Yansıtıcıyı oluşturan yansıtıcı parçalarının sınırlarını belirleyen açılar (derece)	Yansıtıcı parçalarından yansıyan ışıkların yönedikleri doğrultuların sınırlarını gösteren açılar (derece)	Yansıyan ışıkların yönedikleri bölgelerin orta doğrultu açıları (derece)
180-175	0,0000-0,6333	0,3167
175-170	0,6333-1,2667	0,9500
170-165	1,2667-3,0500	2,1584
165-160	3,0500-4,8333	3,9417
160-155	4,8333-5,9560	5,3947
155-150	5,9560-6,9699	6,4630
150-145	6,9699-8,3430	7,6565
145-140	8,3430-9,7161	9,0296
<b>140-135</b>	<b>9,7161-10,9252</b>	<b>10,3207</b>
135-130	10,9252-12,0365	11,4809
130-125	12,0365-13,3245	12,6805
125-120	13,3245-14,6125	13,9685
120-115	14,6125-15,8547	15,2336
115-110	15,8547-17,0288	16,4418
110-105	17,0288-18,2796	17,6542
105-100	18,2796-19,5304	18,9050
100-95	19,5304-20,7877	20,1591
95-90	20,7877-22,0265	21,4071
<b>90-85</b>	<b>22,0265-23,2652</b>	<b>22,6459</b>
85-80	23,2652-24,5039	23,8846
80-75	24,5039-25,7787	25,1413
75-70	25,7787-27,0776	26,4282
70-65	27,0776-28,3432	27,7104
65-60	28,3432-29,5496	28,9464
60-55	29,5496-30,9609	30,2553
55-50	30,9609-32,4406	31,7008
50-45	32,4406-33,8165	33,1286
45-40	33,8165-35,0797	34,4481
40-36	35,0797-36,0000	35,5399



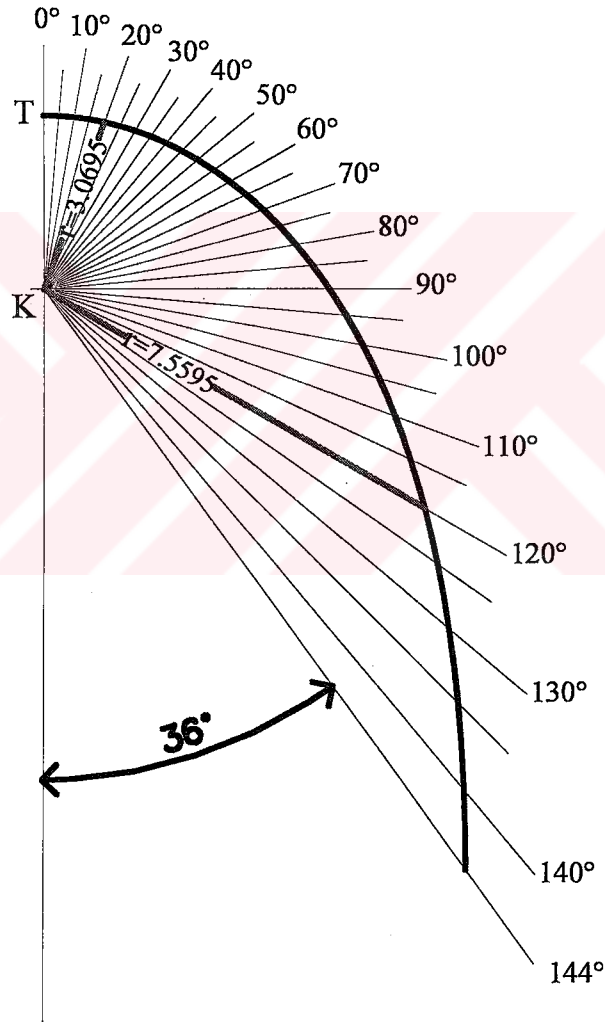
Şekil 7.4  $\alpha/\beta=4$  Durumu İçin grafikler aracılığı ile belirlenen yansıtıcı

## 7.1.2 Hesaplama Yolu ile Yansıtıcı Tasarımı

Çizelge 7.6  $\alpha$  açısına bağlı olarak bulunan r değerleri

Işığın yansıtıcı yüzeye geliş doğrultusunun aygıt eksenine ile yaptığı açı ( $\alpha$ , derece)	Işık kaynağı merkezi ile yansıtıcı arasındaki uzaklık (r, cm)
2,5	3,00107
5,0	3,0043
7,5	3,0097
10,0	3,0172
12,5	3,0269
15,0	3,0389
17,5	3,0531
<b>20,0</b>	<b>3,0695</b>
22,5	3,0883
25,0	3,1095
27,5	3,1332
30,0	3,1593
32,5	3,1880
35,0	3,2194
37,5	3,2536
40,0	3,2906
42,5	3,3305
45,0	3,3736
47,5	3,4199
50,0	3,4696
52,5	3,5227
55,0	3,5796
57,5	3,6404
60,0	3,7052
62,5	3,7744
65,0	3,8481
67,5	3,9266
70,0	4,0103
72,5	4,0993
75,0	4,1941
77,5	4,2951
80,0	4,4026
82,5	4,5170
85,0	4,6390
87,5	4,7690
90,0	4,9075
92,5	5,0554
95,0	5,2131
97,5	5,3816
100,0	5,5617
102,5	5,7544
105,0	5,9606
107,5	6,1817
110,0	6,4188
112,5	6,6734

115,0	6,9472
117,5	7,2419
<b>120,0</b>	<b>7,5595</b>
122,5	7,9024
125,0	8,2730
127,5	8,6742
130,0	9,1093
132,5	9,5820
135,0	10,0964
137,5	10,6573
140,0	11,2701
142,5	11,9412
144,0	12,3748



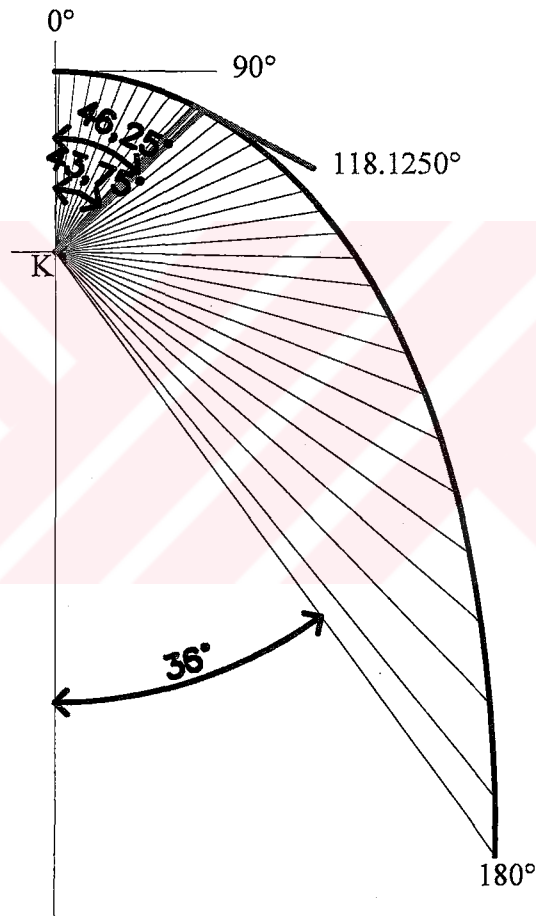
Şekil 7.5  $\alpha/\beta=4$  durumu için, hesaplama yolu ile belirlenen yansıtıcı

## 7.1.3 Grafik Yapım ile Yansıtıcı Tasarımı

Çizelge 7.7  $\alpha/\beta=4$  oranına göre oluşturulan yansıtıcıyı belirleyen açısal büyüklükler

$\alpha$ (derece)	$\beta$ (derece)	$(\alpha+\beta)/2$ (derece)	Yansıtıcı Parçalarının Eğim Açıları (derece)	Ortalama $\alpha$ Açıları (derece)
0,0	0,00	0,00	90,0000	1,25
2,5	0,63	1,56	91,5625	3,75
5,0	1,25	3,13	93,1250	6,25
7,5	1,88	4,69	94,6875	8,75
10,0	2,50	6,25	96,2500	11,25
12,5	3,13	7,81	97,8125	13,75
15,0	3,75	9,38	99,3750	16,25
17,5	4,38	10,94	100,9375	18,75
20,0	5,00	12,50	102,5000	21,25
22,5	5,63	14,06	104,0625	23,75
25,0	6,25	15,63	105,6250	26,25
27,5	6,88	17,19	107,1875	28,75
30,0	7,50	18,75	108,7500	31,25
32,5	8,13	20,31	110,3125	33,75
35,0	8,75	21,88	111,8750	36,25
37,5	9,38	23,44	113,4375	38,75
40,0	10,00	25,00	115,0000	41,25
42,5	10,63	26,56	116,5625	43,75
45,0	11,25	28,13	118,1250	46,25
47,5	11,88	29,69	119,6875	48,75
50,0	12,50	31,25	121,2500	51,25
52,5	13,13	32,81	122,8125	53,75
55,0	13,75	34,38	124,3750	56,25
57,5	14,38	35,94	125,9375	58,75
60,0	15,00	37,50	127,5000	61,25
62,5	15,63	39,06	129,0625	63,75
65,0	16,25	40,63	130,6250	66,25
67,5	16,88	42,19	132,1875	68,75
70,0	17,50	43,75	133,7500	71,25
72,5	18,13	45,31	135,3125	73,75
75,0	18,75	46,88	136,8750	76,25
77,5	19,38	48,44	138,4375	78,75
80,0	20,00	50,00	140,0000	81,25
82,5	20,63	51,56	141,5625	83,75
85,0	21,25	53,13	143,1250	86,25
87,5	21,88	54,69	144,6875	88,75
90,0	22,50	56,25	146,2500	91,25
92,5	23,13	57,81	147,8125	93,75
95,0	23,75	59,38	149,3750	96,25
97,5	24,38	60,94	150,9375	98,75
100,0	25,00	62,50	152,5000	101,25
102,5	25,63	64,06	154,0625	103,75
105,0	26,25	65,63	155,6250	106,25
107,5	26,88	67,19	157,1875	108,75
110,0	27,50	68,75	158,7500	111,25
112,5	28,13	70,31	160,3125	113,75

115,0	28,75	71,88	161,8750	116,25
117,5	29,38	73,44	163,4375	118,75
120,0	30,00	75,00	165,0000	121,25
122,5	30,63	76,56	166,5625	123,75
125,0	31,25	78,13	168,1250	126,25
127,5	31,88	79,69	169,6875	128,75
130,0	32,50	81,25	171,2500	131,25
132,5	33,13	82,81	172,8125	133,75
135,0	33,75	84,38	174,3750	136,25
137,5	34,38	85,94	175,9375	138,75
140,0	35,00	87,50	177,5000	141,25
142,5	35,63	89,06	179,0625	143,25
144,0	36,00	90,00	180,0000	-



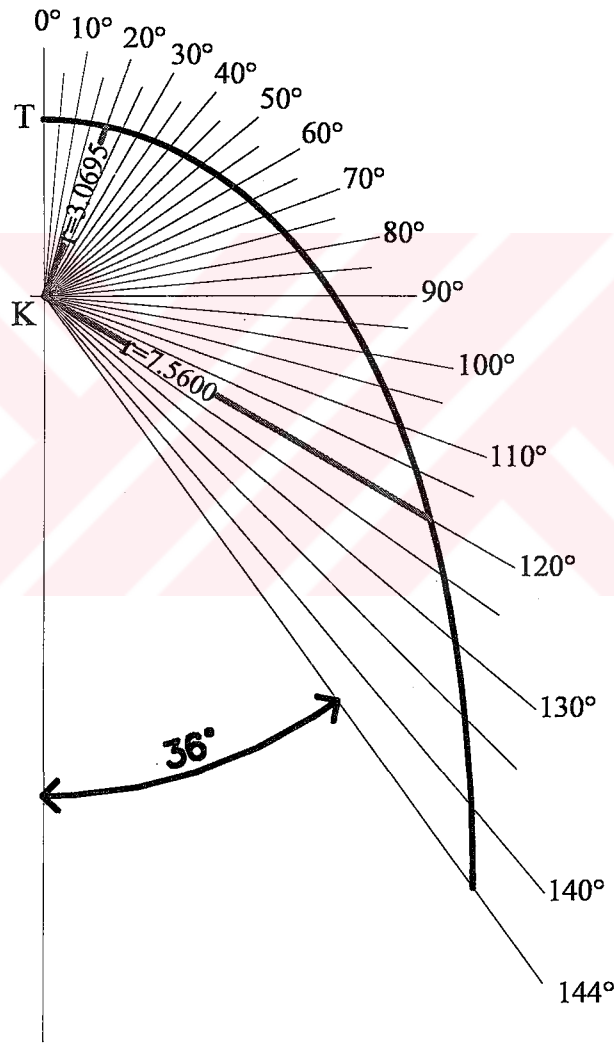
Şekil 7.6  $\alpha/\beta=4$  koşulu için grafik yapım ile oluşturulan genel yansıtıcı

## 7.1.4 Grafik Bütünleşme ile Yansıtıcı Tasarımı

Çizelge 7.8  $\alpha/\beta=4$  oranına göre oluşturulan yansıtıcıyı belirleyen büyüklükler

$\alpha$ (derece)	$\beta$ (derece)	$\tan((\alpha - \beta)/2)$	$\alpha$ (radyan)	$\ln r/f$	$\sum \ln r/f$	$r/f$	$r$ (cm)
0,0	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	3,0000
2,5	0,63	0,0164	0,0436	0,0004	0,0004	1,0004	3,0011
5,0	1,25	0,0327	0,0873	0,0011	0,0014	1,0014	3,0043
7,5	1,88	0,0491	0,1309	0,0018	0,0032	1,0032	3,0097
10,0	2,50	0,0655	0,1745	0,0025	0,0057	1,0057	3,0172
12,5	3,13	0,0820	0,2182	0,0032	0,0089	1,0090	3,0269
15,0	3,75	0,0985	0,2618	0,0039	0,0129	1,0130	3,0389
17,5	4,38	0,1150	0,3054	0,0047	0,0175	1,0177	3,0531
<b>20,0</b>	<b>5,00</b>	<b>0,1317</b>	<b>0,3491</b>	<b>0,0054</b>	<b>0,0229</b>	<b>1,0232</b>	<b>3,0695</b>
22,5	5,63	0,1483	0,3927	0,0061	0,0290	1,0294	3,0883
25,0	6,25	0,1651	0,4363	0,0068	0,0359	1,0365	3,1095
27,5	6,88	0,1820	0,4800	0,0076	0,0434	1,0444	3,1332
30,0	7,50	0,1989	0,5236	0,0083	0,0517	1,0531	3,1593
32,5	8,13	0,2160	0,5672	0,0091	0,0608	1,0627	3,1880
35,0	8,75	0,2332	0,6109	0,0098	0,0706	1,0731	3,2194
37,5	9,38	0,2505	0,6545	0,0106	0,0811	1,0845	3,2536
40,0	10,00	0,2679	0,6981	0,0113	0,0925	1,0969	3,2906
42,5	10,63	0,2856	0,7418	0,0121	0,1045	1,1102	3,3306
45,0	11,25	0,3033	0,7854	0,0128	0,1174	1,1245	3,3736
47,5	11,88	0,3213	0,8290	0,0136	0,1310	1,1400	3,4199
50,0	12,50	0,3395	0,8727	0,0144	0,1454	1,1565	3,4696
52,5	13,13	0,3578	0,9163	0,0152	0,1606	1,1743	3,5228
55,0	13,75	0,3764	0,9599	0,0160	0,1766	1,1932	3,5796
57,5	14,38	0,3952	1,0036	0,0168	0,1935	1,2135	3,6404
60,0	15,00	0,4142	1,0472	0,0177	0,2111	1,2351	3,7053
62,5	15,63	0,4335	1,0908	0,0185	0,2296	1,2581	3,7744
65,0	16,25	0,4531	1,1345	0,0193	0,2490	1,2827	3,8481
67,5	16,88	0,4730	1,1781	0,0202	0,2692	1,3089	3,9267
70,0	17,50	0,4931	1,2217	0,0211	0,2903	1,3368	4,0103
72,5	18,13	0,5137	1,2654	0,0220	0,3122	1,3665	4,0994
75,0	18,75	0,5345	1,3090	0,0229	0,3351	1,3981	4,1942
77,5	19,38	0,5557	1,3526	0,0238	0,3589	1,4317	4,2952
80,0	20,00	0,5774	1,3963	0,0247	0,3836	1,4676	4,4027
82,5	20,63	0,5994	1,4399	0,0257	0,4093	1,5057	4,5171
85,0	21,25	0,6218	1,4835	0,0266	0,4359	1,5464	4,6391
87,5	21,88	0,6448	1,5272	0,0276	0,4635	1,5897	4,7691
90,0	22,50	0,6682	1,5708	0,0286	0,4922	1,6359	4,9077
92,5	23,13	0,6921	1,6144	0,0297	0,5219	1,6852	5,0555
95,0	23,75	0,7166	1,6581	0,0307	0,5526	1,7378	5,2133
97,5	24,38	0,7417	1,7017	0,0318	0,5844	1,7939	5,3818
100,0	25,00	0,7673	1,7453	0,0329	0,6173	1,8540	5,5619
102,5	25,63	0,7937	1,7890	0,0341	0,6514	1,9182	5,7546
105,0	26,25	0,8207	1,8326	0,0352	0,6866	1,9870	5,9609
107,5	26,88	0,8484	1,8762	0,0364	0,7230	2,0607	6,1820
110,0	27,50	0,8770	1,9199	0,0376	0,7607	2,1397	6,4191
112,5	28,13	0,9063	1,9635	0,0389	0,7996	2,2246	6,6738

115,0	28,75	0,9366	2,0071	0,0402	0,8398	2,3159	6,9476
117,5	29,38	0,9678	2,0508	0,0415	0,8813	2,4141	7,2423
<b>120,0</b>	<b>30,00</b>	<b>1,0000</b>	<b>2,0944</b>	<b>0,0429</b>	<b>0,9243</b>	<b>2,5200</b>	<b>7,5600</b>
122,5	30,63	1,0333	2,1380	0,0444	0,9686	2,6343	7,9029
125,0	31,25	1,0677	2,1817	0,0458	1,0145	2,7578	8,2735
127,5	31,88	1,1033	2,2253	0,0474	1,0618	2,8916	8,6748
130,0	32,50	1,1403	2,2689	0,0489	1,1108	3,0367	9,1100
132,5	33,13	1,1786	2,3126	0,0506	1,1614	3,1943	9,5828
135,0	33,75	1,2185	2,3562	0,0523	1,2137	3,3658	10,0973
137,5	34,38	1,2600	2,3998	0,0541	1,2677	3,5528	10,6583
140,0	35,00	1,3032	2,4435	0,0559	1,3236	3,7571	11,2713
142,5	35,63	1,3483	2,4871	0,0578	1,3815	3,9808	11,9425
144,0	36,00	1,3764	2,5133	0,0357	1,4172	4,1254	12,3762



Şekil 7.7  $\alpha/\beta=4$  koşulu için grafik bütünleşme ile oluşturulan genel yansıtıcı

## 7.2 Işığın Yansıtıcı Yüze Geliş ve Yansıma Doğrultularının Aygıt Ekseni ile Yaptıkları Açılar Arasındaki Oranın Düzgün Adımlarla Değiştiği Durum

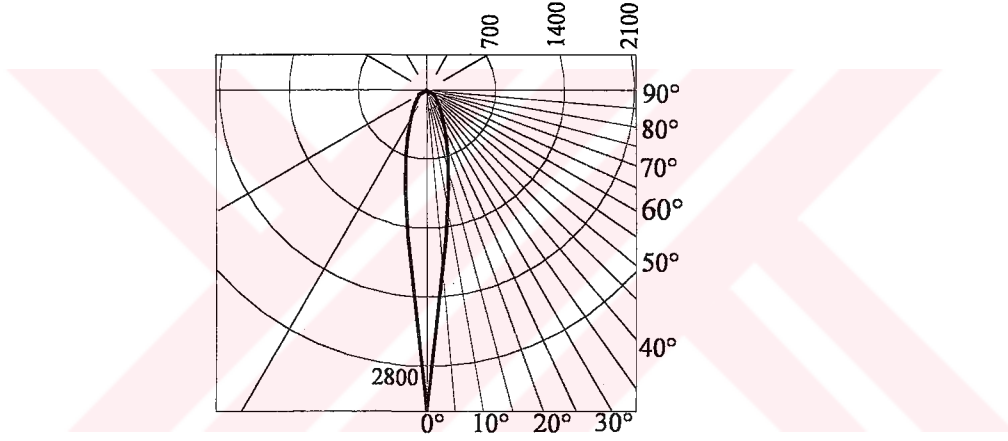
Bu bölümde, ışığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultusunun aygıt eksenine ile yaptığı açılar arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$  oranının)  $5'$  den  $2'$  ye doğru, düzgün adımlarla/açı aralıkları ile değiştiği durum dört ayrı yaklaşımla incelenmiş ve yansıtıcılar oluşturulmuştur.  $\alpha/\beta$  arasındaki oranın  $5'$  den  $2'$  ye düzgün adımlarla değiştiği durum, yansıtıcı tepe noktasındaki  $\alpha/\beta$  oranının 5, yansıtıcı etek noktasındaki  $\alpha/\beta$  oranının ise 2 olduğunu belirtir. Buna göre,

$$\alpha_{\text{mak}}/\beta_{\text{mak}}=2 \text{ ve} \quad (6.7)$$

$$\alpha_{\text{mak}}+\beta_{\text{mak}}=180^\circ \text{ olması nedeniyle,} \quad (6.6)$$

$$\beta_{\text{mak}}=60^\circ \text{ bulunur.}$$

Yansıtıcı tasarımında veri olarak alınan aygıt ışık yeğirlik eğrisi Şekil 7.8' de gösterilmiştir.



Şekil 7.8 Elde edilmek istenen aydınlatma aygıtı ışık yeğirlik eğrisi

### 7.2.1 Grafikler Aracılığı ile Yansıtıcı Tasarımı

Çizelge 7.9  $\alpha/\beta$  oranının 5' den 2' ye doğru düzgün adımlarla değiştiği durum için aygıt ışık yeğlilik eğrisinde ayrılan bölgelerin özellikleri

Bölge no	Bölge açıları	Bölgenin orta noktasındaki ışık yeğniliği ( $I_Y$ , cd)	Bölge çarpanı ( $\Omega_Y$ , steradyan)	Bölge ışık akısı ( $\Phi_{Yg}$ , lm)
1	0-5	2331,0306	0,0239	56
2	5-10	1496,7630	0,0716	107
3	10-15	1011,9962	0,1186	120
4	15-20	721,3860	0,1648	119
5	20-25	513,5876	0,2098	108
6	25-30	371,1165	0,2531	94
7	30-35	277,5448	0,2945	82
8	35-40	217,1171	0,3337	72
9	40-45	158,5147	0,3703	59
10	45-50	134,5934	0,4041	54
11	50-55	102,6022	0,4349	45
12	55-60	96,5499	0,4623	45
( $\Sigma\Phi_{Yg}$ ) TOPLAM:				960,0

Çizelge 7.10 Kullanılan ışık kaynağının ışık yeğlilik eğrisinde ayrılan bölgelerin özellikleri

Bölge no	Bölge açıları	Bölgenin orta noktasındaki ışık yeğniliği ( $I_L$ , cd)	Bölge çarpanı ( $\Omega_L$ , steradyan)	Bölge ışık akısı ( $\Phi_L$ , lm)
1	0-5	79,6	0,0239	1,9
2	5-10	79,6	0,0716	5,7
3	10-15	79,6	0,1186	9,4
4	15-20	79,6	0,1648	13,1
5	20-25	79,6	0,2098	16,7
6	25-30	79,6	0,2531	20,1
7	30-35	79,6	0,2945	23,4
8	35-40	79,6	0,3337	26,6
9	40-45	79,6	0,3703	29,5
10	45-50	79,6	0,4041	32,2
11	50-55	79,6	0,4349	34,6
12	55-60	79,6	0,4623	36,8
13	60-65	79,6	0,4862	38,7
14	65-70	79,6	0,5064	40,3
15	70-75	79,6	0,5228	41,6
16	75-80	79,6	0,5351	42,6
17	80-85	79,6	0,5435	43,3
18	85-90	79,6	0,5476	43,6
19	90-95	79,6	0,5476	43,6
20	95-100	79,6	0,5434	43,2
21	100-105	79,6	0,5352	42,6
22	105-110	79,6	0,5228	41,6
23	110-115	79,6	0,5064	40,3
24	115-120	79,6	0,4862	38,7

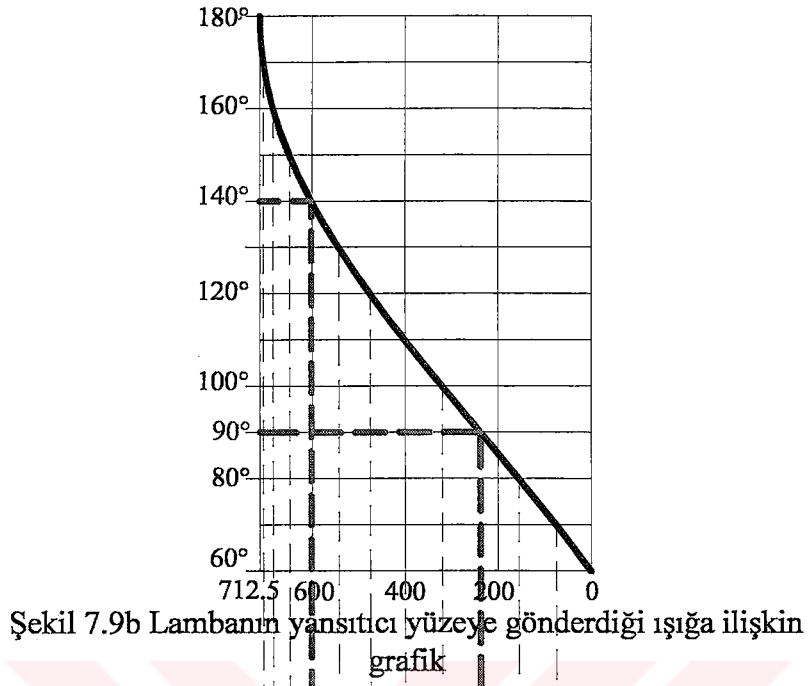
25	120-125	79,6	0,4623	36,8
26	125-130	79,6	0,4348	34,6
27	130-135	79,6	0,4042	32,2
28	135-140	79,6	0,3703	29,5
29	140-145	79,6	0,3337	26,6
30	145-150	79,6	0,2945	23,4
31	150-155	79,6	0,2531	20,1
32	155-160	79,6	0,2097	16,7
33	160-165	79,6	0,1649	13,1
34	165-170	79,6	0,1186	9,4
35	170-175	79,6	0,0716	5,7
36	175-180	79,6	0,0239	1,9
( $\Sigma\Phi_L$ ) TOPLAM:				1000,00

Çizelge 7.11 Aydınlatma aygıtından çıkması gereken yansımış ve dolaysız ışık akıları

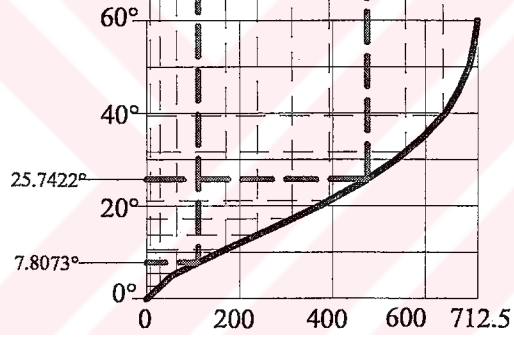
Bölge no	Bölge açıları	Aygıttan çıkması gereken düzeltilmiş ışık akısı ( $\Phi_{Yg}$ düz)	Aygıttan çıkan dolaysız ışık akısı ( $\Phi_{Ld}$ )	Yansıtıcıdan yansımaması gereken ışık akısı ( $\text{lm}$ )
1	0-5	55,9	1,9	54,0
2	5-10	107,4	5,7	101,7
3	10-15	120,3	9,4	110,9
4	15-20	119,2	13,1	106,1
5	20-25	108,0	16,7	91,3
6	25-30	94,2	20,1	74,0
7	30-35	81,9	23,4	58,5
8	35-40	72,6	26,6	46,1
9	40-45	58,9	29,5	29,4
10	45-50	54,5	32,2	22,4
11	50-55	44,7	34,6	10,1
12	55-60	44,8	36,8	8,0
TOPLAM:		962,5	250,0	712,5

Çizelge 7.12 Kümülatif (Toplam) ışık akısı değerleri

Bölge no	Bölge açıları	Aygıt eksenini (0°) ile olan açı	Yansıması gereken kümülatif ışık akısı	Yansıyan ışık akısı (lm)	Yansıyan kümülatif ışık akısı
1	0-5	0-5	54,0		
2	5-10	0-10	155,7		
3	10-15	0-15	266,6		
4	15-20	0-20	372,7		
5	20-25	0-25	464,0		
6	25-30	0-30	538,1		
7	30-35	0-35	596,6		
8	35-40	0-40	642,7		
9	40-45	0-45	672,0		
10	45-50	0-50	694,4		
11	50-55	0-55	704,5		
12	55-60	0-60	712,5		
13	60-65	0-65		36,8	36,8
14	65-70	0-70		38,3	75,0
15	70-75	0-75		39,5	114,6
16	75-80	0-80		40,5	155,0
17	80-85	0-85		41,1	196,1
18	85-90	0-90		41,4	237,5
19	90-95	0-95		41,4	278,9
20	95-100	0-100		41,1	320,0
21	100-105	0-105		40,5	360,4
22	105-110	0-110		39,5	400,0
23	110-115	0-115		38,3	438,2
24	115-120	0-120		36,8	475,0
25	120-125	0-125		34,9	509,9
26	125-130	0-130		32,9	542,8
27	130-135	0-135		30,6	573,4
28	135-140	0-140		28,0	601,4
29	140-145	0-145		25,2	626,6
30	145-150	0-150		22,3	648,9
31	150-155	0-155		19,1	668,0
32	155-160	0-160		15,9	683,8
33	160-165	0-165		12,5	696,3
34	165-170	0-170		9,0	705,3
35	170-175	0-175		5,4	710,7
36	175-180	0-180		1,8	712,5



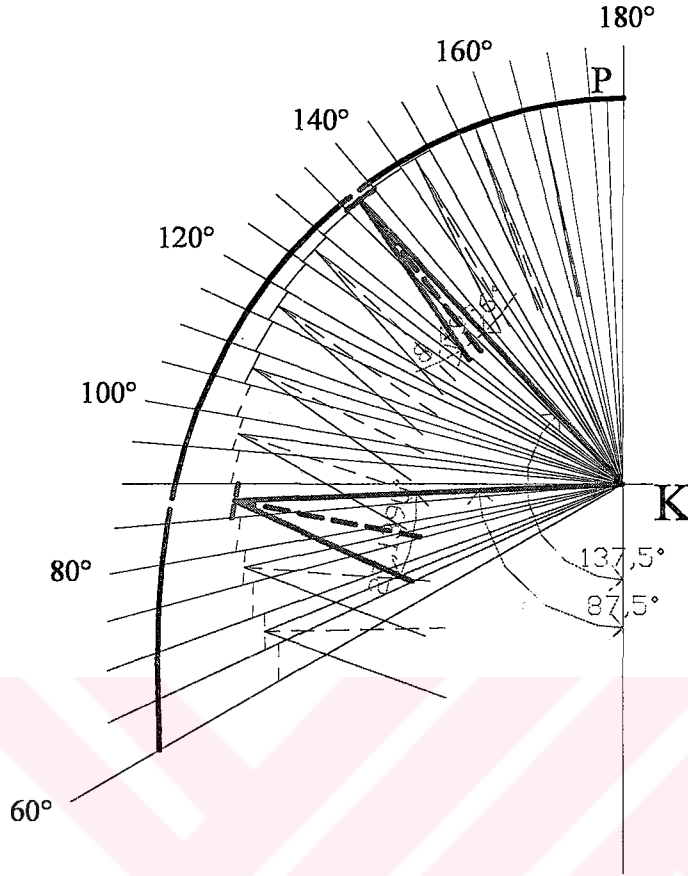
Şekil 7.9b Lambanın yansıtıcı yüzeye gönderdiği ışığa ilişkin grafik



Şekil 7.9a Yansıtıcıdan yansıyan ışığa ilişkin grafik

Çizelge 7.13 Yansıtıcı parçalarının sınırlarını belirten açısal değerler

Yansıtıcıyı oluşturan yansıtıcı parçalarının sınırlarını belirleyen açılar (derece)	Yansıtıcı parçalarından yansıyan ışıkların yönelindikleri doğrultuların sınırlarını gösteren açılar (derece)	Yansıyan ışıkların yönelindikleri bölgelerin orta doğrultu açıları (derece)
180-175	0,0000-0,1667	0,0834
175-170	0,1667-0,6667	0,4167
170-165	0,6667-1,5000	1,0834
165-160	1,5000-2,6574	2,0787
160-155	2,6574-4,1204	3,3889
155-150	4,1204-5,4720	4,7962
150-145	5,4720-6,5683	6,0202
145-140	6,5683-7,8073	7,1878
<b>140-135</b>	<b>7,8073-9,1839</b>	<b>8,4956</b>
135-130	9,1839-10,6312	9,9076
130-125	10,6312-12,1145	11,3729
125-120	12,1145-13,6880	12,9013
120-115	13,6880-15,3629	14,5255
115-110	15,3629-17,1631	16,2630
110-105	17,1631-19,0292	18,0962
105-100	19,0292-21,0843	20,0568
100-95	21,0843-23,3352	22,2098
95-90	23,3352-25,7422	24,5387
<b>90-85</b>	<b>25,7422-28,5358</b>	<b>27,1390</b>
85-80	28,5358-31,6581	30,0970
80-75	31,6581-35,1410	33,3996
75-70	35,1410-39,4360	37,2885
70-65	39,4360-45,8259	42,6310
65-60	45,8259-60,0000	52,9130



Şekil 7.10  $\alpha/\beta=5'$  den  $2'$  ye düzgün değişen durum için grafikler aracılığı ile belirlenen yansıtıcı

### 7.2.2 Hesaplama Yolu ile Yansıtıcı Tasarımı

“6.2. bölümü” nde açıklanan hesaplama yolu ile genel yansıtıcı tasarımında, ışığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenine ile yaptıkları açılar arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) aynı olması koşulu söz konusudur. Çeşitli denemelerle, genel bağıntıdan (6.4) yararlanarak,  $\alpha/\beta$  oranının azalan ve artan durumlarına göre aşağıdaki bağıntılar (6.9 ve 6.11) geliştirilmiştir ve yapılan uygulama da azalan durum için geliştirilmiş olan (6.9) bağıntısına göre yapılmıştır.

Bu çalışma içinde,  $\alpha/\beta$  oranının değişmez olduğu koşul için kullanılan 6.4 numaralı formül,  $\alpha/\beta$  oranının yansıtıcının tepe noktasından etek noktasına doğru düzgün olarak azaldığı ve arttığı iki ayrı durum için de kullanılabilir biçime dönüştürülmüş ve 6.10 ile 6.12 numaralı eşitlikler elde edilmiştir. Söz konusu eşitliklerin oluşturulmasında izlenen yol aşağıda özetlenmiştir:

- $\alpha/\beta$  oranının yansıtıcının tepe noktasından etek noktasına doğru “z” adımlarla düzgün olarak azaldığı durum:

$\alpha/\beta=x$  ise  $\beta$  açısı  $\alpha$  cinsinden,

$\beta = \alpha/x$  olarak tanımlanabilir. Buna göre örneğin,

$$\beta_1 = \alpha_1/(x-z)$$

$$\beta_2 = \alpha_2/(x-2z)$$

$$\beta_n = \alpha_n/(x-nz) \text{ olur.}$$

Buna bağlı olarak 6.4 numaralı eşitlikten yararlanılarak,

$$\ln r/f = \int \tan((\alpha_1 - (\alpha_1/(x-z)))/2) dx$$

$$\ln r/f = \int \tan((\alpha_2 - (\alpha_2/(x-2z)))/2) dx$$

$$\ln r/f = \int \tan((\alpha_n - (\alpha_n/(x-nz)))/2) dx \text{ eşitlikleri elde edilmiştir.} \quad (6.9)$$

$$\ln r/f = \int \tan((\alpha_n - (\alpha_n/(x-nz)))/2) dx \text{ eşitliğinin açılımı yapıldığında} \quad (6.9)$$

$$r/f = (\cos(((x-nz)-1)/2(x-nz))\alpha_n)^{-1/(((x-nz)-1)/2(x-nz))}$$

$$r = f/(\cos(((x-nz)-1)/2(x-nz))\alpha_n)^{1/(((x-nz)-1)/2(x-nz))} \quad (6.10)$$

elde edilmiştir.

- $\alpha/\beta$  oranının yansıtıcının tepe noktasından etek noktasına doğru “z” adımlarla düzgün olarak arttığı durum:

$\alpha/\beta=x$  ise  $\beta$  açısı  $\alpha$  cinsinden,

$\beta = \alpha/x$  olarak tanımlanabilir. Buna göre örneğin,

$$\beta_1 = \alpha_1/(x+z)$$

$$\beta_2 = \alpha_2/(x+2z)$$

$$\beta_n = \alpha_n/(x+nz) \text{ olur.}$$

Buna bağlı olarak 6.4 numaralı eşitlikten yararlanılarak,

$$\ln r/f = \int \tan((\alpha_1 - (\alpha_1/(x+z)))/2) dx$$

$$\ln r/f = \int \tan((\alpha_2 - (\alpha_2/(x+2z)))/2) dx$$

$$\ln r/f = \tan((\alpha_n - (\alpha_n/(x+nz)))/2) \text{ da eşitlikleri elde edilmiştir.} \quad (6.11)$$

$$\ln r/f = \tan((\alpha_n - (\alpha_n/(x+nz)))/2) \text{ da eşitliğin açılımı yapıldığında} \quad (6.11)$$

$$r/f = (\cos(((x+nz)-1)/2(x+nz))\alpha_n)^{-1/(((x+nz)-1)/2(x+nz))}$$

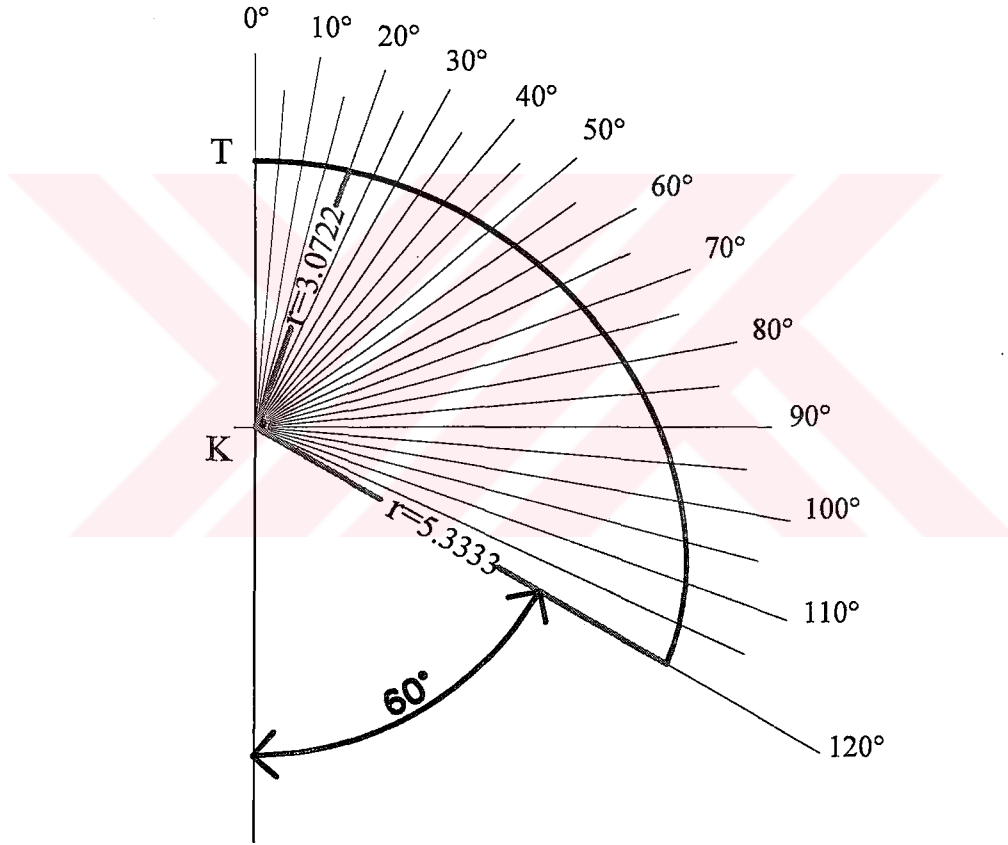
$$r = f/(\cos(((x+nz)-1)/2(x+nz))\alpha_n)^{1/(((x+nz)-1)/2(x+nz))} \quad (6.12)$$

elde edilmiştir.

Çizelge 7.14  $\alpha$  açısına bağlı olarak bulunan r değerleri

Işığın yansıtıcı yüzeye geliş doğrultusunun aygıt eksenine yaptığı açı ( $\alpha$ , derece)	Işık kaynağı merkezi ile yansıtıcı arasındaki uzaklık (r, cm)
0,0	3,0000
2,5	3,0011
5,0	3,0045
7,5	3,0102
10,0	3,0181
12,5	3,0282
15,0	3,0406
17,5	3,0553
20,0	3,0722
22,5	3,0913
25,0	3,1127
27,5	3,1365
30,0	3,1625
32,5	3,1910
35,0	3,2218
37,5	3,2549
40,0	3,2906
42,5	3,3287
45,0	3,3692
47,5	3,4123
50,0	3,4580
52,5	3,5062
55,0	3,5569
57,5	3,6103
60,0	3,6663
62,5	3,7249
65,0	3,7860
67,5	3,8497
70,0	3,9159
72,5	3,9845
75,0	4,0554
77,5	4,1286
80,0	4,2038
82,5	4,2809
85,0	4,3596

87,5	4,4397
90,0	4,5207
92,5	4,6024
95,0	4,6841
97,5	4,7654
100,0	4,8457
102,5	4,9240
105,0	4,9997
107,5	5,0716
110,0	5,1388
112,5	5,2000
115,0	5,2538
117,5	5,2988
120,0	5,3333



Şekil 7.11  $\alpha/\beta=5'$  ten  $2'$  ye düzgün değişen durum için hesaplama yolu ile belirlenen yansıtıcı

### 7.2.3 Grafik Yapım ile Yansıtıcı Tasarımı

Yansıtıcıya geliş ve yansıtıcıdan yansıma açısı arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) yansıtıcının tepe noktasından etek noktasına doğru düzgün bir biçimde değişmesi durumu için, grafik yapım ile yansıtıcı tasarımında öncelikle yansıtıcının hangi büyüklükteki açılar ile bölgelere ayrılacağına karar verilmelidir. Bu bölümde yapılan örnek uygulamada yansıtıcının  $2.5^\circ$

büyükliğindeki eşit düzlem açılar ile bölgelere ayrılmasına karar verilmiş ve bölge sayısı  $\alpha_{\text{mak}}$  açısı dikkate alınarak 48 olarak saptanmıştır. Bölge sayısına bağlı olarak, 7.2.2 bölümünde değinilmiş olan,  $\alpha/\beta$  oranının “z” değişim niceliği,

$\alpha/\beta=5'$  den  $2'$  ye düzgün azalan durum için,

$$5-2=3$$

$3/48=0.0625$  olarak bulunmuştur.

Söz konusu “z” niceliği, tepe noktasındaki  $\alpha/\beta$  oranından ( $\alpha/\beta=5$ ) başlayarak her bir  $\alpha$  açısı için ayrı ayrı belirlenir. Örneğin,

$\alpha=0^\circ$  için  $\alpha/\beta$  oranı 5 iken,

$\alpha=2.5^\circ$  için  $\alpha/\beta$  oranı 4.9375 ( $5-0.0625$ )

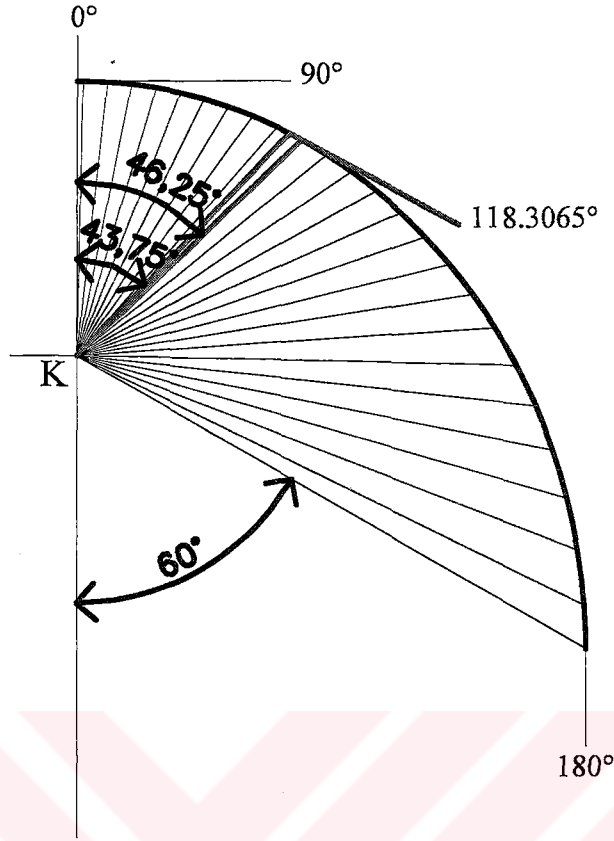
$\alpha=5^\circ$  için  $\alpha/\beta$  oranı 4.8750 ( $5-(2 \times 0.0625)$ )

elde edilir.

Çizelge 7.15  $\alpha/\beta=5'$  ten  $2'$  ye düzgün adımlarla değişen orana göre oluşturulan yansıtıcıyı belirleyen açısız büyüklükler

$\alpha$ (derece)	$\beta$ (derece)	$(\alpha+\beta)/2$ (derece)	Yansıtıcı Parçalarının Eğim Açıları (derece)	Ortalama $\alpha$ Açıları (derece)	$\alpha/\beta$ oranı
0,0	0,0000	0,0000	90,0000	1,25	5,0000
2,5	0,5063	1,5032	91,5032	3,75	4,9375
5,0	1,0256	3,0128	93,0128	6,25	4,8750
7,5	1,5584	4,5292	94,5292	8,75	4,8125
10,0	2,1053	6,0526	96,0526	11,25	4,7500
12,5	2,6667	7,5833	97,5833	13,75	4,6875
15,0	3,2432	9,1216	99,1216	16,25	4,6250
17,5	3,8356	10,6678	100,6678	18,75	4,5625
20,0	4,4444	12,2222	102,2222	21,25	4,5000
22,5	5,0704	13,7852	103,7852	23,75	4,4375
25,0	5,7143	15,3571	105,3571	26,25	4,3750
27,5	6,3768	16,9384	106,9384	28,75	4,3125
30,0	7,0588	18,5294	108,5294	31,25	4,2500
32,5	7,7612	20,1306	110,1306	33,75	4,1875
35,0	8,4848	21,7424	111,7424	36,25	4,1250
37,5	9,2308	23,3654	113,3654	38,75	4,0625
40,0	10,0000	25,0000	115,0000	41,25	4,0000
42,5	10,7937	26,6468	116,6468	43,75	3,9375
<b>45,0</b>	<b>11,6129</b>	<b>28,3065</b>	<b>118,3065</b>	<b>46,25</b>	<b>3,8750</b>
47,5	12,4590	29,9795	119,9795	48,75	3,8125
50,0	13,3333	31,6667	121,6667	51,25	3,7500
52,5	14,2373	33,3686	123,3686	53,75	3,6875

55,0	15,1724	35,0862	125,0862	56,25	3,6250
57,5	16,1404	36,8202	126,8202	58,75	3,5625
60,0	17,1429	38,5714	128,5714	61,25	3,5000
62,5	18,1818	40,3409	130,3409	63,75	3,4375
65,0	19,2593	42,1296	132,1296	66,25	3,3750
67,5	20,3774	43,9387	133,9387	68,75	3,3125
70,0	21,5385	45,7692	135,7692	71,25	3,2500
72,5	22,7451	47,6225	137,6225	73,75	3,1875
75,0	24,0000	49,5000	139,5000	76,25	3,1250
77,5	25,3061	51,4031	141,4031	78,75	3,0625
80,0	26,6667	53,3333	143,3333	81,25	3,0000
82,5	28,0851	55,2926	145,2926	83,75	2,9375
85,0	29,5652	57,2826	147,2826	86,25	2,8750
87,5	31,1111	59,3056	149,3056	88,75	2,8125
90,0	32,7273	61,3636	151,3636	91,25	2,7500
92,5	34,4186	63,4593	153,4593	93,75	2,6875
95,0	36,1905	65,5952	155,5952	96,25	2,6250
97,5	38,0488	67,7744	157,7744	98,75	2,5625
100,0	40,0000	70,0000	160,0000	101,25	2,5000
102,5	42,0513	72,2756	162,2756	103,75	2,4375
105,0	44,2105	74,6053	164,6053	106,25	2,3750
107,5	46,4865	76,9932	166,9932	108,75	2,3125
110,0	48,8889	79,4444	169,4444	111,25	2,2500
112,5	51,4286	81,9643	171,9643	113,75	2,1875
115,0	54,1176	84,5588	174,5588	116,25	2,1250
117,5	56,9697	87,2348	177,2348	118,75	2,0625
120,0	60,0000	90,0000	180,0000	-	2,0000



Şekil 7.12  $\alpha/\beta=5'$  ten  $2'$  ye düzgün adımlarla değişen koşul için grafik yapım ile oluşturulan genel yansıtıcı

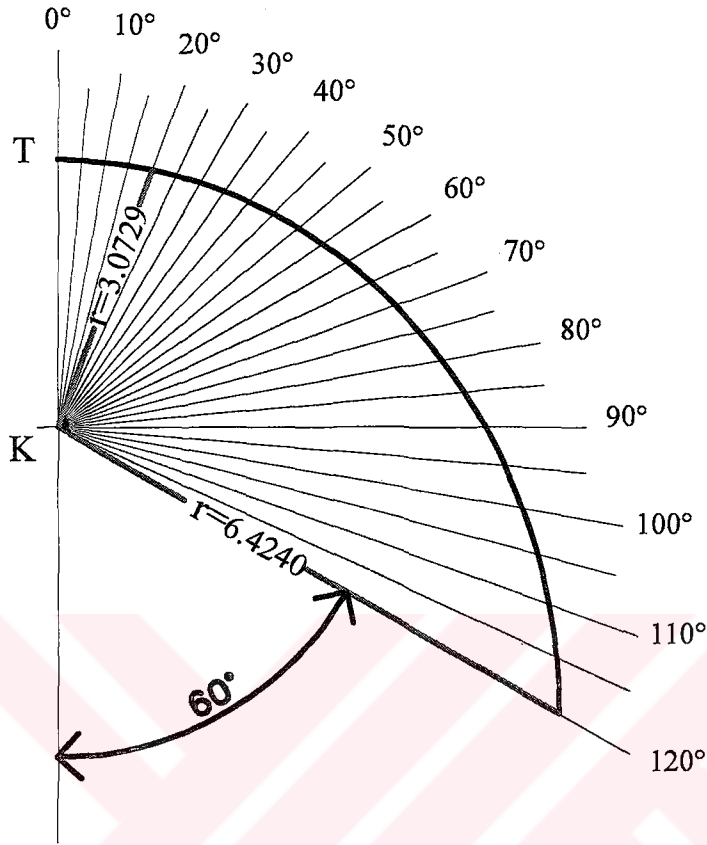
#### 7.2.4 Grafik Bütünleşme ile Yansıtıcı Tasarımı

Bu bölümde,  $\alpha$  açısının değişik değerleri için  $\alpha/\beta$  oranları 7.2.3 bölümünde yapılan açıklamalar doğrultusunda belirlenmiştir.

Çizelge 7.16  $\alpha/\beta=5'$  ten  $2'$  ye düzgün adımlarla değişen duruma göre oluşturulan yansıtıcıyı belirleyen büyüklükler

$\alpha$ (derece)	$\beta$ (derece)	$\tan((\alpha - \beta)/2)$	$\alpha$ (radyan)	$\ln r/f$	$\sum \ln r/f$	$r/f$	$r$ (cm)	$\alpha/\beta$ oranı
0,0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	3,0000	5,0000
2,5	0,5063	0,0174	0,0436	0,0004	0,0004	1,0004	3,0011	4,9375
5,0	1,0256	0,0347	0,0873	0,0011	0,0015	1,0015	3,0046	4,8750
7,5	1,5584	0,0519	0,1309	0,0019	0,0034	1,0034	3,0102	4,8125
10,0	2,1053	0,0690	0,1745	0,0026	0,0060	1,0061	3,0182	4,7500
12,5	2,6667	0,0860	0,2182	0,0034	0,0094	1,0095	3,0284	4,6875
15,0	3,2432	0,1030	0,2618	0,0041	0,0135	1,0136	3,0409	4,6250
17,5	3,8356	0,1198	0,3054	0,0049	0,0184	1,0186	3,0557	4,5625
20,0	4,4444	0,1366	0,3491	0,0056	0,0240	1,0243	3,0729	4,5000
22,5	5,0704	0,1533	0,3927	0,0063	0,0303	1,0308	3,0924	4,4375
25,0	5,7143	0,1699	0,4363	0,0071	0,0374	1,0381	3,1143	4,3750
27,5	6,3768	0,1865	0,4800	0,0078	0,0452	1,0462	3,1386	4,3125
30,0	7,0588	0,2029	0,5236	0,0085	0,0536	1,0551	3,1653	4,2500
32,5	7,7612	0,2193	0,5672	0,0092	0,0629	1,0649	3,1946	4,1875
35,0	8,4848	0,2356	0,6109	0,0099	0,0728	1,0755	3,2265	4,1250
37,5	9,2308	0,2518	0,6545	0,0106	0,0834	1,0870	3,2610	4,0625
40,0	10,0000	0,2679	0,6981	0,0113	0,0948	1,0994	3,2982	4,0000
42,5	10,7937	0,2840	0,7418	0,0120	0,1068	1,1127	3,3381	3,9375
45,0	11,6129	0,2999	0,7854	0,0127	0,1195	1,1270	3,3809	3,8750
47,5	12,4590	0,3157	0,8290	0,0134	0,1330	1,1422	3,4266	3,8125
50,0	13,3333	0,3314	0,8727	0,0141	0,1471	1,1584	3,4753	3,7500
52,5	14,2373	0,3469	0,9163	0,0148	0,1619	1,1757	3,5272	3,6875
55,0	15,1724	0,3623	0,9599	0,0155	0,1774	1,1940	3,5821	3,6250
57,5	16,1404	0,3775	1,0036	0,0161	0,1935	1,2135	3,6404	3,5625
60,0	17,1429	0,3925	1,0472	0,0168	0,2103	1,2340	3,7021	3,5000
62,5	18,1818	0,4073	1,0908	0,0174	0,2277	1,2558	3,7673	3,4375
65,0	19,2593	0,4218	1,1345	0,0181	0,2458	1,2787	3,8360	3,3750
67,5	20,3774	0,4361	1,1781	0,0187	0,2645	1,3028	3,9085	3,3125
70,0	21,5385	0,4501	1,2217	0,0193	0,2839	1,3283	3,9848	3,2500
72,5	22,7451	0,4637	1,2654	0,0199	0,3038	1,3550	4,0650	3,1875
75,0	24,0000	0,4770	1,3090	0,0205	0,3243	1,3831	4,1493	3,1250
77,5	25,3061	0,4898	1,3526	0,0211	0,3454	1,4126	4,2378	3,0625
80,0	26,6667	0,5022	1,3963	0,0216	0,3671	1,4435	4,3305	3,0000
82,5	28,0851	0,5141	1,4399	0,0222	0,3892	1,4759	4,4276	2,9375
85,0	29,5652	0,5254	1,4835	0,0227	0,4119	1,5097	4,5291	2,8750
87,5	31,1111	0,5361	1,5272	0,0232	0,4351	1,5451	4,6352	2,8125
90,0	32,7273	0,5460	1,5708	0,0236	0,4587	1,5820	4,7460	2,7500
92,5	34,4186	0,5552	1,6144	0,0240	0,4827	1,6205	4,8614	2,6875
95,0	36,1905	0,5636	1,6581	0,0244	0,5071	1,6605	4,9815	2,6250
97,5	38,0488	0,5710	1,7017	0,0248	0,5319	1,7021	5,1063	2,5625
100,0	40,0000	0,5774	1,7453	0,0251	0,5569	1,7453	5,2359	2,5000
102,5	42,0513	0,5826	1,7890	0,0253	0,5822	1,7900	5,3701	2,4375
105,0	44,2105	0,5866	1,8326	0,0255	0,6077	1,8363	5,5088	2,3750
107,5	46,4865	0,5892	1,8762	0,0257	0,6334	1,8840	5,6519	2,3125
110,0	48,8889	0,5904	1,9199	0,0257	0,6591	1,9331	5,7993	2,2500
112,5	51,4286	0,5899	1,9635	0,0257	0,6849	1,9835	5,9505	2,1875
115,0	54,1176	0,5877	2,0071	0,0257	0,7106	2,0351	6,1054	2,1250

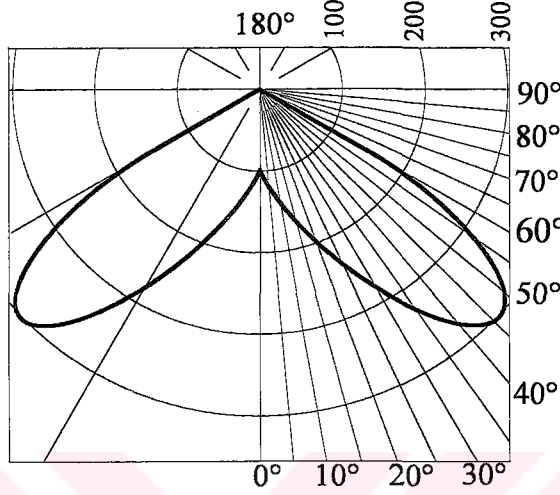
117,5	56,9697	0,5835	2,0508	0,0256	0,7361	2,0878	6,2634	2,0625
120,0	60,0000	0,5774	2,0944	0,0253	0,7614	2,1413	6,4240	2,0000



Şekil 7.13  $\alpha/\beta=5'$  ten  $2'$  ye düzgün değişen koşul için grafik bütünleşme ile oluşturulan genel yansıtıcı

### 7.3 Işığın Yansıtıcı Yüze Geliş ve Yansıma Doğrultularının Aygıt Ekseni ile Yaptıkları Açılar Arasındaki Oranın Gelişigüzel Olduğu Durum

Işığın yansıtıcıya geliş ve yansıma doğrultusunun aygıt ekseni ile yaptığı açılar arasındaki oranın yansıtıcı kesitinde gelişigüzel değiştiği durum için Şekil 7.14' te verilen aygıt ışık yeğnlik eğrisi veri olarak alınmıştır.



Şekil 7.14 Elde edilmek istenen aydınlatma aygıtı ışık yeğnlik eğrisi

### 7.3.1 Grafikler Aracılığı ile $\alpha/\beta$ Oranının Gelişigüzel Olduğu Durum İçin Yansıtıcı Tasarımı

Çizelge 7.17  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu durum için aygıt ışık yeğnlik eğrisinde ayrılan bölgelerin özellikleri

Bölge no	Bölge açıları	Bölgenin orta noktasındaki ışık yeğnliği ( $I_v$ , cd)	Bölge çarpanı ( $\Omega_v$ , steradyan)	Bölge ışık akısı ( $\Phi_{vg}$ , lm)
1	0-5	108,8643	0,0239	3
2	5-10	129,8513	0,0716	9
3	10-15	153,7929	0,1186	18
4	15-20	182,1481	0,1648	30
5	20-25	216,2181	0,2098	45
6	25-30	256,9093	0,2531	65
7	30-35	303,7286	0,2945	89
8	35-40	352,4636	0,3337	118
9	40-45	391,4944	0,3703	145
10	45-50	400,1332	0,4041	162
11	50-55	357,5064	0,4349	155
12	55-60	260,108	0,4623	120
( $\Sigma\Phi_{vg}$ ) TOPLAM:				960,0

Çizelge 7.18 Kullanılan ışık kaynağının ışık yeğirlik eğrisinde ayrılan bölgelerin özellikleri

Bölge no	Bölge açıları	Bölgenin orta noktasındaki ışık yeğirliği ( $I_L$ , cd)	Bölge çarpanı ( $\Omega_L$ , steradyan)	Bölge ışık akısı ( $\Phi_L$ , lm)
1	0-5	79,6	0,0239	1,9
2	5-10	79,6	0,0716	5,7
3	10-15	79,6	0,1186	9,4
4	15-20	79,6	0,1648	13,1
5	20-25	79,6	0,2098	16,7
6	25-30	79,6	0,2531	20,1
7	30-35	79,6	0,2945	23,4
8	35-40	79,6	0,3337	26,6
9	40-45	79,6	0,3703	29,5
10	45-50	79,6	0,4041	32,2
11	50-55	79,6	0,4349	34,6
12	55-60	79,6	0,4623	36,8
13	60-65	79,6	0,4862	38,7
14	65-70	79,6	0,5064	40,3
15	70-75	79,6	0,5228	41,6
16	75-80	79,6	0,5351	42,6
17	80-85	79,6	0,5435	43,3
18	85-90	79,6	0,5476	43,6
19	90-95	79,6	0,5476	43,6
20	95-100	79,6	0,5434	43,2
21	100-105	79,6	0,5352	42,6
22	105-110	79,6	0,5228	41,6
23	110-115	79,6	0,5064	40,3
24	115-120	79,6	0,4862	38,7
25	120-125	79,6	0,4623	36,8
26	125-130	79,6	0,4348	34,6
27	130-135	79,6	0,4042	32,2
28	135-140	79,6	0,3703	29,5
29	140-145	79,6	0,3337	26,6
30	145-150	79,6	0,2945	23,4
31	150-155	79,6	0,2531	20,1
32	155-160	79,6	0,2097	16,7
33	160-165	79,6	0,1649	13,1
34	165-170	79,6	0,1186	9,4
35	170-175	79,6	0,0716	5,7
36	175-180	79,6	0,0239	1,9
( $\Sigma\Phi_L$ ) TOPLAM:				1000,00

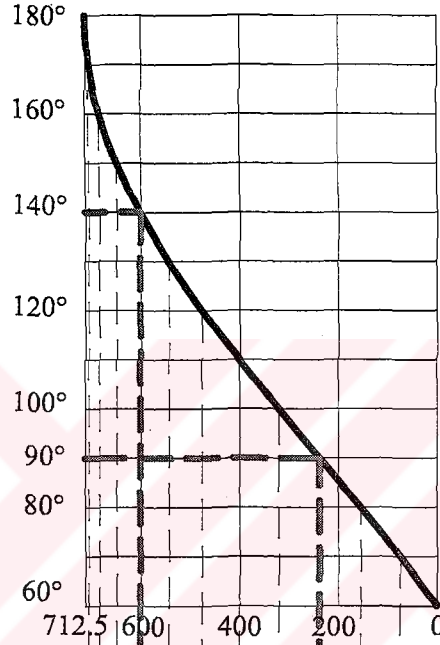
Çizelge 7.19 Aydınlatma aygıtından çıkması gereken yansımış ve dolaysız ışık akıları

Bölge no	Bölge açıları	Aygıttan çıkması gereken düzeltilmiş ışık akısı ( $\Phi_{yg\ düz}$ )	Aygıttan çıkan dolaysız ışık akısı ( $\Phi_{Ld}$ )	Yansıtıcıdan yansımaları gereken ışık akısı ( $\text{lm}$ )
1	0-5	2,6	1,9	0,7
2	5-10	9,3	5,7	3,6
3	10-15	18,3	9,4	8,8
4	15-20	30,1	13,1	17,0
5	20-25	45,5	16,7	28,8
6	25-30	65,2	20,1	45,1
7	30-35	89,7	23,4	66,2
8	35-40	117,9	26,6	91,4
9	40-45	145,3	29,5	115,9
10	45-50	162,1	32,2	130,0
11	50-55	155,9	34,6	121,3
12	55-60	120,6	36,8	83,8
TOPLAM:		962,5	250,0	712,5

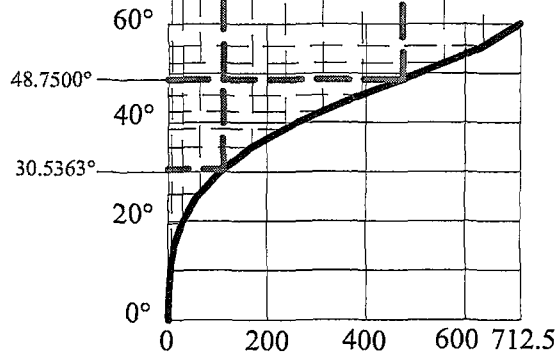
Çizelge 7.20 Kümülatif/Toplam ışık akısı değerleri

Bölge no	Bölge açıları	Aygıt eksenine (0°) ile olan açı	Yansımaları gereken kümülatif ışık akısı	Yansıyan ışık akısı ( $\text{lm}$ )	Yansıyan kümülatif ışık akısı
1	0-5	0-5	0,7		
2	5-10	0-10	4,3		
3	10-15	0-15	13,2		
4	15-20	0-20	30,2		
5	20-25	0-25	58,9		
6	25-30	0-30	104,0		
7	30-35	0-35	170,2		
8	35-40	0-40	261,6		
9	40-45	0-45	377,5		
10	45-50	0-50	507,5		
11	50-55	0-55	628,7		
12	55-60	0-60	712,5		
13	60-65	0-65		36,8	36,8
14	65-70	0-70		38,3	75,0
15	70-75	0-75		39,5	114,6
16	75-80	0-80		40,5	155,0
17	80-85	0-85		41,1	196,1
18	85-90	0-90		41,4	237,5
19	90-95	0-95		41,4	278,9
20	95-100	0-100		41,1	320,0
21	100-105	0-105		40,5	360,4
22	105-110	0-110		39,5	400,0
23	110-115	0-115		38,3	438,2
24	115-120	0-120		36,8	475,0
25	120-125	0-125		34,9	509,9
26	125-130	0-130		32,9	542,8
27	130-135	0-135		30,6	573,4

28	135-140	0-140		28,0	601,4
29	140-145	0-145		25,2	626,6
30	145-150	0-150		22,3	648,9
31	150-155	0-155		19,1	668,0
32	155-160	0-160		15,9	683,8
33	160-165	0-165		12,5	696,3
34	165-170	0-170		9,0	705,3
35	170-175	0-175		5,4	710,7
36	175-180	0-180		1,8	712,5



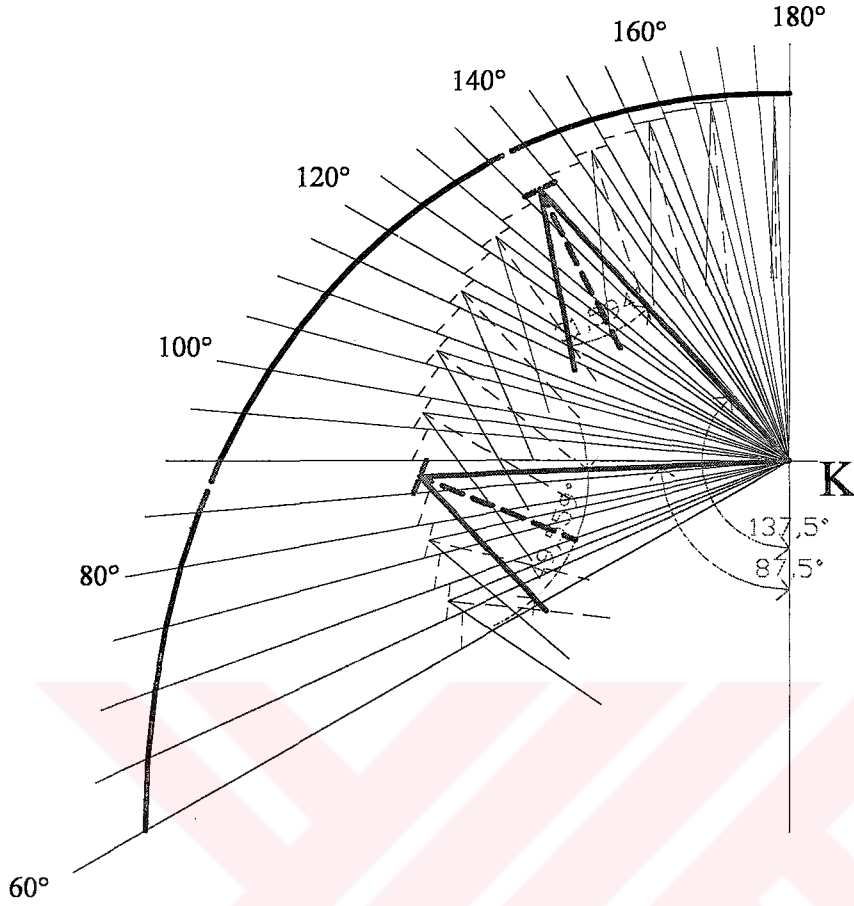
Şekil 7.15b Lambanın yansıtıcı yüzeye gönderdiği ışığa ilişkin grafik



Şekil 7.15a Yansıtıcıdan yansıyan ışığa ilişkin grafik

Çizelge 7.21 Yansıtıcı parçalarının sınırlarını belirten açıl değerler

Yansıtıcıyı oluşturan yansıtıcı parçalarının sınırlarını belirleyen açılar (derece)	Yansıtıcı parçalarından yansıyan ışıkların yöneldikleri doğrultuların sınırlarını gösteren açılar (derece)	Yansıyan ışıkların yöneldikleri bölgelerin orta doğrultu açıları (derece)
180-175	0,0000-6,5278	3,2639
175-170	6,5278-11,6292	9,0785
170-165	11,6292-15,8824	13,7558
165-160	15,8824-19,5588	17,7206
160-155	19,5588-22,4913	21,0251
155-150	22,4913-25,5211	24,0062
150-145	25,5211-27,9933	26,7572
145-140	27,9933-30,5363	29,2648
<b>140-135</b>	<b>30,5363-32,6511</b>	<b>31,5937</b>
135-130	32,6511-34,9622	33,8067
130-125	34,9622-36,7724	35,8673
125-120	36,7724-38,6816	37,7270
120-115	38,6816-40,5479	39,6148
115-110	40,5479-42,1959	41,3719
110-105	42,1959-43,9042	43,0501
105-100	43,9042-45,5769	44,7406
100-95	45,5769-47,1577	46,3673
95-90	47,1577-48,7500	47,9539
<b>90-85</b>	<b>48,7500-50,3672</b>	<b>49,5586</b>
85-80	50,3672-52,0627	51,2150
80-75	52,0627-53,7294	52,8961
75-70	53,7294-55,5251	54,6273
70-65	55,5251-57,8043	56,6647
65-60	57,8043-60,0000	58,9022



Şekil 7.16  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu durum için grafikler aracılığı ile belirlenen yansıtıcı

### 7.3.2 Hesaplama Yolu ile Yansıtıcı Tasarımı

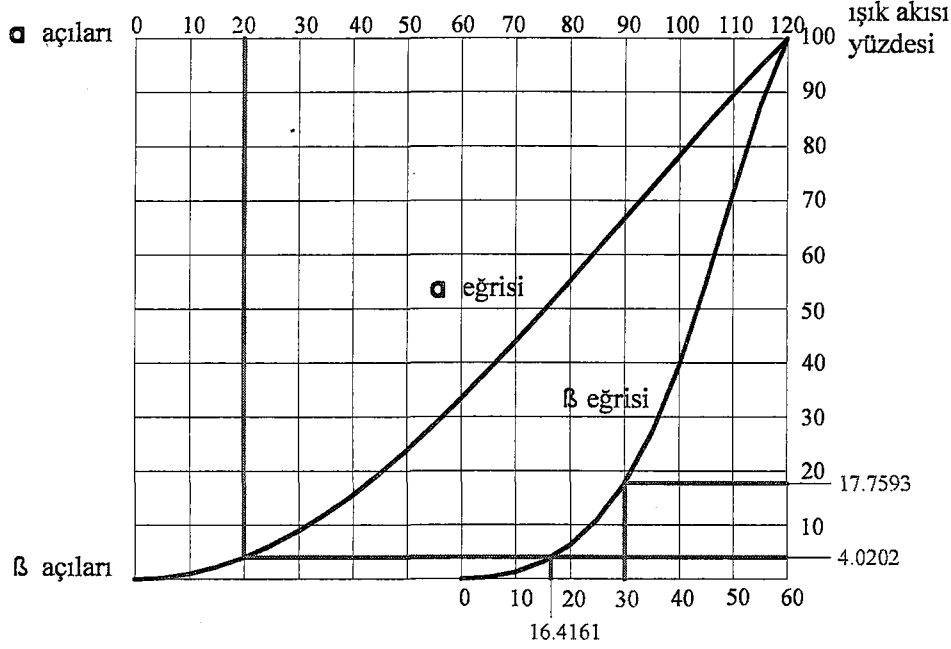
Işığın yansıtıcıya geliş ve yansıma doğrultuları arasındaki oranın yansıtıcı kesiti boyunca gelişigüzel değiştiği durumda, aygıt ışık yeğnlik eğrisinden yararlanarak, hesaplama yolu ile yansıtıcı biçimini belirleyebilmek için, ışığın yansıtıcıya geliş doğrultusunun aygıt eksenine ile yaptığı her  $\alpha$  açısı için  $\beta$  açısı değerinin saptanması gerekir.  $\beta$  açısının belirlenmesinde, 6.3 bölümünde anlatıldığı biçimde, ızgara biçiminde bir grafik alanı oluşturulmuştur (Şekil 7.17). Bu grafikten yararlanarak her  $\alpha$  açısına karşılık gelen  $\beta$  açısı 6.3 bölümünde yapılan açıklamalar doğrultusunda saptanmıştır.  $\alpha$  açıları ve  $\alpha$  açılara karşılık gelen  $\beta$  açıları 6.4 numaralı eşitliğe yerleştirilerek yansıtıcı kesitinde ayrılmış olan her bölge için, ışık kaynağı merkezi ile yansıtıcı arasındaki  $r$  uzaklıkları hesaplanmıştır. Bu işlem yapılırken, 6.4 numaralı eşitliğe her  $\alpha$  değeri için hesaplanmış olan  $\beta$  açısı değerinin ayrı ayrı yerleştirilmesi gerekmiştir.

Çizelge 7.22  $\alpha$  açılarının karşılığı olan hacim açıları içindeki ışık akıları yüzdeleri

$\alpha$ açıları	Kümülatif hacim açıları (str)	hacim açıları içindeki kümülatif ışık akısı (%)
0	0,0000	0,0000
5	0,0239	0,2536
10	0,0955	1,0133
15	0,2141	2,2717
20	0,3789	4,0202
25	0,5887	6,2463
30	0,8418	8,9318
35	1,1363	12,0565
40	1,4700	15,5971
45	1,8403	19,5261
50	2,2444	23,8138
55	2,6793	28,4282
60	3,1416	33,3333
65	3,6278	38,4921
70	4,1342	43,8651
75	4,6570	49,4122
80	5,1921	55,0898
85	5,7356	60,8565
90	6,2832	66,6667
95	6,8308	72,4769
100	7,3742	78,2425
105	7,9094	83,9211
110	8,4322	89,4682
115	8,9386	94,8413
120	9,4248	100,0000

Çizelge 7.23  $\beta$  açılarının karşılığı olan hacim açıları içindeki ışık akısı yüzdeleri

$\beta$ açısı bölgeleri (derece)	Ortalama Doğrultu (derece)	Hacim açısı (bölge çarpanı, str)	Bölgenin orta doğrultusundaki ışık yeğirliği (I, cd)	Bölge ışık akısı	Kümülatif ışık akısı	Kümülatif ışık akısı (%)
0-5	2,5	0,0239	20,3318	0,49	0,4859	0,2707
5-10	7,5	0,0716	24,2514	1,74	2,2223	1,2380
10-15	12,5	0,1186	28,7228	3,41	5,6289	3,1357
15-20	17,5	0,1648	34,0185	5,61	11,2351	6,2588
20-25	22,5	0,2098	40,3815	8,47	19,7071	10,9783
25-30	27,5	0,2531	48,0936	12,17	31,8796	17,7593
30-35	32,5	0,2945	56,7252	16,71	48,5852	27,0655
35-40	37,5	0,3370	65,8271	22,18	70,7689	39,4234
40-45	42,5	0,3703	73,1166	27,08	97,8440	54,5062
45-50	47,5	0,4041	74,7300	30,20	128,0424	71,3289
50-55	52,5	0,4349	66,7689	29,04	157,0802	87,5050
55-60	57,5	0,4623	48,5176	22,43	179,5099	100,0000

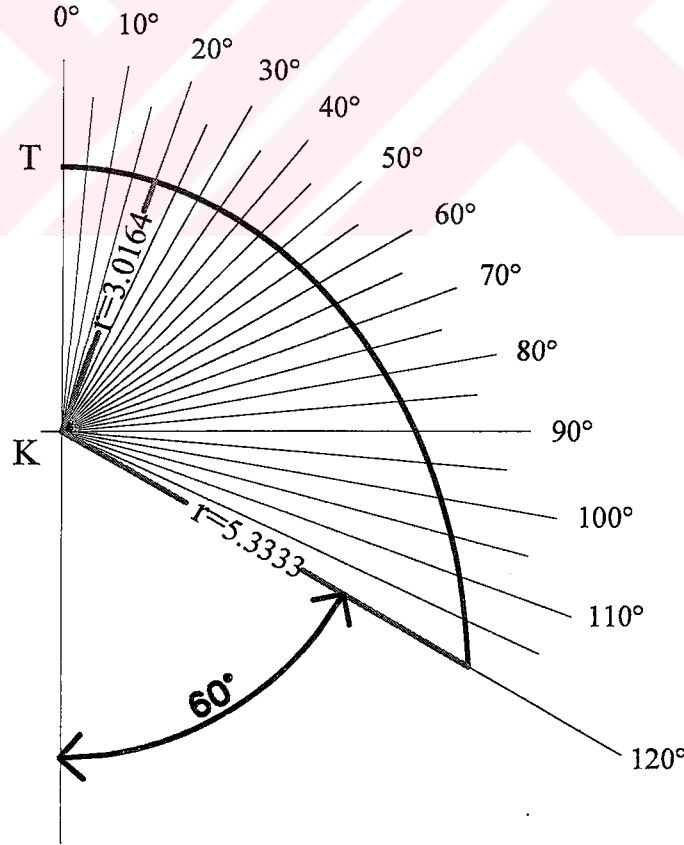


Şekil 7.17  $\alpha$  ve  $\beta$  açılarna ilişkin eğriler ile ışık akısı yüzdesini gösteren grafik

Çizelge 7.24  $\alpha$  açısına bağlı olarak bulunan r değerleri

Işığın yansıtıcı yüzeye geliş doğrultusunun aygıt eksenine ile yaptığı açı ( $\alpha$ , derece)	Işığın yansımaya doğrultusunun aygıt eksenine ile yaptığı açı ( $\beta$ , derece)	Işık kaynağı merkezi ile yansıtıcı arasındaki uzaklık (r, cm)
0,0	0,0000	3,0000
2,5	2,3481	3,0001
5,0	4,6963	3,0003
7,5	6,8773	3,0011
10,0	8,8394	3,0027
12,5	11,0658	3,0041
15,0	12,7236	3,0078
17,5	15,0000	3,0100
20,0	16,4161	3,0164
22,5	18,1980	3,0222
25,0	19,9800	3,0288
27,5	21,4084	3,0385
30,0	22,8300	3,0496
32,5	24,4861	3,0601
35,0	25,7950	3,0746
37,5	27,1004	3,0906
40,0	28,4057	3,1080
42,5	29,8542	3,1256
45,0	30,9493	3,1484
47,5	32,1011	3,1724
50,0	33,2529	3,1983
52,5	34,4925	3,2249
55,0	35,5513	3,2559
57,5	36,5436	3,2900
60,0	37,5359	3,3265

62,5	38,5796	3,3646
65,0	39,6232	3,4051
67,5	40,5819	3,4497
70,0	41,4724	3,4983
72,5	42,3915	3,5495
75,0	43,3106	3,6037
77,5	44,2520	3,6607
80,0	45,1735	3,7215
82,5	46,0304	3,7875
85,0	46,8874	3,8575
87,5	47,7509	3,9313
90,0	48,6143	4,0095
92,5	49,4778	4,0922
95,0	50,3548	4,1792
97,5	51,2459	4,2708
100,0	52,1370	4,3677
102,5	53,0146	4,4706
105,0	53,8922	4,5795
107,5	54,7495	4,6956
110,0	55,7856	4,8105
112,5	56,8606	4,9298
115,0	57,9357	5,0556
117,5	58,9678	5,1907
120,0	60,0000	5,3333



Şekil 7.18  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu durum için hesaplama yolu ile belirlenen yansıtıcı

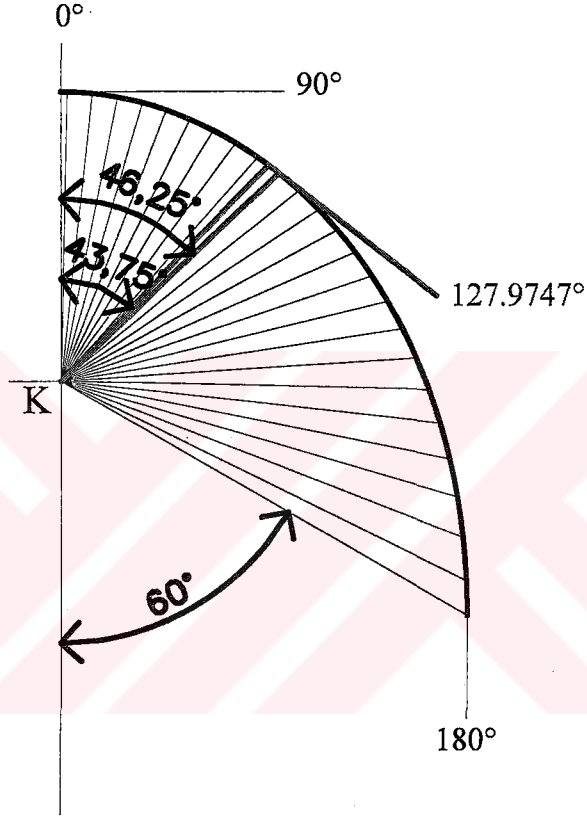
### 7.3.3 Grafik Yapım ile Yansıtıcı Tasarımı

$\alpha$  ve  $\beta$  arasındaki oranın gelişigüzel olduğu durumda, her  $\alpha$  açısının karşılığı olan  $\beta$  açısını bulabilmek için, yaklaşımı “6.3. bölümü, 4. adım” da açıklanan ve uygulaması “7.3.2. bölümü” nde yapılan işlemler uygulanmıştır (Çizelge 7.22 ve 7.23, Şekil 7.17).

Çizelge 7.25  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu duruma göre oluşturulan yansıtıcıyı belirleyen açısal büyüklükler

$\alpha$ (derece)	$\beta$ (derece)	$(\alpha+\beta)/2$ (derece)	Yansıtıcı Parçalarının Eğim Açıları (derece)	Ortalama $\alpha$ Açıları (derece)
0,0	0,0000	0,0000	90,0000	1,25
2,5	2,3481	2,4241	92,4241	3,75
5,0	4,6963	4,8482	94,8482	6,25
7,5	6,8773	7,1887	97,1887	8,75
10,0	8,8394	9,4197	99,4197	11,25
12,5	11,0658	11,7829	101,7829	13,75
15,0	12,7236	13,8618	103,8618	16,25
17,5	15,0000	16,2500	106,2500	18,75
20,0	16,4161	18,2081	108,2081	21,25
22,5	18,1980	20,3490	110,3490	23,75
25,0	19,9800	22,4900	112,4900	26,25
27,5	21,4084	24,4542	114,4542	28,75
30,0	22,8300	26,4150	116,4150	31,25
32,5	24,4861	28,4931	118,4931	33,75
35,0	25,7950	30,3975	120,3975	36,25
37,5	27,1004	32,3002	122,3002	38,75
40,0	28,4057	34,2029	124,2029	41,25
42,5	29,8542	36,1771	126,1771	43,75
45,0	30,9493	37,9747	127,9747	46,25
47,5	32,1011	39,8006	129,8006	48,75
50,0	33,2529	41,6265	131,6265	51,25
52,5	34,4925	43,4963	133,4963	53,75
55,0	35,5513	45,2757	135,2757	56,25
57,5	36,5436	47,0218	137,0218	58,75
60,0	37,5359	48,7680	138,7680	61,25
62,5	38,5796	50,5398	140,5398	63,75
65,0	39,6232	52,3116	142,3116	66,25
67,5	40,5819	54,0410	144,0410	68,75
70,0	41,4724	55,7362	145,7362	71,25
72,5	42,3915	57,4458	147,4458	73,75
75,0	43,3106	59,1553	149,1553	76,25
77,5	44,2520	60,8760	150,8760	78,75
80,0	45,1735	62,5868	152,5868	81,25
82,5	46,0304	64,2652	154,2652	83,75
85,0	46,8874	65,9437	155,9437	86,25
87,5	47,7509	67,6255	157,6255	88,75
90,0	48,6143	69,3072	159,3072	91,25
92,5	49,4778	70,9889	160,9889	93,75
95,0	50,3548	72,6774	162,6774	96,25

97,5	51,2459	74,3730	164,3730	98,75
100,0	52,1370	76,0685	166,0685	101,25
102,5	53,0146	77,7573	167,7573	103,75
105,0	53,8922	79,4461	169,4461	106,25
107,5	54,7495	81,1248	171,1248	108,75
110,0	55,7856	82,8928	172,8928	111,25
112,5	56,8606	84,6803	174,6803	113,75
115,0	57,9357	86,4679	176,4679	116,25
117,5	58,9678	88,2339	178,2339	118,75
120,0	60,0000	90,0000	180,0000	-



Şekil 7.19  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu koşul için grafik yapım ile oluşturulan genel yansıtıcı

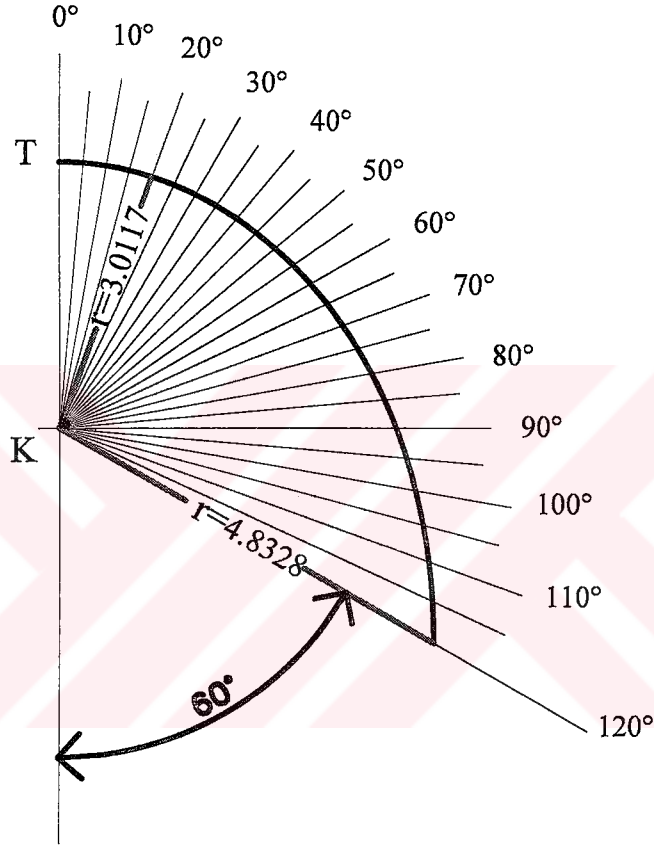
### 7.3.4 Grafik Bütünleşme ile Yansıtıcı Tasarımı

$\alpha$  ve  $\beta$  arasındaki oranın gelişigüzel olduğu durumda, grafik bütünleşme ile yansıtıcı tasarımı yapabilmek için, her  $\alpha$  açısının karşılığı olan  $\beta$  açısı, yaklaşımı “6.3 bölümü, 4. adım” da açıklanan ve uygulaması “7.3.2 bölümü” nde yapılan işlemler uygulanmıştır.

Çizelge 7.26  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu duruma göre oluşturulan yansıtıcıyı belirleyen büyüklükler

$\alpha$ (derece)	$\beta$ (derece)	$\tan((\alpha - \beta)/2)$	$\alpha$ (radyan)	$\ln r/f$	$\sum \ln r/f$	$r/f$	$r$ (cm)
0,0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	3,0000
2,5	2,3481	0,0013	0,0436	0,0000	0,0000	1,0000	3,0001
5,0	4,6963	0,0027	0,0873	0,0001	0,0001	1,0001	3,0003
7,5	6,8773	0,0054	0,1309	0,0002	0,0003	1,0003	3,0009
10,0	8,8394	0,0101	0,1745	0,0003	0,0006	1,0006	3,0019
12,5	11,0658	0,0125	0,2182	0,0005	0,0011	1,0011	3,0034
15,0	12,7236	0,0199	0,2618	0,0007	0,0018	1,0018	3,0055
17,5	15,0000	0,0218	0,3054	0,0009	0,0027	1,0027	3,0082
<b>20,0</b>	<b>16,4161</b>	<b>0,0313</b>	<b>0,3491</b>	<b>0,0012</b>	<b>0,0039</b>	<b>1,0039</b>	<b>3,0117</b>
22,5	18,1980	0,0376	0,3927	0,0015	0,0054	1,0054	3,0163
25,0	19,9800	0,0438	0,4363	0,0018	0,0072	1,0072	3,0216
27,5	21,4084	0,0532	0,4800	0,0021	0,0093	1,0093	3,0280
30,0	22,8300	0,0627	0,5236	0,0025	0,0118	1,0119	3,0357
32,5	24,4861	0,0700	0,5672	0,0029	0,0147	1,0148	3,0445
35,0	25,7950	0,0805	0,6109	0,0033	0,0180	1,0182	3,0545
37,5	27,1004	0,0910	0,6545	0,0037	0,0217	1,0220	3,0659
40,0	28,4057	0,1015	0,6981	0,0042	0,0259	1,0263	3,0789
42,5	29,8542	0,1108	0,7418	0,0046	0,0306	1,0310	3,0931
45,0	30,9493	0,1232	0,7854	0,0051	0,0357	1,0363	3,1090
47,5	32,1011	0,1352	0,8290	0,0056	0,0413	1,0422	3,1266
50,0	33,2529	0,1472	0,8727	0,0062	0,0475	1,0486	3,1459
52,5	34,4925	0,1585	0,9163	0,0067	0,0541	1,0556	3,1669
55,0	35,5513	0,1714	0,9599	0,0072	0,0613	1,0633	3,1898
57,5	36,5436	0,1849	1,0036	0,0078	0,0691	1,0716	3,2147
60,0	37,5359	0,1986	1,0472	0,0084	0,0775	1,0806	3,2417
62,5	38,5796	0,2118	1,0908	0,0090	0,0864	1,0903	3,2709
65,0	39,6232	0,2251	1,1345	0,0095	0,0960	1,1007	3,3022
67,5	40,5819	0,2393	1,1781	0,0101	0,1061	1,1119	3,3358
70,0	41,4724	0,2542	1,2217	0,0108	0,1169	1,1240	3,3719
72,5	42,3915	0,2690	1,2654	0,0114	0,1283	1,1369	3,4106
75,0	43,3106	0,2838	1,3090	0,0121	0,1403	1,1507	3,4520
77,5	44,2520	0,2986	1,3526	0,0127	0,1531	1,1654	3,4962
80,0	45,1735	0,3136	1,3963	0,0134	0,1664	1,1811	3,5432
82,5	46,0304	0,3295	1,4399	0,0140	0,1804	1,1977	3,5932
85,0	46,8874	0,3454	1,4835	0,0147	0,1952	1,2155	3,6465
87,5	47,7509	0,3615	1,5272	0,0154	0,2106	1,2344	3,7032
90,0	48,6143	0,3777	1,5708	0,0161	0,2267	1,2545	3,7634
92,5	49,4778	0,3941	1,6144	0,0168	0,2436	1,2758	3,8273
95,0	50,3548	0,4106	1,6581	0,0176	0,2611	1,2984	3,8951
97,5	51,2459	0,4271	1,7017	0,0183	0,2794	1,3223	3,9669

100,0	52,1370	0,4438	1,7453	0,0190	0,2984	1,3477	4,0430
102,5	53,0146	0,4609	1,7890	0,0197	0,3181	1,3745	4,1236
105,0	53,8922	0,4781	1,8326	0,0205	0,3386	1,4030	4,2090
107,5	54,7495	0,4959	1,8762	0,0212	0,3599	1,4331	4,2994
110,0	55,7856	0,5119	1,9199	0,0220	0,3818	1,4650	4,3949
112,5	56,8606	0,5277	1,9635	0,0227	0,4045	1,4986	4,4958
115,0	57,9357	0,5437	2,0071	0,0234	0,4279	1,5340	4,6021
117,5	58,9678	0,5604	2,0508	0,0241	0,4520	1,5714	4,7143
120,0	60,0000	0,5774	2,0944	0,0248	0,4768	1,6109	4,8328

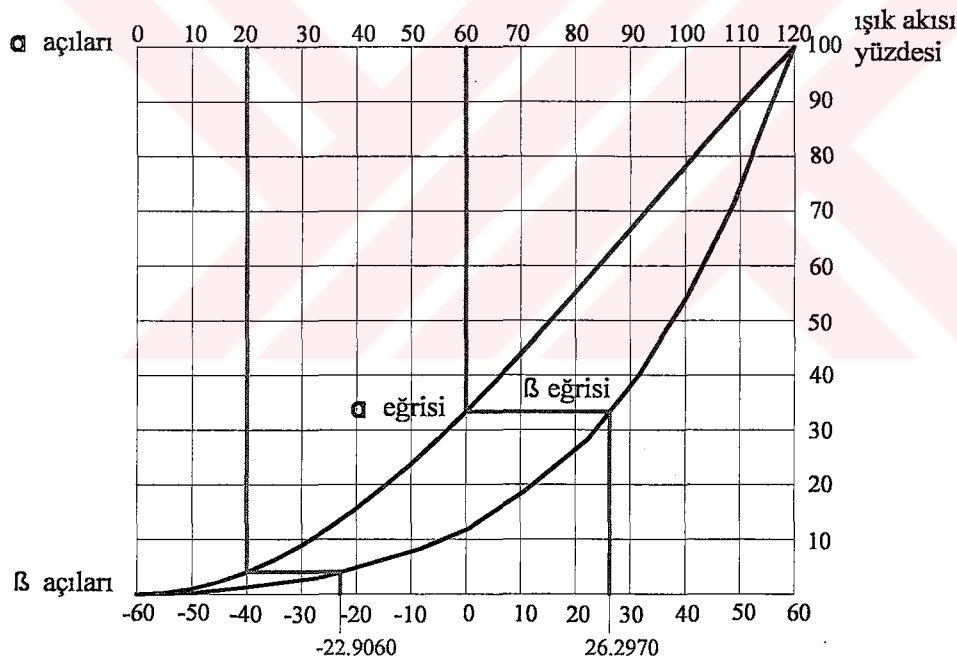


Şekil 7.20  $\alpha/\beta$  oranının genişgüzel olduğu koşul için grafik bütünleşme ile oluşturulan genel yansıtıcı

#### 7.4 Işığın Yansıtıcı Yüze Geliş ve Yansıma Doğrultularının Aygıt Ekseni ile Yaptıkları Açılar Arasındaki Oranın Gelişigüzel Olduğu ve Işığın Yansıma Doğrultusunun Negatif Değerler Aldığı Durum

7.1, 7.2 ve 7.3 bölümlerinde yapılan uygulama örneklerinde ışığın yansıtıcı yüzeyden yansıdığı doğrultunun aygıt ekseni ile yaptığı açı ( $\beta$  açısı) pozitif/artı değerlidir. Bir başka deyişle, ışık yansıtıcı yüzeyden yansıdıktan sonra aygıt eksenine yaklaşan doğrultuya yönelmektedir.

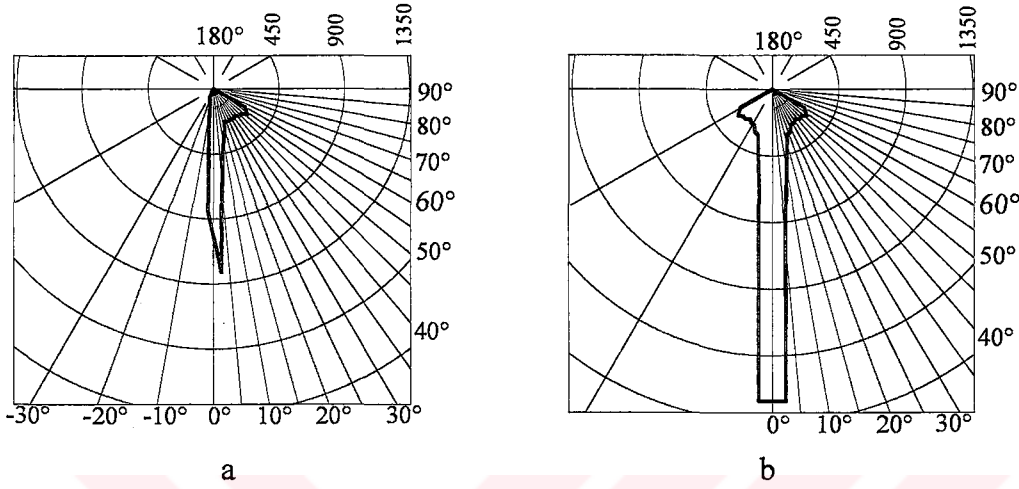
Bu bölümde, ışığın yansıtıcı yüze geliş ve yansıma doğrultusunun aygıt ekseni ile yaptığı açılar arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ), 7.3 bölümündekine benzer biçimde, gelişigüzel olduğu ve buna ek olarak ışığın yansıma doğrultusunun negatif değerler de aldığı durum (yansıtıcıdan yansıyan ışığın aygıt ekseninden uzaklaşan doğrultuya yöneldiği durum) dört ayrı yaklaşımla incelenmiş ve yansıtıcılar oluşturulmuştur. Söz konusu bölümde, 7.1, 7.2 ve 7.3 bölümlerinden farklı olarak, aydınlatma aygıtı ışık yeğinlik eğrisi yerine,  $\alpha$  ve  $\beta$  açılarından oluşan  $\alpha$  ve  $\beta$  eğrileri grafiğinin veri alınması gerekmiştir.



Şekil 7.21 Işığın geliş ve yansıma açıları arasındaki oranın gelişigüzel olduğu ve ışığın yansıma doğrultusunun negatif değerler aldığı durum için veri olarak alınan  $\alpha$  ve  $\beta$  eğrileri grafiği

Şekil 7.21' de oluşturulan grafikten yararlanarak, Ek 2' de verilen yol izlenerek aygıt ışık yeğinlik eğrisi bulunmuştur (Şekil 7.22a). Söz konusu grafikten elde edilen aygıt ışık yeğinlik eğrisi Şekil 7.22a olmasına rağmen, Grafikler Aracılığı ile Yansıtıcı Tasarımı' nda aygıt

ekseninin tek tarafındaki değerler kullanılarak işlem yapıldığından, negatif taraftaki ışık yeğinlik değerleri pozitif tarafa eklenerek, Şekil 7.22b' deki aygıt ışık yeğinlik eğrisi oluşturulmuş ve Çizelge 7.27, Şekil 7.22b' de verilen aygıt ışık yeğinlik eğrisine göre oluşturulmuştur.



Şekil 7.22 Elde edilmek istenen aydınlatma aygıtı ışık yeğinlik eğrisi

#### 7.4.1 Grafikler Aracılığı ile Yansıtıcı Tasarımı

Çizelge 7.27  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu durum için aygıt ışık yeğinlik eğrisinde ayrılan bölgelerin özellikleri

Bölge no	Bölge açıları	Bölgenin orta noktasındaki ışık yeğinliği ( $I_y$ , cd)	Bölge çarpanı ( $\Omega_y$ , steradyan)	Bölge ışık akısı ( $\Phi_{y_g}$ , lm)
1	0-5	2109,34	0,0239	50
2	5-10	695,52	0,0716	50
3	10-15	446,39	0,1186	53
4	15-20	324,94	0,1648	54
5	20-25	309,95	0,2098	65
6	25-30	270,56	0,2531	68
7	30-35	268,06	0,2945	79
8	35-40	252,59	0,3337	84
9	40-45	270,27	0,3703	100
10	45-50	267,39	0,4041	108
11	50-55	292,28	0,4349	127
12	55-60	262,30	0,4623	121
( $\Sigma\Phi_{y_g}$ ) TOPLAM:				960,0

Çizelge 7.28 Kullanılan ışık kaynağının ışık yeğnlik eğrisinde ayrılan bölgelerin özellikleri

Bölge no	Bölge açıları	Bölgenin orta noktasındaki ışık yeğnliği ( $I_L$ , cd)	Bölge çarpanı ( $\Omega_L$ , steradyan)	Bölge ışık akısı ( $\Phi_L$ , lm)
1	0-5	79,6	0,0239	1,9
2	5-10	79,6	0,0716	5,7
3	10-15	79,6	0,1186	9,4
4	15-20	79,6	0,1648	13,1
5	20-25	79,6	0,2098	16,7
6	25-30	79,6	0,2531	20,1
7	30-35	79,6	0,2945	23,4
8	35-40	79,6	0,3337	26,6
9	40-45	79,6	0,3703	29,5
10	45-50	79,6	0,4041	32,2
11	50-55	79,6	0,4349	34,6
12	55-60	79,6	0,4623	36,8
13	60-65	79,6	0,4862	38,7
14	65-70	79,6	0,5064	40,3
15	70-75	79,6	0,5228	41,6
16	75-80	79,6	0,5351	42,6
17	80-85	79,6	0,5435	43,3
18	85-90	79,6	0,5476	43,6
19	90-95	79,6	0,5476	43,6
20	95-100	79,6	0,5434	43,2
21	100-105	79,6	0,5352	42,6
22	105-110	79,6	0,5228	41,6
23	110-115	79,6	0,5064	40,3
24	115-120	79,6	0,4862	38,7
25	120-125	79,6	0,4623	36,8
26	125-130	79,6	0,4348	34,6
27	130-135	79,6	0,4042	32,2
28	135-140	79,6	0,3703	29,5
29	140-145	79,6	0,3337	26,6
30	145-150	79,6	0,2945	23,4
31	150-155	79,6	0,2531	20,1
32	155-160	79,6	0,2097	16,7
33	160-165	79,6	0,1649	13,1
34	165-170	79,6	0,1186	9,4
35	170-175	79,6	0,0716	5,7
36	175-180	79,6	0,0239	1,9
( $\Sigma\Phi_L$ ) TOPLAM:				1000,00

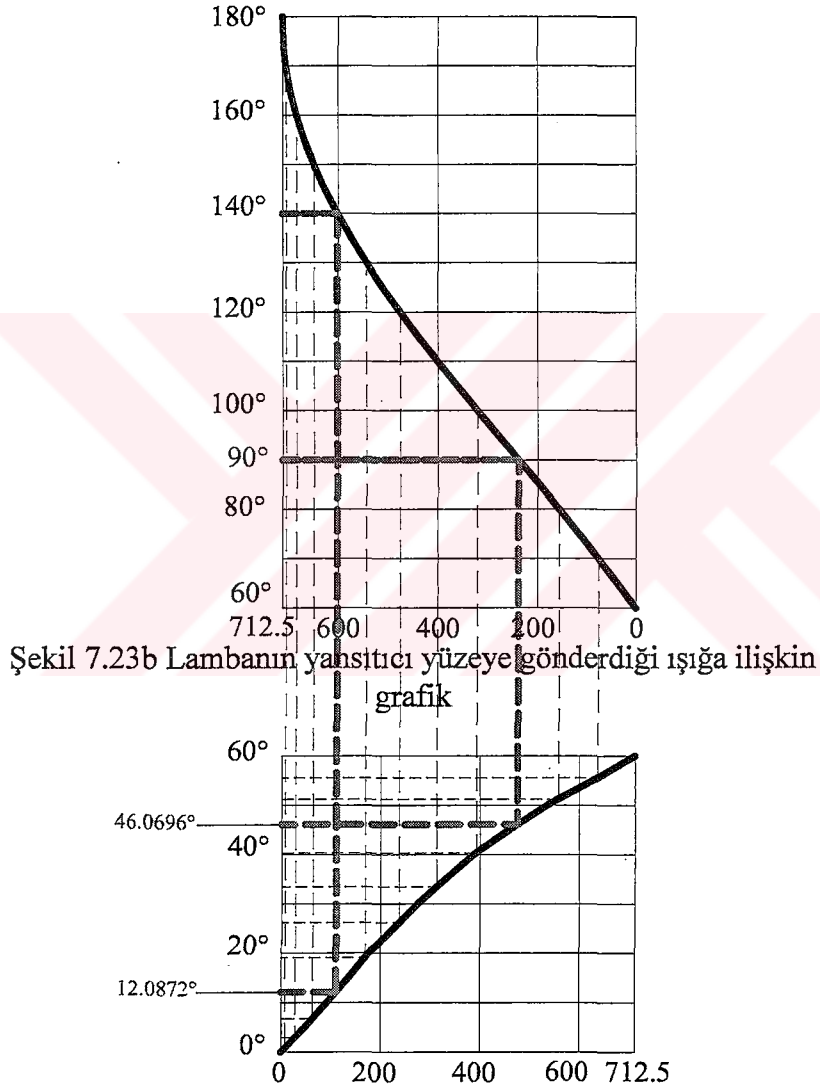
Çizelge 7.29 Aydınlatma aygıtından çıkması gereken yansımış ve dolaysız ışık akıları

Bölge no	Bölge açıları	Aygıttan çıkması gereken düzeltilmiş ışık akısı ( $\Phi_{Yg}$ düz)	Aygıttan çıkan dolaysız ışık akısı ( $\Phi_{Ld}$ )	Yansıtıcıdan yansımaları gereken ışık akısı (lm)
1	0-5	50,5	1,9	48,6
2	5-10	49,9	5,7	44,2
3	10-15	53,1	9,4	43,6
4	15-20	53,7	13,1	40,6
5	20-25	65,2	16,7	48,5
6	25-30	68,7	20,1	48,5
7	30-35	79,2	23,4	55,7
8	35-40	84,5	26,6	58,0
9	40-45	100,3	29,5	70,9
10	45-50	108,3	32,2	76,2
11	50-55	127,4	34,6	92,8
12	55-60	121,6	36,8	84,8
TOPLAM:		962,5	250,0	712,5

Çizelge 7.30 Kümülatif/Toplam ışık akısı değerleri

Bölge no	Bölge açıları	Aygıt eksenine ( $0^\circ$ ) ile olan açı	Yansımaları gereken kümülatif ışık akısı	Yansıyan ışık akısı (lm)	Yansıyan kümülatif ışık akısı
1	0-5	0-5	48,6		
2	5-10	0-10	92,9		
3	10-15	0-15	136,5		
4	15-20	0-20	177,1		
5	20-25	0-25	225,6		
6	25-30	0-30	274,1		
7	30-35	0-35	329,8		
8	35-40	0-40	387,8		
9	40-45	0-45	458,7		
10	45-50	0-50	534,9		
11	50-55	0-55	627,7		
12	55-60	0-60	712,5		
13	60-65	0-65		36,8	36,8
14	65-70	0-70		38,3	75,0
15	70-75	0-75		39,5	114,6
16	75-80	0-80		40,5	155,0
17	80-85	0-85		41,1	196,1
18	85-90	0-90		41,4	237,5
19	90-95	0-95		41,4	278,9
20	95-100	0-100		41,1	320,0
21	100-105	0-105		40,5	360,4
22	105-110	0-110		39,5	400,0
23	110-115	0-115		38,3	438,2
24	115-120	0-120		36,8	475,0
25	120-125	0-125		34,9	509,9
26	125-130	0-130		32,9	542,8
27	130-135	0-135		30,6	573,4

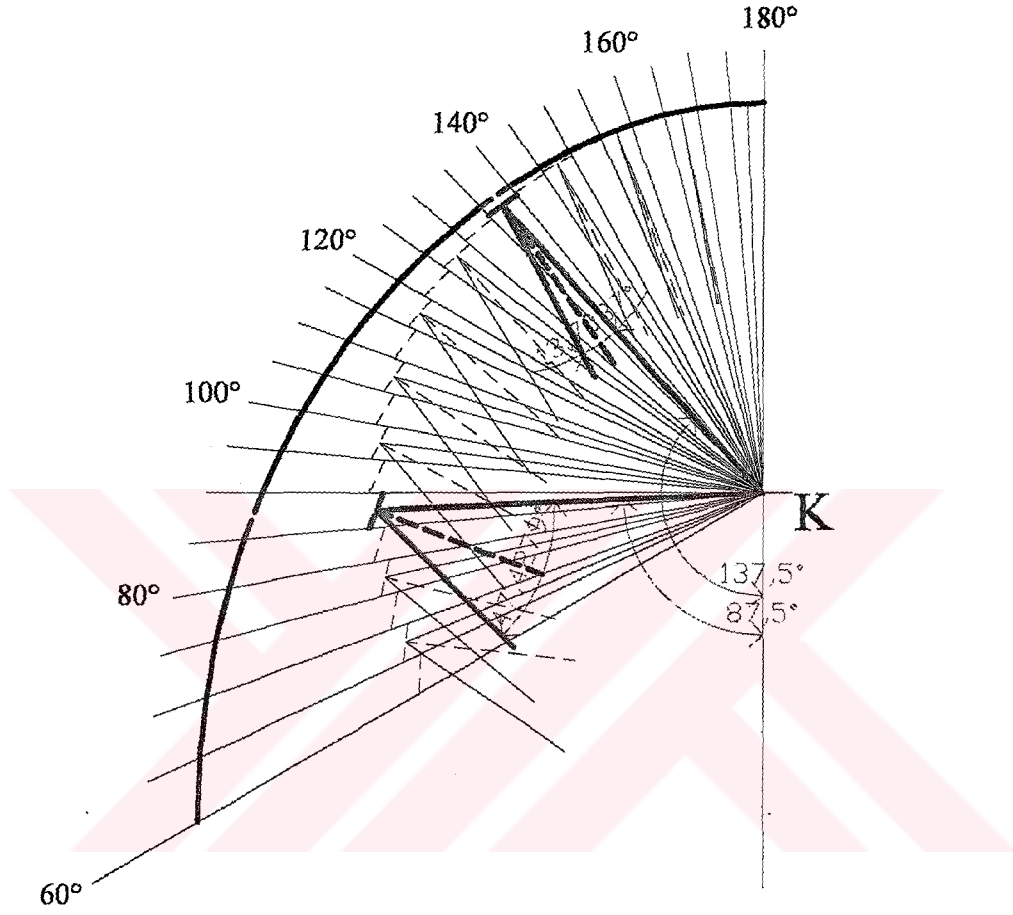
28	135-140	0-140		28,0	601,4
29	140-145	0-145		25,2	626,6
30	145-150	0-150		22,3	648,9
31	150-155	0-155		19,1	668,0
32	155-160	0-160		15,9	683,8
33	160-165	0-165		12,5	696,3
34	165-170	0-170		9,0	705,3
35	170-175	0-175		5,4	710,7
36	175-180	0-180		1,8	712,5



Şekil 7.23a Yansıtıcıdan yansıyan ışığa ilişkin grafik

Çizelge 7.31 Yansıtıcı parçalarının sınırlarını belirten açılal değerler

Yansıtıcıyı oluşturan yansıtıcı parçalarının sınırlarını belirleyen açılar (derece)	Yansıtıcı parçalarından yansıyan ışıkların yöneldikleri doğrultuların sınırlarını gösteren açılar (derece)	Yansıyan ışıkların yöneldikleri bölgelerin orta doğrultu açıları (derece)
180-175	0,0000-0,1852	0,0926
175-170	0,1852-0,7407	0,4630
170-165	0,7407-1,6667	1,2037
165-160	1,6667-2,9527	2,3097
160-155	2,9527-4,5782	3,7655
155-150	4,5782-6,6930	5,6356
150-145	6,6930-9,2099	7,9515
145-140	9,2099-12,0872	10,6486
<b>140-135</b>	<b>12,0872-15,3202</b>	<b>13,7037</b>
135-130	15,3202-19,0887	17,2045
130-125	19,0887-22,6289	20,8588
125-120	22,6289-26,2268	24,4279
120-115	26,2268-30,0180	28,1224
115-110	30,0180-33,4470	31,7325
110-105	33,4470-36,9224	35,1847
105-100	36,9224-40,3315	38,6270
100-95	40,3315-43,2299	41,7807
95-90	43,2299-46,0696	44,6498
<b>90-85</b>	<b>46,0696-48,7861</b>	<b>47,4279</b>
85-80	48,7861-51,2177	50,0019
80-75	51,2177-53,3944	52,3061
75-70	53,3944-55,5778	54,4861
70-65	55,5778-57,8302	56,7040
65-60	57,8302-60,0000	58,9151



Şekil 7.24  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu ve negatif değerler aldığı durum için grafikler aracılığı ile belirlenen yansıtıcı

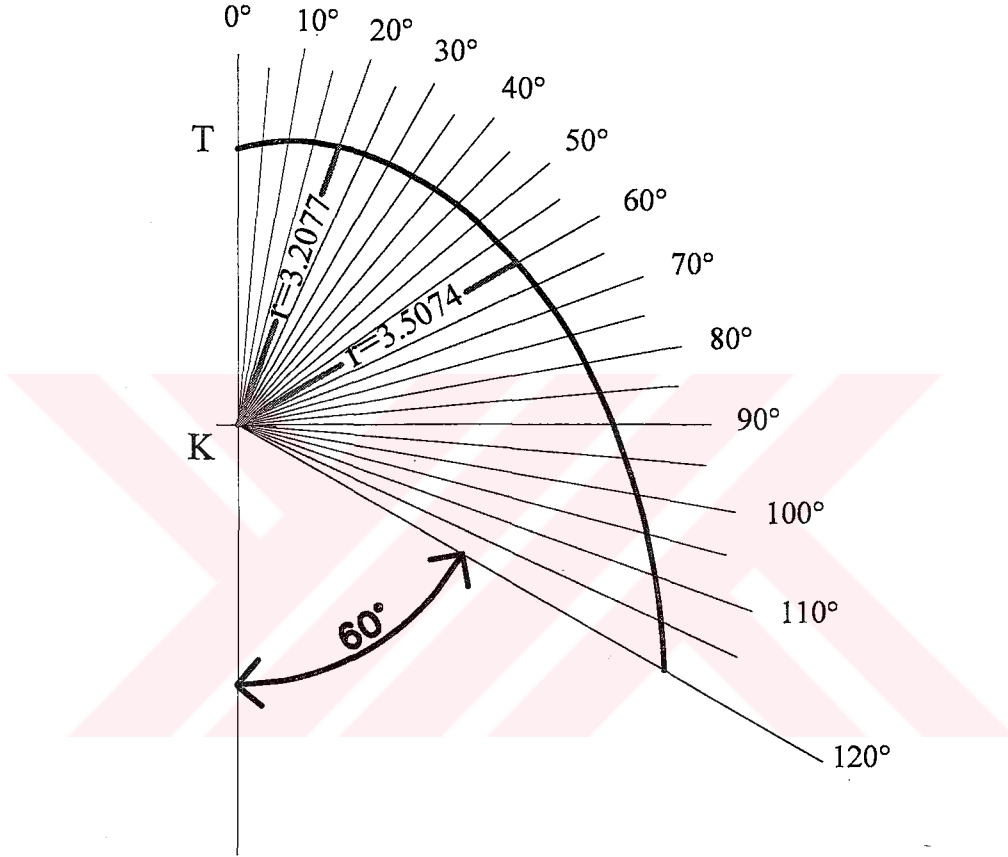
#### 7.4.2 Hesaplama Yolu ile Yansıtıcı Tasarımı

$\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu ve negatif değerler aldığı durumda, Şekil 7.21' den yararlanarak her  $\alpha$  açısının karşılığı olan  $\beta$  açısı bulunmuş, bölüm 7.3.2' de anlatılan adımlar uygulanmış ve Çizelge 7.32 oluşturularak yansıtıcı elde edilmiştir.

Çizelge 7.32  $\alpha$  açısına bağlı olarak bulunan r değerleri

Işığın yansıtıcı yüzeye geliş doğrultusunun aygıt eksenine yaptığı açı ( $\alpha$ , derece)	Işığın yansıma doğrultusunun aygıt eksenine yaptığı açı ( $\beta$ , derece)	Işık kaynağı merkezi ile yansıtıcı arasındaki uzaklık (r, cm)
0,0	-60,0000	3,0000
2,5	-54,9940	3,0345
5,0	-49,9870	3,0661
7,5	-46,0460	3,0968
10,0	-42,6030	3,1273
12,5	-37,4510	3,1511
15,0	-32,6030	3,1728
17,5	-25,9470	3,1834
<b>20,0</b>	<b>-22,9060</b>	<b>3,2077</b>
22,5	-19,0800	3,2268
25,0	-15,2540	3,2442
27,5	-10,6410	3,2544
30,0	-6,7510	3,2676
32,5	-3,0140	3,2804
35,0	0,6710	3,2921
37,5	3,3570	3,3121
40,0	6,0430	3,3321
42,5	9,0230	3,3486
45,0	11,6820	3,3684
47,5	14,2840	3,3888
50,0	16,8860	3,4093
52,5	19,6860	3,4268
55,0	22,4220	3,4451
57,5	24,3590	3,4757
<b>60,0</b>	<b>26,2970</b>	<b>3,5074</b>
62,5	28,3350	3,5385
65,0	30,3730	3,5704
67,5	32,3130	3,6053
70,0	33,9500	3,6475
72,5	35,6390	3,6904
75,0	37,3270	3,7351
77,5	39,0570	3,7806
80,0	40,7300	3,8293
82,5	42,1680	3,8861
85,0	43,6060	3,9456
87,5	45,0540	4,0075
90,0	46,5030	4,0722
92,5	47,9510	4,1399
95,0	49,2650	4,2151
97,5	50,3650	4,3014

100,0	51,4650	4,3922
102,5	52,5490	4,4886
105,0	53,6320	4,5901
107,5	54,7500	4,6956
110,0	55,7860	4,8104
112,5	56,8610	4,9298
115,0	57,9360	5,0556
117,5	58,9680	5,1907
120,0	60,0000	5,3333



Şekil 7.25  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu ve negatif değerler aldığı durum için hesaplama yolu ile belirlenen yansıtıcı

#### 7.4.3 Grafik Yapım ile Yansıtıcı Tasarımı

$\alpha$  ve  $\beta$  arasındaki oranın gelişigüzel olduğu ve negatif değerler aldığı durumda, Şekil 7.21'den yararlanarak her  $\alpha$  açısının karşılığı olan  $\beta$  açısı bulunmuş ve yansıtıcı oluşturulmuştur..

Çizelge 7.33  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu duruma göre oluşturulan yansıtıcıyı belirleyen açısal büyüklükler

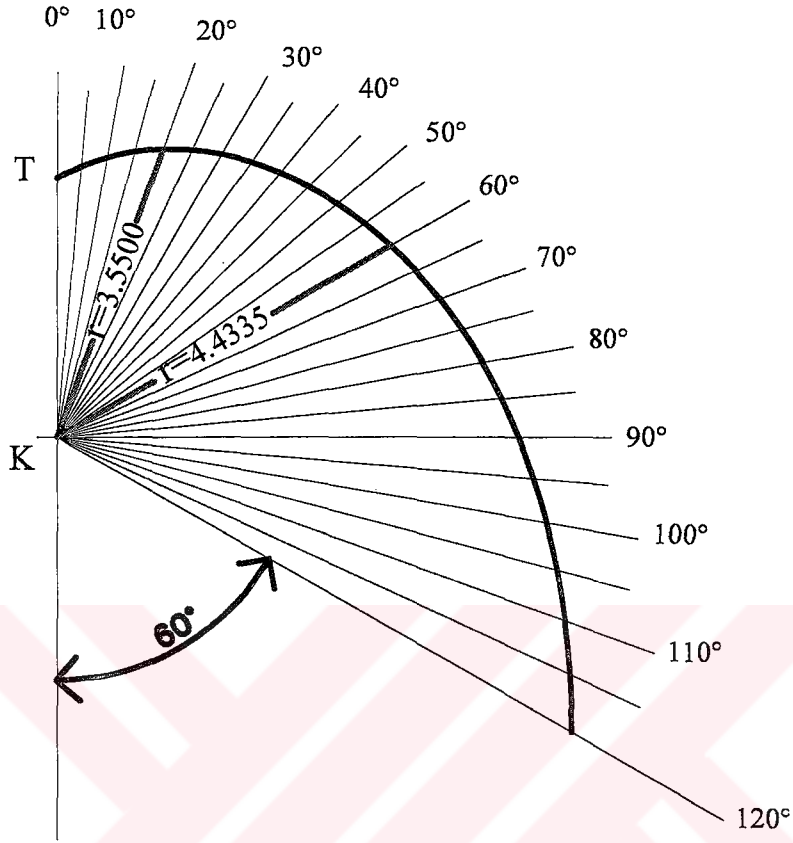
$\alpha$ (derece)	$\beta$ (derece)	$(\alpha+\beta)/2$ (derece)	Yansıtıcı Parçalarının Eğim Açılı (derece)	Ortalama $\alpha$ Açılı (derece)
0,0	-60,0000	-30,0000	60,0000	1,25
2,5	-54,9940	-26,2470	63,7530	3,75
5,0	-49,9870	-22,4935	67,5065	6,25
7,5	-46,0460	-19,2730	70,7270	8,75
10,0	-42,6030	-16,3015	73,6985	11,25
12,5	-37,4510	-12,4755	77,5245	13,75
15,0	-32,6030	-8,8015	81,1985	16,25
17,5	-25,9470	-4,2235	85,7765	18,75
20,0	-22,9060	-1,4530	88,5470	21,25
22,5	-19,0800	1,7100	91,7100	23,75
25,0	-15,2540	4,8730	94,8730	26,25
27,5	-10,6410	8,4295	98,4295	28,75
30,0	-6,7510	11,6245	101,6245	31,25
32,5	-3,0140	14,7430	104,7430	33,75
35,0	0,6710	17,8355	107,8355	36,25
37,5	3,3570	20,4285	110,4285	38,75
40,0	6,0430	23,0215	113,0215	41,25
42,5	9,0230	25,7615	115,7615	43,75
45,0	11,6820	28,3410	118,3410	46,25
47,5	14,2840	30,8920	120,8920	48,75
50,0	16,8860	33,4430	123,4430	51,25
52,5	19,6860	36,0930	126,0930	53,75
55,0	22,4220	38,7110	128,7110	56,25
57,5	24,3590	40,9295	130,9295	58,75
60,0	26,2970	43,1485	133,1485	61,25
62,5	28,3350	45,4175	135,4175	63,75
65,0	30,3730	47,6865	137,6865	66,25
67,5	32,3130	49,9065	139,9065	68,75
70,0	33,9500	51,9750	141,9750	71,25
72,5	35,6390	54,0695	144,0695	73,75
75,0	37,3270	56,1635	146,1635	76,25
77,5	39,0570	58,2785	148,2785	78,75
80,0	40,7300	60,3650	150,3650	81,25
82,5	42,1680	62,3340	152,3340	83,75
85,0	43,6060	64,3030	154,3030	86,25
87,5	45,0540	66,2770	156,2770	88,75
90,0	46,5030	68,2515	158,2515	91,25
92,5	47,9510	70,2255	160,2255	93,75
95,0	49,2650	72,1325	162,1325	96,25
97,5	50,3650	73,9325	163,9325	98,75
100,0	51,4650	75,7325	165,7325	101,25
102,5	52,5490	77,5245	167,5245	103,75
105,0	53,6320	79,3160	169,3160	106,25
107,5	54,7500	81,1250	171,1250	108,75
110,0	55,7860	82,8930	172,8930	111,25
112,5	56,8610	84,6805	174,6805	113,75
115,0	57,9360	86,4680	176,4680	116,25



Çizelge 7.34  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu duruma göre oluşturulan yansıtıcıyı belirleyen büyüklükler

$\alpha$ (derece)	$\beta$ (derece)	$\tan((\alpha - \beta)/2)$	$\alpha$ (radyan)	$\ln r/f$	$\sum \ln r/f$	$r/f$	$r$ (cm)
0,0	-60,0000	0,5774	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	3,0000
2,5	-54,9940	0,5486	0,0436	0,0246	0,0246	1,0249	3,0746
5,0	-49,9870	0,5204	0,0873	0,0233	0,0479	1,0490	3,1471
7,5	-46,0460	0,5045	0,1309	0,0224	0,0702	1,0728	3,2183
10,0	-42,6030	0,4943	0,1745	0,0218	0,0920	1,0964	3,2892
12,5	-37,4510	0,4658	0,2182	0,0209	0,1130	1,1196	3,3588
15,0	-32,6030	0,4411	0,2618	0,0198	0,1328	1,1420	3,4260
17,5	-25,9470	0,3984	0,3054	0,0183	0,1511	1,1631	3,4893
<b>20,0</b>	<b>-22,9060</b>	<b>0,3930</b>	<b>0,3491</b>	<b>0,0173</b>	<b>0,1683</b>	<b>1,1833</b>	<b>3,5500</b>
22,5	-19,0800	0,3797	0,3927	0,0169	0,1852	1,2035	3,6104
25,0	-15,2540	0,3665	0,4363	0,0163	0,2015	1,2232	3,6696
27,5	-10,6410	0,3457	0,4800	0,0155	0,2170	1,2424	3,7271
30,0	-6,7510	0,3322	0,5236	0,0148	0,2318	1,2609	3,7826
32,5	-3,0140	0,3202	0,5672	0,0142	0,2460	1,2790	3,8369
35,0	0,6710	0,3089	0,6109	0,0137	0,2598	1,2966	3,8899
37,5	3,3570	0,3071	0,6545	0,0134	0,2732	1,3142	3,9425
40,0	6,0430	0,3053	0,6981	0,0134	0,2866	1,3318	3,9955
42,5	9,0230	0,3007	0,7418	0,0132	0,2998	1,3496	4,0487
45,0	11,6820	0,2992	0,7854	0,0131	0,3129	1,3674	4,1021
47,5	14,2840	0,2983	0,8290	0,0130	0,3259	1,3853	4,1559
50,0	16,8860	0,2973	0,8727	0,0130	0,3389	1,4034	4,2102
52,5	19,6860	0,2944	0,9163	0,0129	0,3518	1,4216	4,2649
55,0	22,4220	0,2922	0,9599	0,0128	0,3646	1,4400	4,3199
57,5	24,3590	0,2976	1,0036	0,0129	0,3775	1,4586	4,3758
<b>60,0</b>	<b>26,2970</b>	<b>0,3029</b>	<b>1,0472</b>	<b>0,0131</b>	<b>0,3906</b>	<b>1,4778</b>	<b>4,4335</b>
62,5	28,3350	0,3073	1,0908	0,0133	0,4039	1,4976	4,4929
65,0	30,3730	0,3117	1,1345	0,0135	0,4174	1,5180	4,5540
67,5	32,3130	0,3171	1,1781	0,0137	0,4311	1,5390	4,6169
70,0	33,9500	0,3254	1,2217	0,0140	0,4451	1,5607	4,6821
72,5	35,6390	0,3332	1,2654	0,0144	0,4595	1,5833	4,7499
75,0	37,3270	0,3411	1,3090	0,0147	0,4742	1,6068	4,8203
77,5	39,0570	0,3487	1,3526	0,0150	0,4893	1,6311	4,8934
80,0	40,7300	0,3568	1,3963	0,0154	0,5047	1,6564	4,9693
82,5	42,1680	0,3673	1,4399	0,0158	0,5205	1,6828	5,0484
85,0	43,6060	0,3778	1,4835	0,0163	0,5367	1,7104	5,1311
87,5	45,0540	0,3883	1,5272	0,0167	0,5534	1,7392	5,2176
90,0	46,5030	0,3989	1,5708	0,0172	0,5706	1,7693	5,3080
92,5	47,9510	0,4096	1,6144	0,0176	0,5882	1,8008	5,4024
95,0	49,2650	0,4217	1,6581	0,0181	0,6064	1,8338	5,5013
97,5	50,3650	0,4362	1,7017	0,0187	0,6251	1,8684	5,6053
100,0	51,4650	0,4508	1,7453	0,0194	0,6444	1,9049	5,7148
102,5	52,5490	0,4658	1,7890	0,0200	0,6644	1,9434	5,8302
105,0	53,6320	0,4809	1,8326	0,0207	0,6851	1,9840	5,9519
107,5	54,7500	0,4959	1,8762	0,0213	0,7064	2,0267	6,0801
110,0	55,7860	0,5119	1,9199	0,0220	0,7284	2,0717	6,2152
112,5	56,8610	0,5277	1,9635	0,0227	0,7511	2,1193	6,3578
115,0	57,9360	0,5437	2,0071	0,0234	0,7744	2,1694	6,5082

117,5	58,9680	0,5604	2,0508	0,0241	0,7985	2,2223	6,6668
120,0	60,0000	0,5774	2,0944	0,0248	0,8234	2,2781	6,8344



Şekil 7.27  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu negatif değerler aldığı koşul için grafik bütünleşme ile oluşturulan genel yansıtıcı

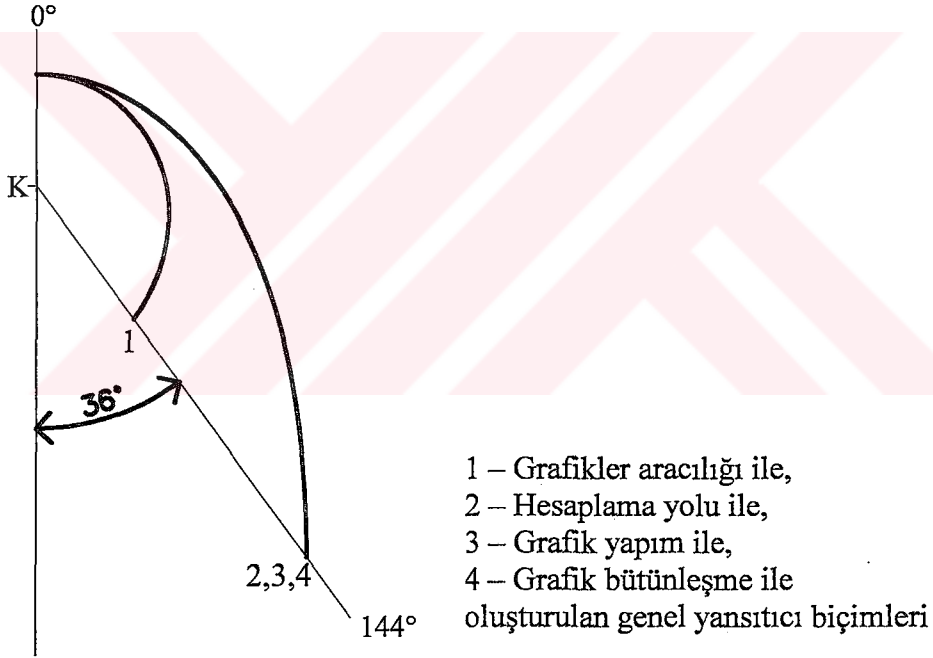
## 7.5 Genel Yansıtıcı Tasarımında Yararlanılan Yaklaşımların Karşılaştırılması

7.1, 7.2, 7.3 ve 7.4 bölümlerinde, genel yansıtıcı tasarımında yararlanılan dört ayrı yaklaşımı değerlendirebilmek amacıyla ışığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansımaya doğrultularının aygıt eksenini ile yaptıkları açılar ( $\alpha$  ve  $\beta$  açıları) arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) değişik değerlerde olması koşulları için uygulama örnekleri yapılmıştır.

Bu bölümde, söz konusu uygulama örneklerinde elde edilen yansıtıcılar karşılaştırılarak yaklaşımların duyarlılığı araştırılmıştır.

a) ışığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansımaya doğrultularının aygıt eksenini ile yaptıkları açılar arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) aynı olduğu durum

Yansıtıcıya geliş ve yansımaya açıları arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) aynı olduğu " $\alpha/\beta=4$ " koşulu için dört ayrı yaklaşıma göre 7.1 bölümünde oluşturulan dört yansıtıcı Şekil 7.28' de ışık kaynağı merkezleri çakıştırılarak toplu olarak gösterilmiştir.

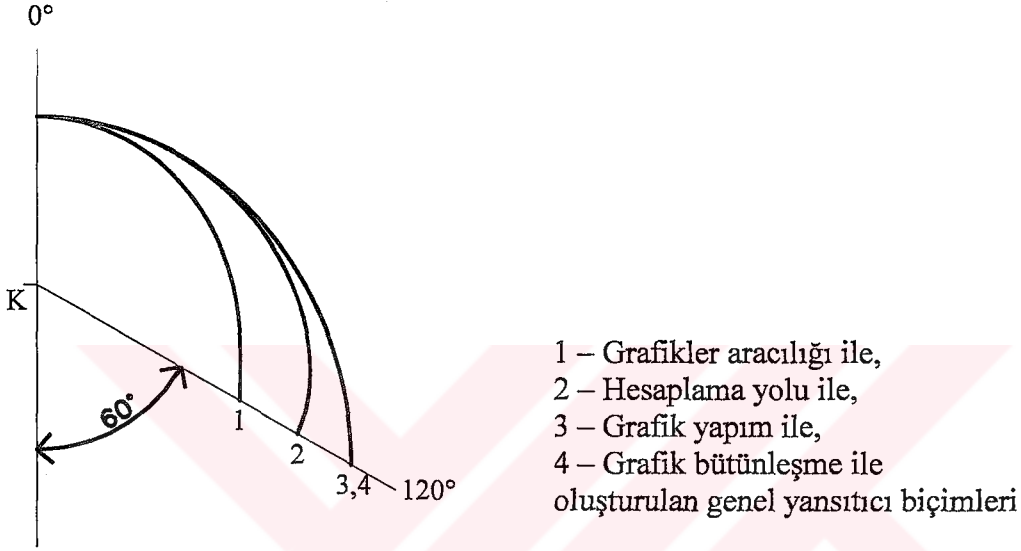


Şekil 7.28 Işığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansımaya doğrultularının aygıt eksenini ile yaptıkları açılar arasındaki oranın aynı ( $\alpha/\beta=4$ ) olduğu durum için farklı yaklaşımlar ile oluşturulan yansıtıcı biçimleri

Şekil 7.28' de görüldüğü gibi " $\alpha/\beta=4$ " durumu için, hesaplama yolu (2), grafik yapım (3) ve grafik bütünleşme (4) yaklaşımları uyarınca elde edilen yansıtıcı biçimleri birbiri ile aynı, grafikler aracılığı (1) ile oluşturulan yansıtıcı biçimi ise bunlardan farklıdır.

- b) Işığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenine ile yaptıkları açılar arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) düzgün adımlarla değiştiği durum

Yansıtıcıya geliş ve yansıma açıları arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ), yansıtıcının tepe noktasında 5 ( $\alpha/\beta=5$ ), etek noktasında 2 ( $\alpha/\beta=2$ ) olacak biçimde, yansıtıcının tepe noktasından etek noktasına doğru eşit adımlarla (0.0625) küçüldüğü koşul için dört ayrı yaklaşım uyarınca 7.2 bölümünde elde edilen dört yansıtıcı Şekil 7.29’ da ışık kaynağı merkezleri aynı noktada tutularak üst üste çizilmiştir.

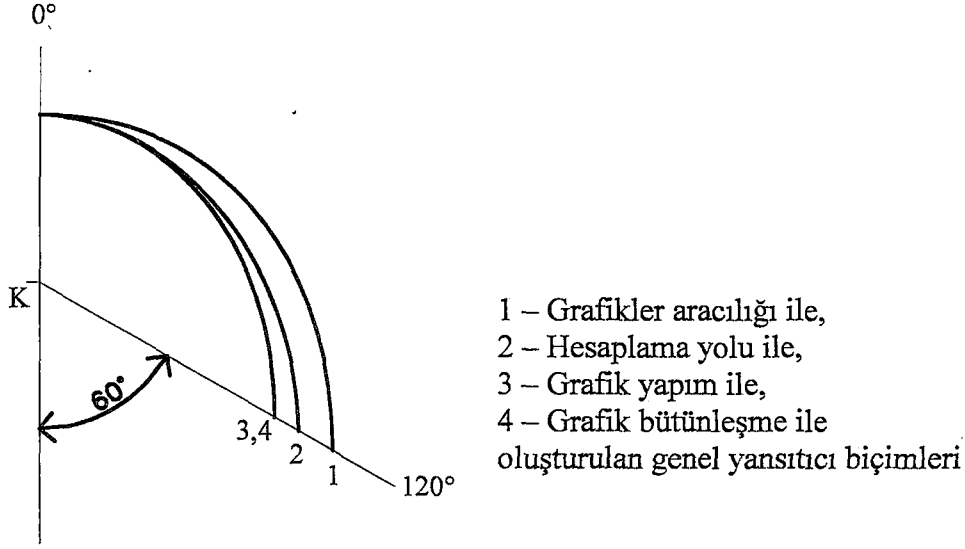


Şekil 7.29 Işığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenine ile yaptıkları açılar arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) 5’ den 2’ ye doğru düzgün adımlarla değiştiği durum için, farklı yaklaşımlar ile oluşturulan yansıtıcı biçimleri

Şekil 7.29’ dan anlaşıldığı üzere, “ $\alpha/\beta$ ” oranının 5’ den 2’ ye doğru değiştiği koşulda, grafik yapım (3) ve grafik bütünleşme (4) yaklaşımları ile oluşturulan yansıtıcı biçimleri birbiri ile aynı, grafikler aracılığı (1) ve hesaplama yolu (2) ile elde edilen yansıtıcı biçimleri hem birbirleri arasında hem de grafik yapım ve grafik bütünleşme ile oluşturulan yansıtıcı biçiminden farklılık göstermektedir.

- c) Işığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenine ile yaptıkları açılar arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) gelişigüzel olduğu durum

Yansıtıcıya geliş ve yansıma açıları arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ), yansıtıcı kesitinde gelişigüzel değiştiği koşul için dört ayrı genel yansıtıcı tasarımına yönelik yaklaşıma göre 7.3 bölümünde oluşturulan dört yansıtıcı Şekil 7.30’ da ışık kaynağı merkezleri üst üste getirilerek toplu olarak gösterilmiştir.

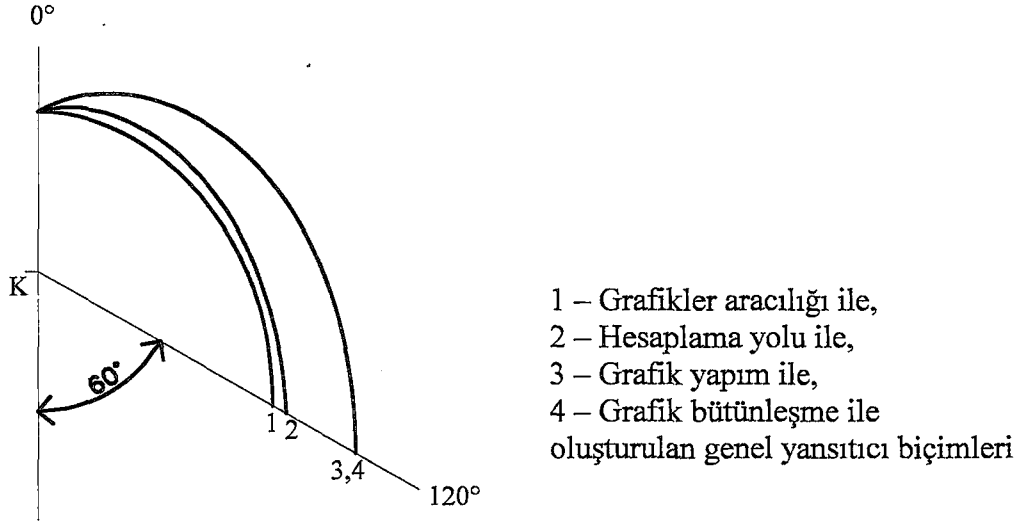


Şekil 7.30 Işığın geliş ve yansımaya açıları arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) gelişigüzel olduğu durum için farklı yaklaşımlar ile oluşturulan yansıtıcı biçimleri

Şekil 7.30' da da açıkça görüldüğü gibi,  $\alpha/\beta$  oranının yansıtıcı kesiti üzerinde rasgele değiştiği koşulda, grafik yapım (3) ve grafik bütünleşme (4) yaklaşımlarına göre elde edilen yansıtıcı biçimleri birbiri ile aynı, grafikler aracılığı (1) ve hesaplama yolu (2) ile çizilen yansıtıcı biçimleri hem birbirlerinden hem de grafik yapım ve grafik bütünleşme ile oluşturulan yansıtıcı biçiminden farklıdır.

d) Işığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansımaya doğrultularının aygıt eksenini ile yaptıkları açıları arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) gelişigüzel olduğu ve ışığın yansımaya doğrultusunun negatif değerler aldığı durum

Yansıtıcıya geliş ve yansımaya açıları arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ), yansıtıcı kesitinde gelişigüzel değiştiği ve yansıtıcının tepe bölgesinde ışığın yansımaya doğrultusunun aygıt eksenini ile yaptığı açının ( $\beta$  açısı) eksi değerler aldığı koşul için dört farklı yaklaşım uyarınca 7.4 bölümünde elde edilen dört yansıtıcı Şekil 7.31' de ışık kaynağı merkezleri aynı noktada tutularak toplu olarak verilmiştir.



Şekil 7.31 Işığın geliş ve yansıma açıları arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) gelişigüzel olduğu ve ışığın yansıma doğrultusunun aygıt eksenine yaptığı açının ( $\beta$ ) negatif değerler aldığı durum için farklı yaklaşımlar ile oluşturulan yansıtıcı biçimleri

Şekil 7.31’ de görüldüğü gibi,  $\alpha/\beta$  oranının yansıtıcı kesitinde rasgele değiştiği ve ışığın yansıma doğrultusunun aygıt eksenine yaptığı açının yansıtıcının belli bir bölümünde eksi değerler aldığı koşulda, grafik yapım (3) ve grafik bütünleşme (4) ile elde edilen yansıtıcı biçimleri birbiri ile aynı, grafikler aracılığı (1) ve hesaplama yolu (2) ile oluşturulan yansıtıcı biçimleri hem birbirleri arasında hem de grafik yapım ve grafik bütünleşme ile oluşturulan yansıtıcı biçiminden farklılık göstermektedir.

7.1, 7.2, 7.3 ve 7.4 bölümlerinde, “ $\alpha/\beta$ ” oranının değişik koşulları için farklı yaklaşımlar uyarınca oluşturulmuş olan yansıtıcılar ile ilgili olarak yukarıda yapılan karşılaştırmalara göre,

- $\alpha/\beta$  oranına ilişkin ele alınan dört ayrı koşulda da “grafik yapım” ve “grafik bütünleşme” yaklaşımları ile aynı yansıtıcının elde edildiği ,
- yalnızca  $\alpha/\beta$  oranının değişmez olduğu ( $\alpha/\beta=4$ ) koşulda “hesaplama yolu” ile elde edilen yansıtıcının “grafik yapım” ve “grafik bütünleşme” ile elde edilen yansıtıcılar ile aynı olduğu,
- $\alpha/\beta$  oranına ilişkin ele alınan dört ayrı koşulda da “grafikler aracılığı” ile elde edilen yansıtıcıların öteki üç yaklaşım ile çizilen yansıtıcılarda farklı olduğu

ortaya çıkmaktadır.

Karşılaştırma sonuçlarına dayanarak yapılacak bir ön değerlendirme ile,

- “grafik yapım” ve “grafik bütünleşme” yaklaşımları ile  $\alpha/\beta$  oranına ilişkin değişik her koşulda tutarlı sonuçlar elde edildiği,
- “hesaplama yolu” yaklaşımı ile yalnızca  $\alpha/\beta$  oranının aynı olduğu koşulda tutarlı sonuçlara ulaşıldığı,
- “grafikler aracılığı” ile genel yansıtıcı tasarımında erişilen sonuçların tutarlı olamadığı söylenebilir.

Genel yansıtıcı biçiminin belirlenmesinde yararlanılan yaklaşımların anlatıldığı 6. bölümde her yaklaşıma göre “ $\alpha/\beta=2$ ” koşulu için yapılan uygulama örneklerinde elde edilen sonuçlarda ulaşılan ön sonuçları destekler niteliktedir. Nitekim,  $\alpha/\beta$  oranının aynı olduğu koşul için yapılan söz konusu uygulama örneklerinde de (6.1.2, 6.2.2, 6.3.2, 6.4.2), bu bölümde “ $\alpha/\beta=4$ ” koşulu için yapılan uygulama örneklerinde olduğu gibi, “hesaplama yolu”, “grafik yapım” ve “grafik bütünleşme” yaklaşımlarında aynı sonuçlar elde edilmiştir. 6.1.2 bölümünde, “ $\alpha/\beta=2$ ” koşulu için “grafikler aracılığı” ile tasarlanan yansıtıcı biçiminin de öteki üç yaklaşıma göre oluşturulan yansıtıcı biçimi ile aynı çıkmasının yalnızca rastlantısal olduğu düşünülmelidir.

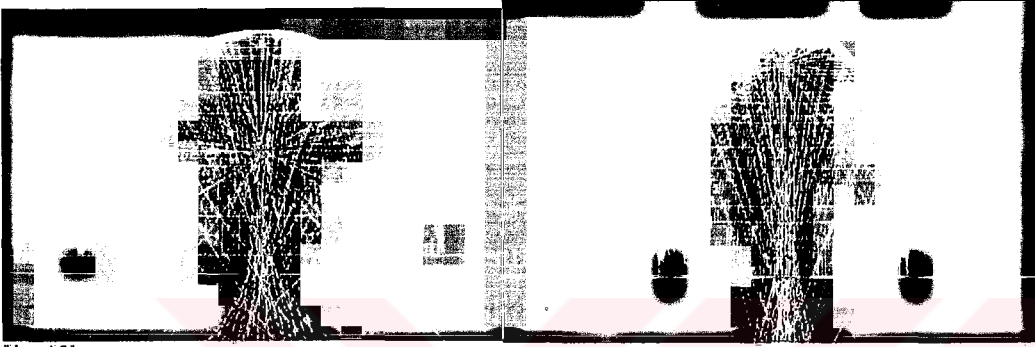
Hesaplama ve/ya da grafiklerden yararlanıldığı genel yansıtıcı tasarımına yönelik yaklaşımları, hesaplama ve çizimlerin ötesinde, daha kesin verilere dayandırarak değerlendirebilmek amacıyla bir bilgisayar simülasyon programı kullanılmıştır. Aydınlatma aygıtı analizine ilişkin söz konusu bilgisayar programı aracılığı ile elde edilen sonuçlara bundan sonraki bölümde yer verilmiştir.

### **7.5 Genel Yansıtıcı Tasarımında Yararlanılan Yaklaşımların Değerlendirilmesi**

Bu bölümde, ışığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenine ile yaptığı açılar ( $\alpha$  ve  $\beta$  açıları) arasındaki oranların ( $\alpha/\beta$  oranı) değişik durumları için dört ayrı yöntemle oluşturulmuş ve 7.5 bölümünde karşılaştırılmış olan yansıtıcıların “Photopia 2.0” adlı aydınlatma aygıtı analiz programı ile ışık yeğinlik eğrileri elde edilmiştir. Böylece,  $\alpha$  ve  $\beta$  açılarına ilişkin ele alınan dört farklı durum için, veri oluşturan aygıt ışık yeğinlik eğrileri ile bilgisayar simülasyon programı aracılığı ile elde edilen aygıt ışık yeğinlik eğrileri karşılaştırılarak, genel yansıtıcı tasarımına ilişkin yaklaşımlar tutarlılıkları açısından daha duyarlı olarak değerlendirilebilmiştir.

Photopia 2.0 aydınlatma aygıtı tasarım programı ışık ışınlarının izlenmesi prensibine dayanmaktadır ve aygıt gerecinin ışık yansıtma/geçirme özelliklerini veri olarak işlem yapmaktadır (Ek 4). 7.5 bölümünde çeşitli yaklaşımlara göre oluşturulmuş olan 11 ayrı yansıtıcı bilgisayar programı ile analiz edilirken,

- ışık kaynağı olarak, bilgisayar programının kütüphanesinde yer alan, çevresine verdiği toplam ışık akısı 1000 lm olan izotrop dağıtımlı boyutsuz nokta kaynak,
- yansıtıcı gereci olarak, toplam yansıtma çarpanı 0.95; yayınık yansıtma çarpanı  $<0.05$  olan Alanod-Miro2 kullanılmıştır (Şekil 7.32).



Çizelge 8.5' deki 4 no' lu yansıtıcı

Çizelge 8.5' deki 7 no' lu yansıtıcı

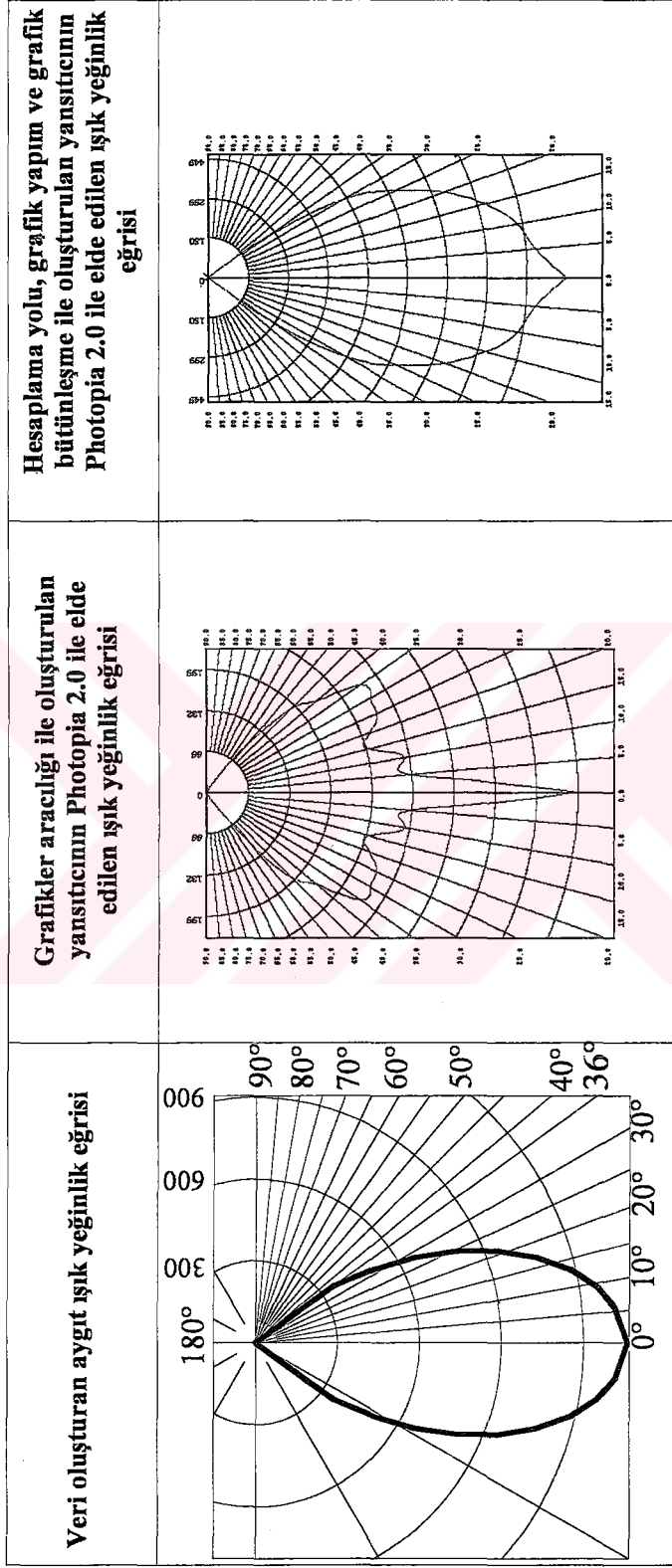


Çizelge 8.6' daki 2 no' lu yansıtıcı

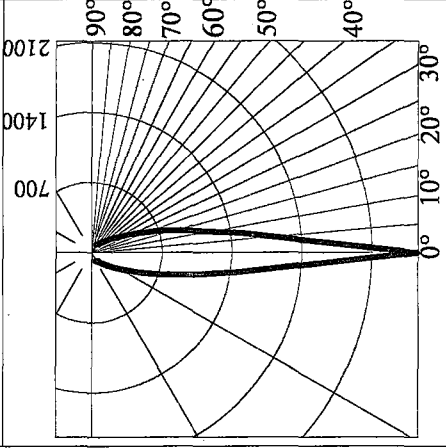
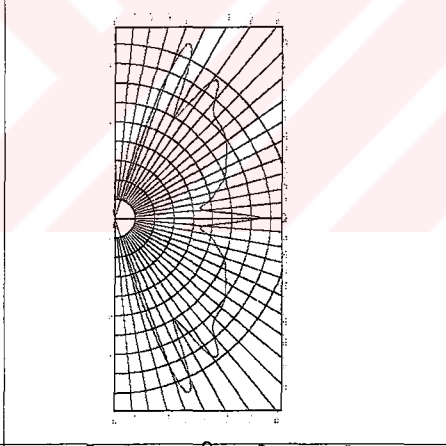
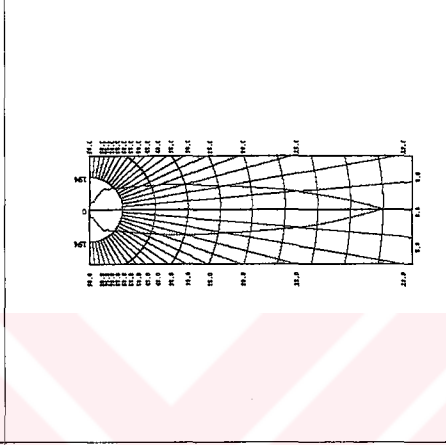
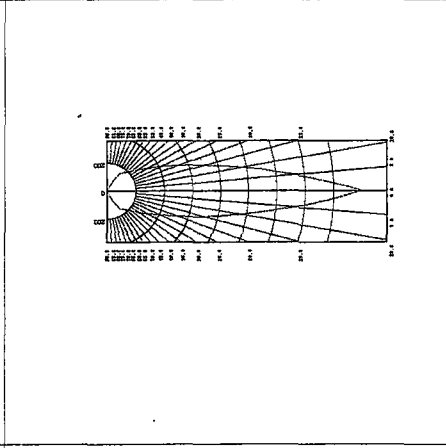
Şekil 7.32 Bilgisayar simülasyon programında elde edilen yansıtıcılar

Yansıtıcıya geliş ve yansıma açılarına ( $\alpha$  ve  $\beta$  açıları) ilişkin ele alınan dört farklı koşul için veri oluşturan aygıt ışık yeğnlik eğrileri ve çeşitli yaklaşımlara göre oluşturulmuş yansıtıcıların bilgisayar simülasyon programı ile elde edilen ışık yeğnlik eğrileri Çizelge 7.35, 7.36, 7.37 ve 7.38' de gösterilmiştir.

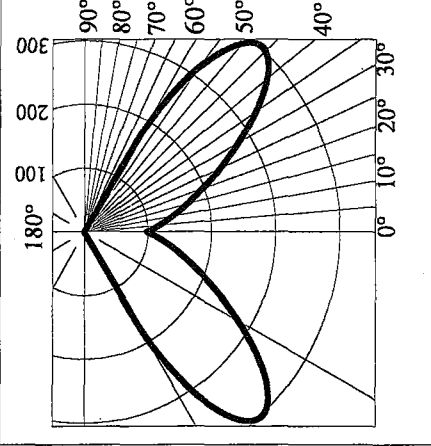
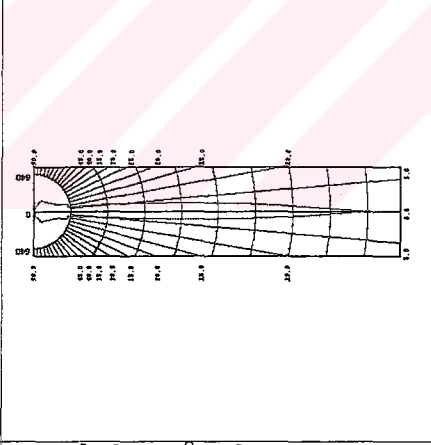
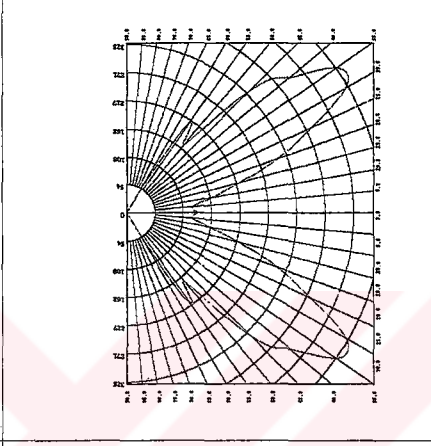
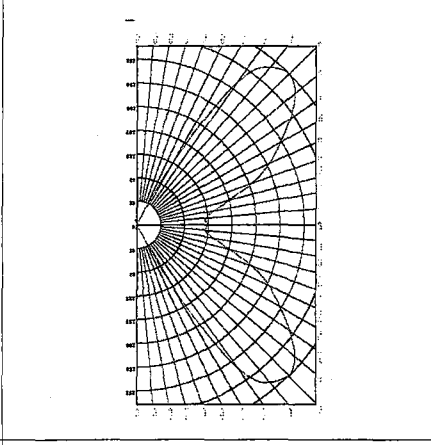
Çizelge 7.35 Işığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenini ile yaptıkları açılar arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) aynı olduğu durum



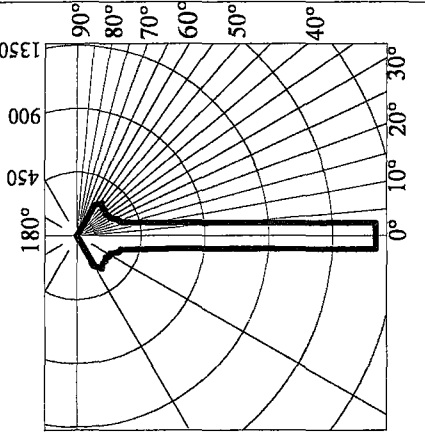
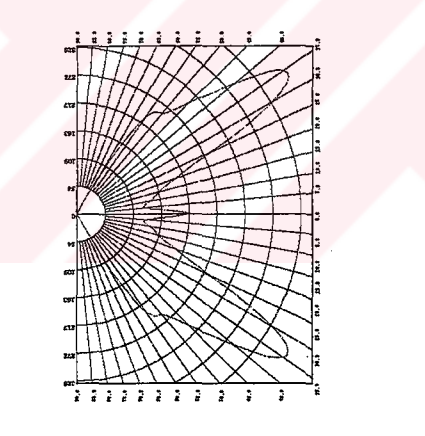
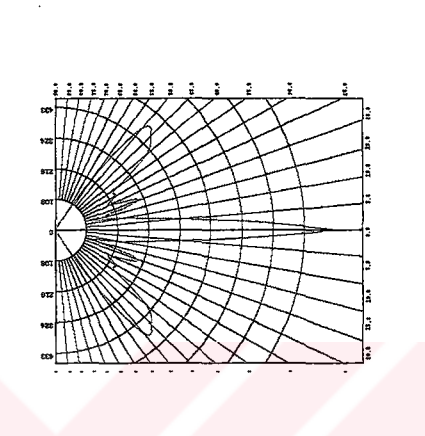
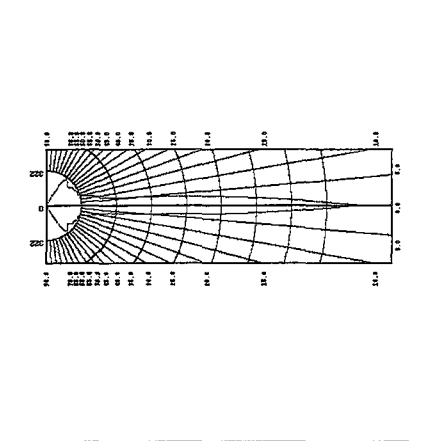
Çizelge 7.3.6 Işığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenini ile yaptıkları açılar arasındaki  $(\alpha/\beta)$  düzgün adımlarla değiştiği durum

Veri oluşturan aygıt ışık yeğirlik eğrisi		Grafikler aracılığı ile oluşturulan yansıtıcının Photopia 2.0 ile elde edilen ışık yeğirlik eğrisi		Hesaplama yolu ile oluşturulan yansıtıcının Photopia 2.0 ile elde edilen ışık yeğirlik eğrisi		Grafik yapım ve grafik bütünleşme ile oluşturulan yansıtıcının Photopia 2.0 ile elde edilen ışık yeğirlik eğrisi	

Çizelge 7.37 Işığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenine göre yaptıkları açıların arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) gelişigüzel olduğu durum

<p>Veri oluşturan aygıt ışık yoğunluk eğrisi</p> 	<p>Grafikler aracıyla oluşturulan yansıtıcının Photopia 2.0 ile elde edilen ışık yoğunluk eğrisi</p> 	<p>Hesaplama yolu ile oluşturulan yansıtıcının Photopia 2.0 ile elde edilen ışık yoğunluk eğrisi</p> 	<p>Grafik yapımı ve grafik bütünleşme ile oluşturulan yansıtıcının Photopia 2.0 ile elde edilen ışık yoğunluk eğrisi</p> 
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Çizelge 7.38 Işığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansımaya doğrultularının aygıt eksenini ile yaptıkları açılar arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) gelişigüzel olduğu ve ışığın yansıtıcıya doğru dönüşümünün negatif değerler aldığı durum

Verti oluşturan aygıt ışık yeğinlik eğrisi	Grafikler aracıyla ile oluşturulan yansıtıcının Photopia 2.0 ile elde edilen ışık yeğinlik eğrisi	Hesaplama yolu ile oluşturulan yansıtıcının Photopia 2.0 ile elde edilen ışık yeğinlik eğrisi	Grafik yapımı ve grafik bitirilmesi ile oluşturulan yansıtıcının Photopia 2.0 ile elde edilen ışık yeğinlik eğrisi
			

Çizelge 7.35, 7.36, 7.37 ve 7.38' de görüldüğü gibi,  $\alpha$  ve  $\beta$  açıları arasındaki orana ( $\alpha/\beta$ ) ilişkin ele alınan dört farklı koşulda da grafik yapım ve grafik bütünleşme yaklaşımları ile oluşturulmuş olan yansıtıcıların bilgisayar simülasyon programı ile elde edilen ışık yeğinlik eğrileri, veri oluşturan aygıt ışık yeğinlik eğrisine oldukça benzerdir. Hesaplama yolu ile elde edilmiş yansıtıcının aydınlatma aygıtı analiz programı ile belirlenen ışık yeğinlik eğrileri ise yalnızca  $\alpha/\beta$  oranının değişmez olduğu koşulda veri alınan aygıt ışık yeğinlik eğrisine benzer olup, öteki koşullarda benzerlik azalmaktadır. Grafikler aracılığı ile oluşturulmuş olan yansıtıcıların bilgisayar programı ile saptanan ışık yeğinlik eğrileri ise hiç bir koşulda veri oluşturan aygıt ışık yeğinlik eğrisine benzememektedir.

Çizelge 7.35, 7.36, 7.37 ve 7.38' de karşılaştırmalı olarak sunulan aygıt ışık yeğinlik eğrileri ve yukarıdaki açıklamalar ışığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- 1) Grafik yapım ve grafik bütünleşme yaklaşımları ile tümüyle aynı sonuçlara ulaşılmaktadır, bu sonuçlar oldukça tutarlıdır.
- 2) Hesaplama yolu ile yansıtıcı tasarımında yalnızca  $\alpha/\beta$  oranının değişmez olduğu koşulda tutarlı sonuçlar elde edilebilmektedir.
- 3) Grafikler aracılığı ile yansıtıcı tasarımında tutarlı sonuçlar ortaya çıkmamaktadır.

Bu nedenlerle, çeşitli uygulama örneklerinin yer aldığı bundan sonraki bölümde,

- $\alpha/\beta$  oranının aynı olduğu durum için, en kolay uygulanabilir yaklaşım olan hesaplama yolu,
- $\alpha/\beta$  oranının düzgün adımlarla değiştiği durum için, grafik bütünleşme yaklaşımına göre daha kolay olması nedeniyle grafik yapım yaklaşımı,
- $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu durum için, grafik yapım yaklaşımından daha kolay hale getirilen grafik bütünleşme yaklaşımının kısaltılmış yolu (Ek 3),
- $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu ve  $\beta$  açısının eksi değerler aldığı durum için, grafik bütünleşme yaklaşımının kısaltılmış yolu

kullanılmıştır.

## 8. UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Bu bölümde çeşitli uygulama örnekleri yapılmış ve söz konusu örnekler,

- ışığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenine ile yaptıkları açılar arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) aynı olduğu durum,
- ışığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenine ile yaptıkları açılar arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) düzgün adımlarla değiştiği durum,
- ışığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenine ile yaptıkları açılar arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) gelişigüzel olduğu durum,
- ışığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenine ile yaptıkları açılar arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) gelişigüzel olduğu ve ışığın yansıma doğrultusunun negatif değerler aldığı durum

başlıkları altında gruplanmıştır.

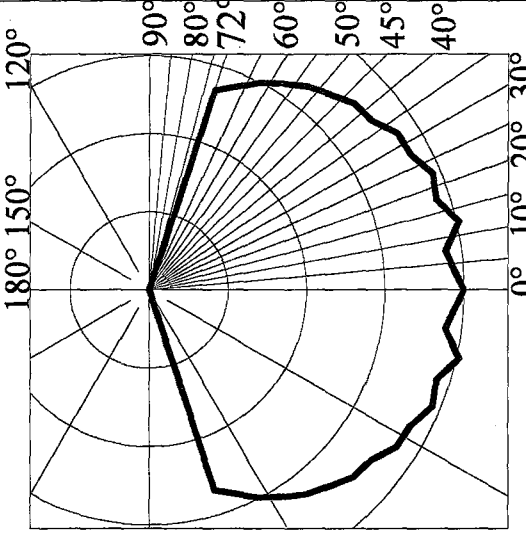
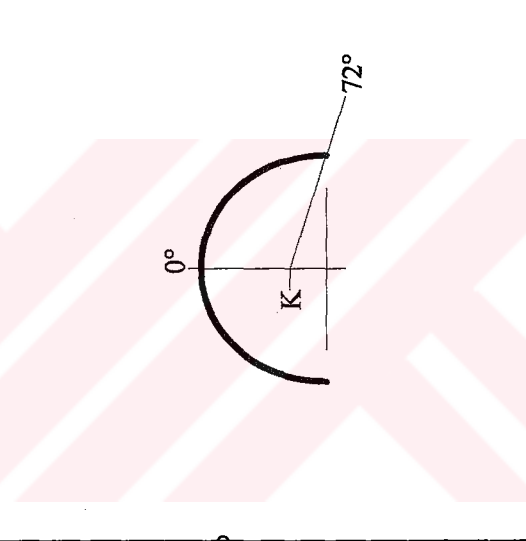
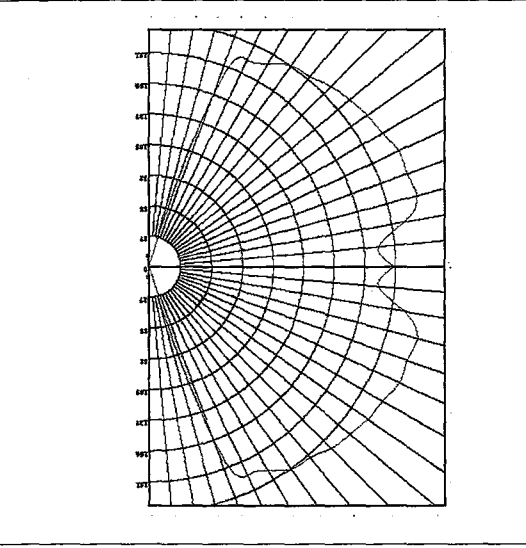
### 8.1 Işığın Yansıtıcı Yüzeye Geliş ve Yansıma Doğrultularının Aygıt Eksenine ile Yaptıkları Açılar Arasındaki Oranın Aynı Olduğu Durum için Yapılan Uygulama Örnekleri

Işığın yansıtıcıya geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenine ile yaptıkları açılar ( $\alpha$  ve  $\beta$  açıları) arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ), yansıtıcının tüm noktalarında aynı olduğu durum için,  $\alpha/\beta$  oranının değişik değerleri için işlem yapılmıştır.  $\alpha/\beta$  oranının büyüklüğüne bağlı olarak oluşacak yansıtıcının biçim ve boyutundaki farklar ile elde edilecek ışık yeğirlikleri arasındaki farkları değerlendirebilmek amacıyla,

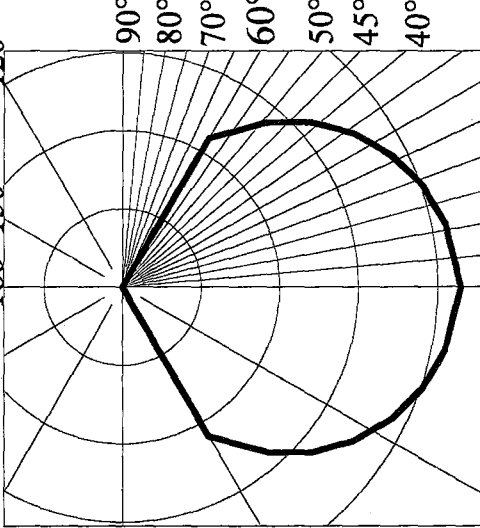
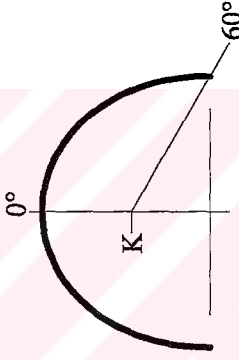
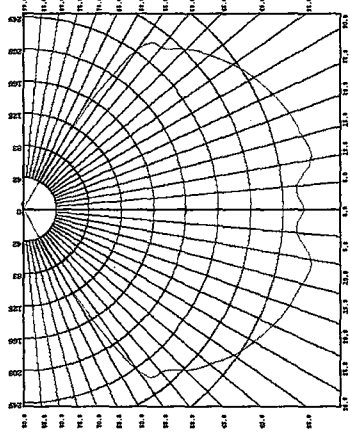
$\alpha/\beta=1.5$ ,  $\alpha/\beta=2$ ,  $\alpha/\beta=2.5$ ,  $\alpha/\beta=3$ ,  $\alpha/\beta=3.5$ ,  $\alpha/\beta=4$ ,  $\alpha/\beta=4.5$  ve  $\alpha/\beta=5$

örnekleri ele alınmıştır. Her bir örnek için, veri oluşturan  $\alpha/\beta$  oranına bağlı olarak Ek 2' de verilen yol izlenerek çizilen aygıt ışık yeğirlik eğrisi, oluşturulan yansıtıcının kesiti ve yansıtıcının bilgisayar programı aracılığı ile elde edilen ışık yeğirlik eğrisi Çizelge 8.1' de verilmiştir.

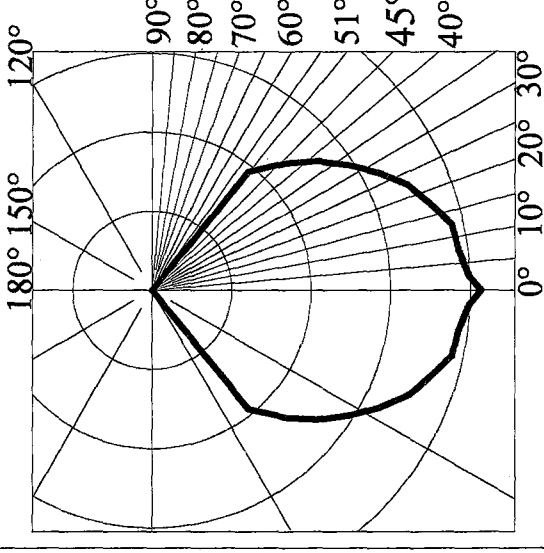
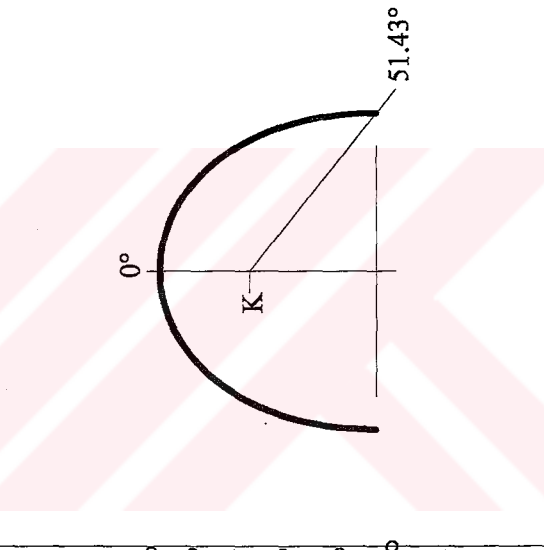
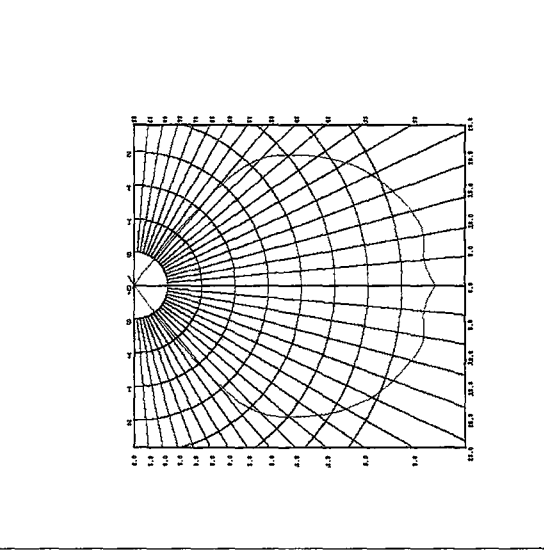
Çizelge 8 .1a  $\alpha/\beta$  oranının aynı olduğu durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=1.5$ )

	<b><math>\alpha/\beta</math> oranına bağlı olarak elde edilen aygıt ışık yegünlük eğrisi</b>	<b>Oluşturulan yansıtıcı</b>	<b>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yegünlük eğrisi</b>
<b>1</b>			

Çizelge 8.1b  $\alpha/\beta$  oranının aynı olduğu durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=2$ )

	<b><math>\alpha/\beta</math> oranına bağlı olarak elde edilen aygıt ışık yegünlük eğrisi</b>	<b>Oluşturulan yansıtıcı</b>	<b>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yegünlük eğrisi</b>
<b>2</b>			

Çizelge 8 .1c  $\alpha/\beta$  oranının aynı olduğu durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=2.5$ )

3	$\alpha/\beta$ oranına bağlı olarak elde edilen aygıt ışık yegünlük eğrisi	Oluşturulan yansıtıcı	Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yegünlük eğrisi
			

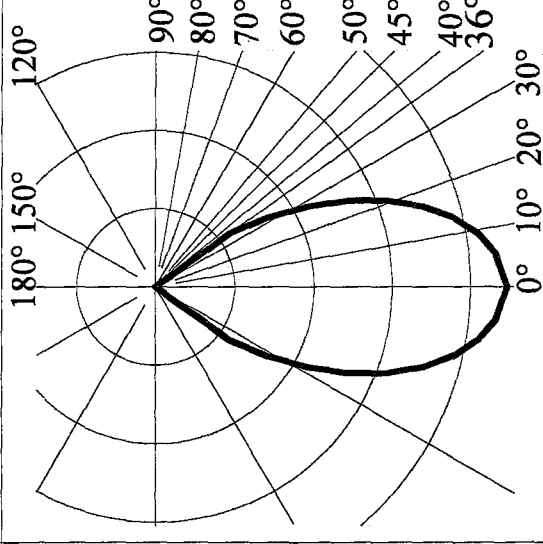
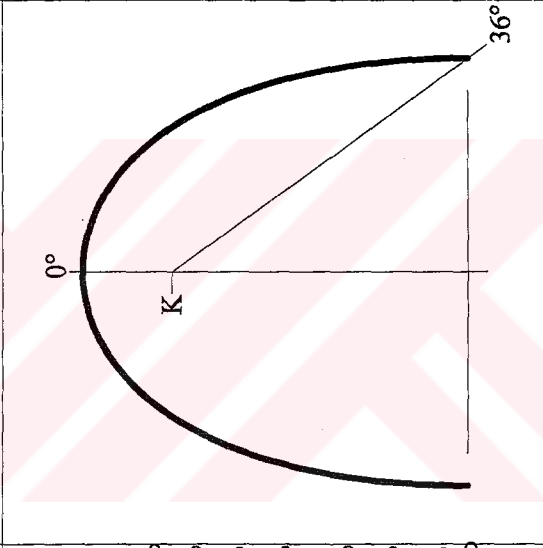
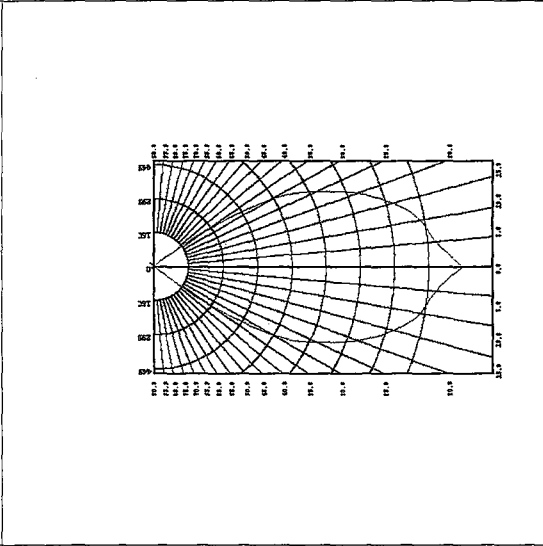
Çizelge 8 .1.d  $\alpha/\beta$  oranının aynı olduğu durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=3$ )

<b>4</b>	<p><b><math>\alpha/\beta</math> oranına bağlı olarak elde edilen aygıt ışık yeginlik eğrisi</b></p>	<p><b>Oluşturulan yansıtıcı</b></p>	<p><b>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yeginlik eğrisi</b></p>
----------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------

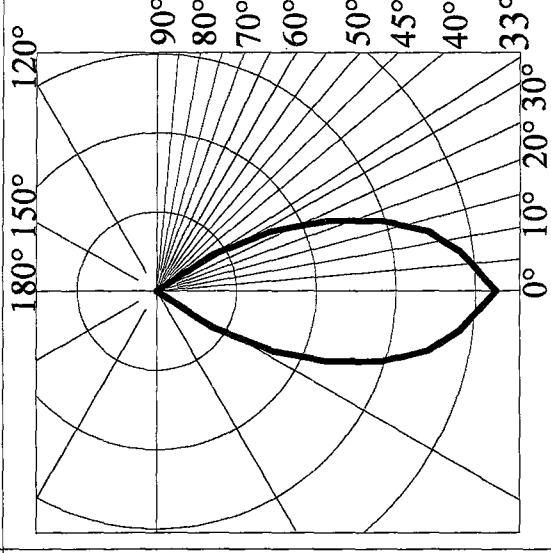
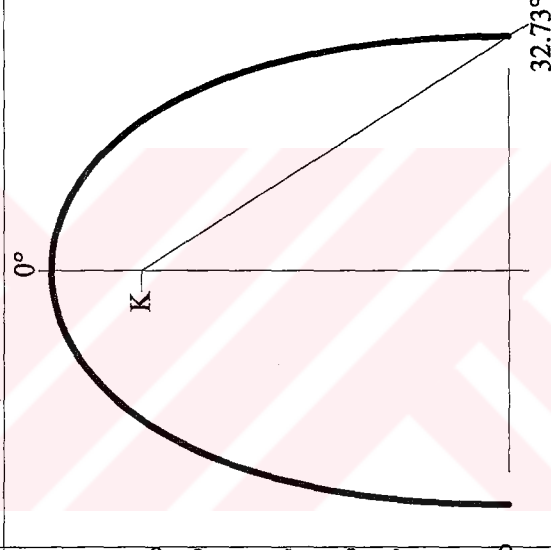
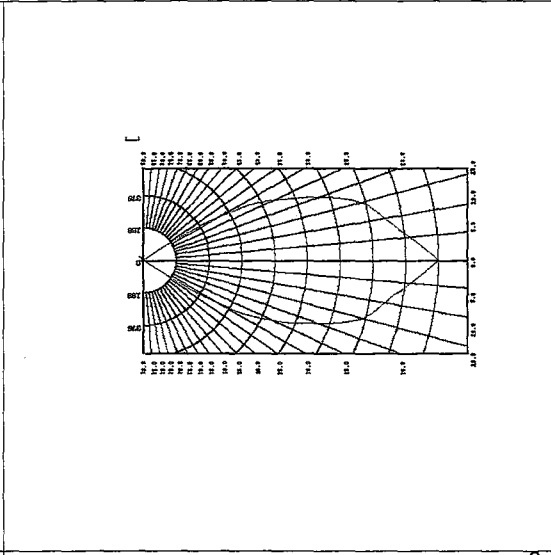
Çizelge 8 .1e  $\alpha/\beta$  oranının aynı olduğu durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=3.5$ )

	<b><math>\alpha/\beta</math> oranına bağlı olarak elde edilen aygıt ışık yeğirlik eğrisi</b>	<b>Oluşturulan yansıtıcı</b>	<b>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yeğirlik eğrisi</b>
<b>5</b>			

Çizelge 8 .1f  $\alpha/\beta$  oranının aynı olduğu durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=4$ )

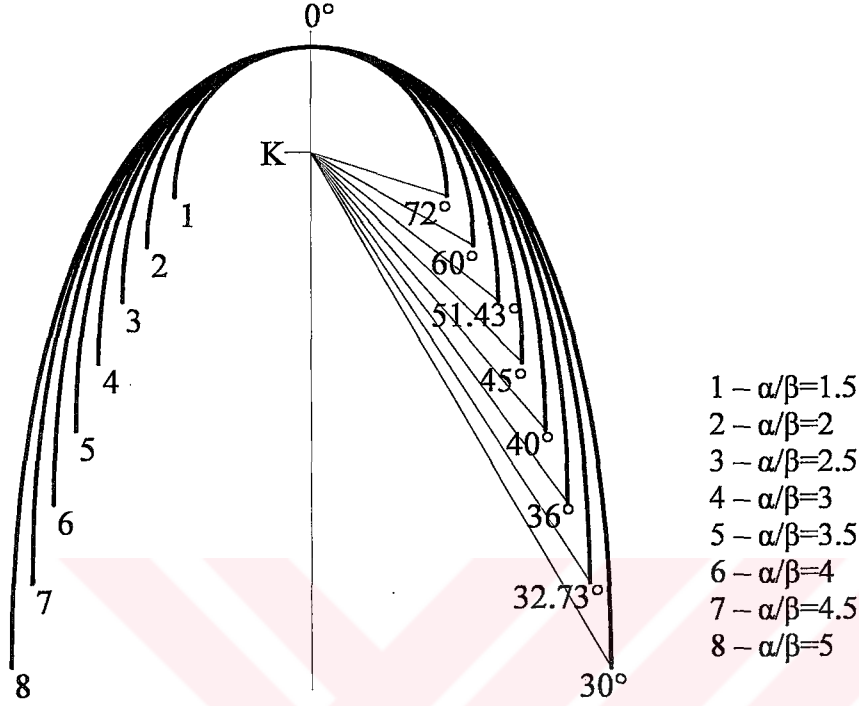
	<b><math>\alpha/\beta</math> oranına bağlı olarak elde edilen aygıt ışık yegünlük eğrisi</b>	<b>Oluşturulan yansıtıcı</b>	<b>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yegünlük eğrisi</b>
<b>6</b>			

Çizelge 8 .1g  $\alpha/\beta$  oranının aynı olduğu durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=4.5$ )

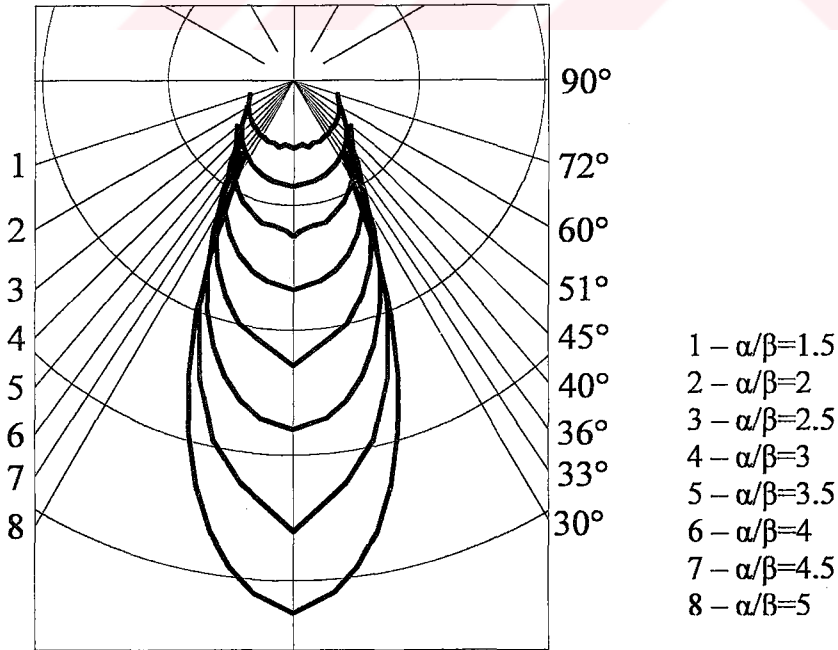
7	<p><b><math>\alpha/\beta</math> oranına bağlı olarak elde edilen aygıt ışık yegünlük eğrisi</b></p> 	<p><b>Oluşturulan yansıtıcı</b></p> 	<p><b>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yegünlük eğrisi</b></p> 
---	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Çizelge 8.1a, 8.1b, 8.1c, 8.1d, 8.1e, 8.1f, 8.1g ve 8.1h' de yer alan yansıtıcılar ve ışık yeğnlik eğrilerini birbirleri ile karşılaştırabilmek amacıyla, Şekil 8.1' de yansıtıcılar, Şekil 8.2' de ışık yeğnlik eğrileri üst üste çizilerek gösterilmiştir.



Şekil 8.1  $\alpha/\beta$  oranının aynı olduğu durum için oluşturulan yansıtıcılar



Şekil 8.2  $\alpha/\beta$  oranının aynı olduğu durum için elde edilen ışık yeğnlik eğrileri

$\alpha/\beta$  oranının yansıtıcının tüm noktalarında eşit olduğu durum için ortaya çıkan sonuçlar Çizelge 8.1, Şekil 8.1 ve 8.2' den yararlanarak aşağıdaki gibi özetlenebilir:

$\alpha/\beta$  oranı büyüdükçe (1.5' dan 5' e doğru gittikçe),

- yansıtıcının yüksekliği artar,
- yansıtıcının ağız açıklığı büyür,
- dolaysız ışığın yayılma açısı/aygıt ışık yeğnlik eğrisinin koni tepe açısı (KTA) küçülür,
- ışık kaynağından çıkan ışığın yansıtıcı yüzeye düşmeden, doğrudan doğruya yansıtıcı dışına çıkan bölümü azalır,
- ışık kaynağından çıkan ışığın yansıtıcı yüzeye düşen bölümü, dolayısıyla yansıtıcıdan yansıtılarak aygıt dışına çıkan ışık bölümü artar,
- yansıtıcının etek noktasına gelen ışık ışınının aygıt eksenine ile yaptığı açı ( $\alpha_{\text{mak}}$ ) büyür,
- yansıtıcının etek noktasından yansıyan ışık ışınının aygıt eksenine ile yaptığı açı ( $\beta_{\text{mak}}$ ) küçülür,
- aygıt ışık yeğnlik eğrisinde  $0^\circ$  doğrultusundaki/aygıt eksenine doğrultusundaki ışık yeğnlik değeri büyür.

Bu çalışma içinde,  $\alpha$  açısı ile  $\beta$  açısı arasında aynı oran olduğu durumda seçilebilecek değerler bakımından, sınır durumların belirlenebilmesi için bir araştırma yapılmıştır. Söz konusu araştırma için seçilen değerler,  $\alpha/\beta=1$ ,  $\alpha/\beta=10$ ,  $\alpha/\beta=100$ ' dür.

$\alpha$  ve  $\beta$  açıları arasındaki oran  $\alpha/\beta=x$  eşitliği ile belirtilebilir. Buna göre,  $x$  büyüklüğünün alabileceği değerlerin,

$$\ln r/f = \int \tan (\alpha - \beta)/2 d\alpha \quad (6.4)$$

$$\beta = \alpha/x \quad \text{ise} \quad (6.7)$$

$$\ln r/f = \int \tan (\alpha - \alpha/x)/2 d\alpha$$

eşitliğinde tanımlı olması gerekir.

Bu durumda,

- $\alpha/\beta=1$  için:

$$\beta = \alpha \quad \text{ise}$$

$$\ln r/f = \int \tan (\alpha - \beta)/2 d\alpha \quad \text{bağıntısında} \quad (6.4)$$

$$\ln r/f = \int \tan (\alpha - \alpha)/2 d\alpha$$

$$\ln r/f = \int \tan 0 \, d\alpha$$

$$\ln r/f = \int 0 \, d\alpha$$

tanımsız sonucu elde edilir.

- $\alpha/\beta = 10$  için:

$$\beta = \alpha/10 \text{ ise}$$

$$\ln r/f = \int \tan (\alpha - \beta)/2 \, d\alpha \text{ bağıntısında} \quad (6.4)$$

$$\ln r/f = \int \tan (\alpha - \alpha/10)/2 \, d\alpha$$

$$\ln r/f = \int \tan (9\alpha/20) \, d\alpha$$

$$r = f/(\cos(9\alpha/20))^{20/9}$$

tanımlı sonucu elde edilir.

- $\alpha/\beta = 100$  için:

$$\beta = \alpha/100 \text{ ise}$$

$$\ln r/f = \int \tan (\alpha - \beta)/2 \, d\alpha \text{ bağıntısında} \quad (6.4)$$

$$\ln r/f = \int \tan (\alpha - \alpha/100)/2 \, d\alpha$$

$$\ln r/f = \int \tan (99\alpha/200) \, d\alpha$$

$$r = f/(\cos(99\alpha/200))^{200/99}$$

tanımlı sonucu elde edilir. Yani,  $\alpha/\beta > 1$  değerleri için tanımlı sonuçlar elde edilmektedir.

Sonuç olarak,

$\alpha/\beta = x$  eşitliğinde  $x$ ' in değerleri,

$$1 < x < \infty$$

arasında değiştiği koşullar için, genel yansıtıcı biçimi elde edilebilmektedir.

## 8.2 Işığın Yansıtıcı Yüzeğe Geliş ve Yansıma Doğrultularının Aygıt Ekseni ile Yaptıkları Açılar Arasındaki Oranın Düzgün Adımlarla Değiştiği Durum için Yapılan Uygulama Örnekleri

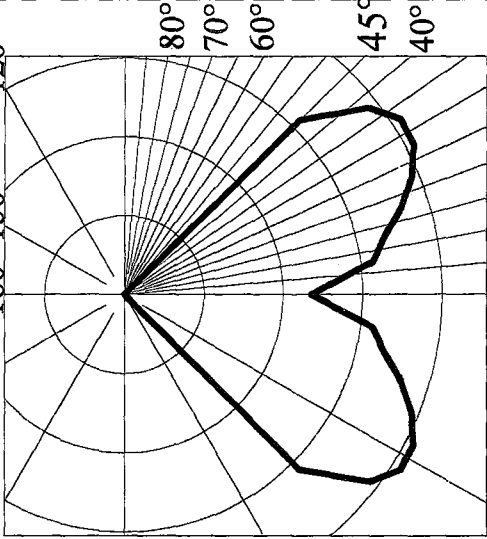
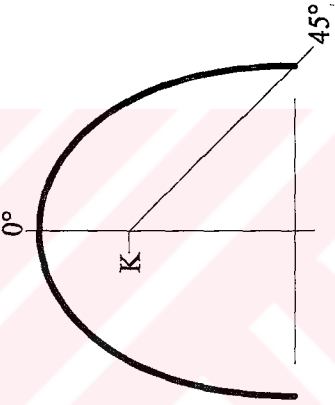
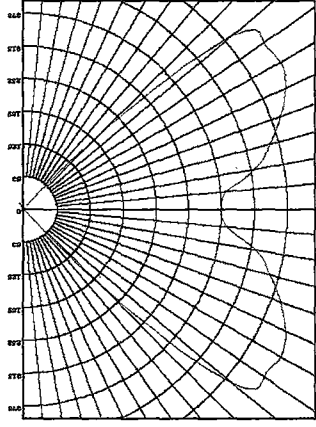
Bu bölümde, ışık kaynağından çıkan ışığın yansıtıcı yüzeğe geliş ve yansıma doğrultularının aygıt ekseni ile yaptıkları açılar ( $\alpha$  ve  $\beta$  açıları) arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) yansıtıcı kesiti üzerinde tepe noktasından başlayarak etek noktasına doğru düzgün adımlarla değiştiği çeşitli durumlar ele alınmıştır.  $\alpha/\beta$  arasında düzgün adımlarla değişen oranlar bakımından, tepe noktasından etek noktasına doğru artan ve azalan durumlar için iki yönden yaklaşılmıştır. Söz konusu oranın,

- artan durumu için,  $\alpha/\beta=2'$  den  $3'$  e,  $\alpha/\beta=2'$  den  $4'$  e,  $\alpha/\beta=2'$  den  $5'$  e,  $\alpha/\beta=3'$  den  $4'$  e,  $\alpha/\beta=3'$  den  $5'$  e,  $\alpha/\beta=4'$  ten  $5'$  e,
- azalan durumu için,  $\alpha/\beta=3'$  den  $2'$  ye,  $\alpha/\beta=4'$  ten  $2'$  ye,  $\alpha/\beta=5'$  den  $2'$  ye,  $\alpha/\beta=4'$  ten  $3'$  e,  $\alpha/\beta=5'$  den  $3'$  e,  $\alpha/\beta=5'$  den  $4'$  e

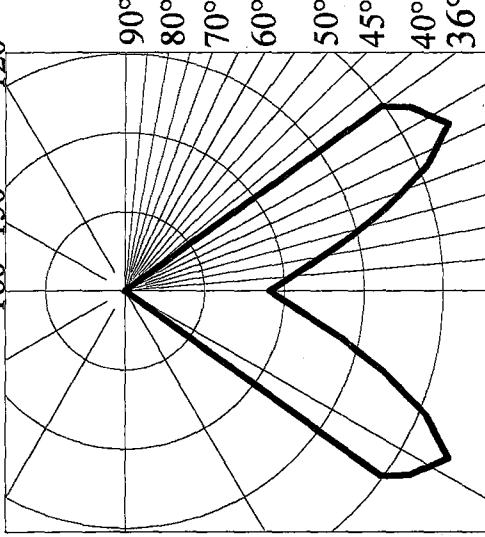
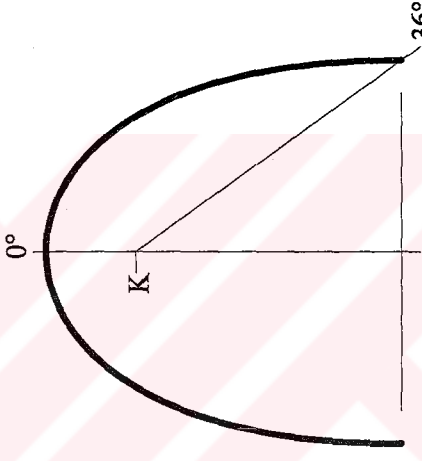
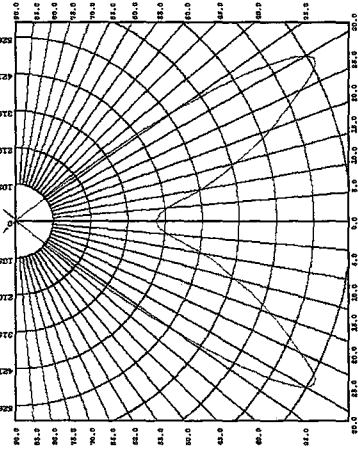
düzgün adımlarla değiştiği koşullar için işlem yapılmıştır.

Her uygulama örneği için  $\alpha/\beta$  oranındaki değişime bağlı olarak çizilen aygıt ışık yeğnlik eğrisi, yansıtıcı kesiti ve yansıtıcının simülasyon programı ile elde edilen ışık yeğnlik eğrisi Çizelge 8.2 ve 8.3' de gösterilmiştir.

Çizelge 8.2a  $\alpha/\beta$  oranının düzgün adımlarla arttığı durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=2'$  den  $3'$  e)

	<b><math>\alpha/\beta</math> oranına bağlı olarak elde edilen aygıt ışık yeğirlik eğrisi</b>	<b>Oluşturulan yansıtıcı</b>	<b>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yeğirlik eğrisi</b>
<b>1</b>			

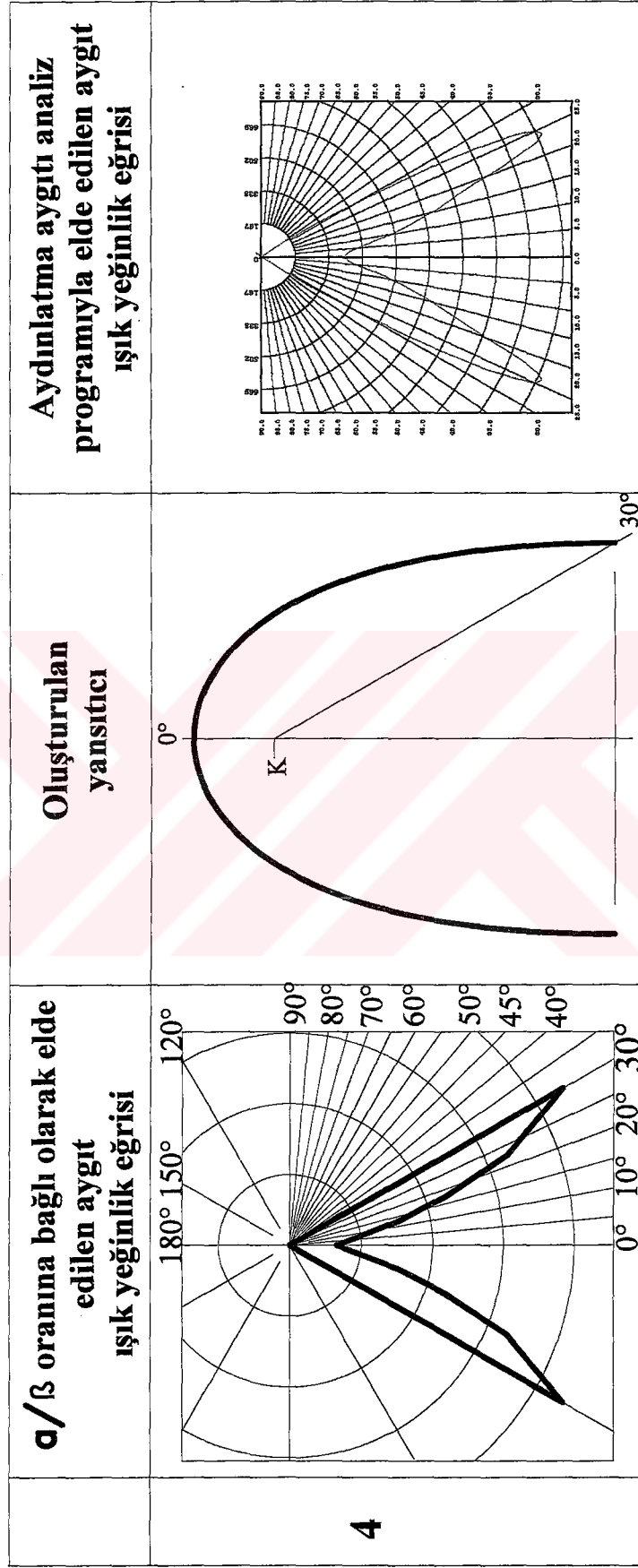
Çizelge 8.2b  $\alpha/\beta$  oranının düzgün adımlarla arttığı durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=2'$  den  $4'$  e)

	<b><math>\alpha/\beta</math> oranına bağlı olarak elde edilen aygıt ışık yeğirlik eğrisi</b>	<b>Oluşturulan yansıtıcı</b>	<b>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yeğirlik eğrisi</b>
<b>2</b>			

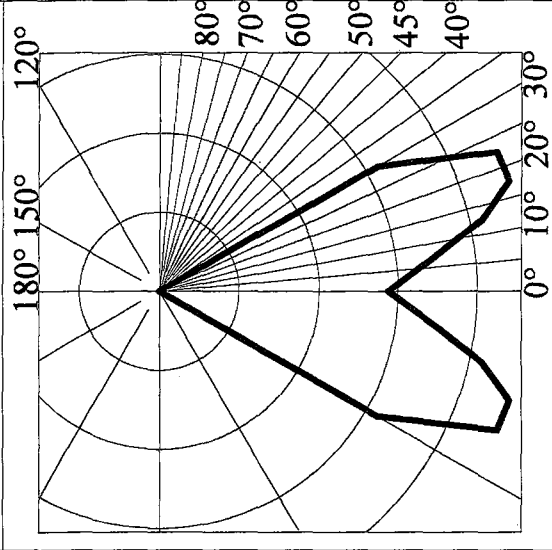
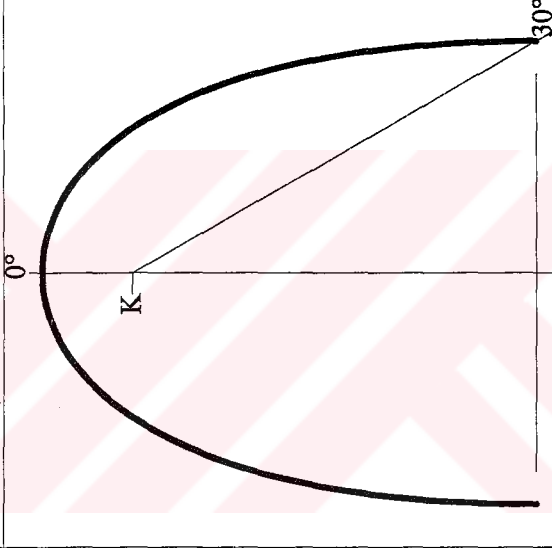
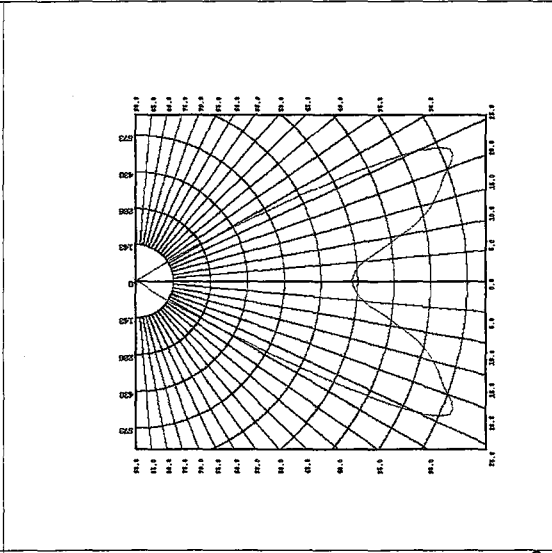
Çizelge 8.2c  $\alpha/\beta$  oranının düzgün adımlarla arttığı durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=3'$  ten  $4'$  e)

	<b><math>\alpha/\beta</math> oranına bağlı olarak elde edilen aygıt ışık yeğirlik eğrisi</b>	<b>Oluşturulan yansıtıcı</b>	<b>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yeğirlik eğrisi</b>
<b>3</b>			

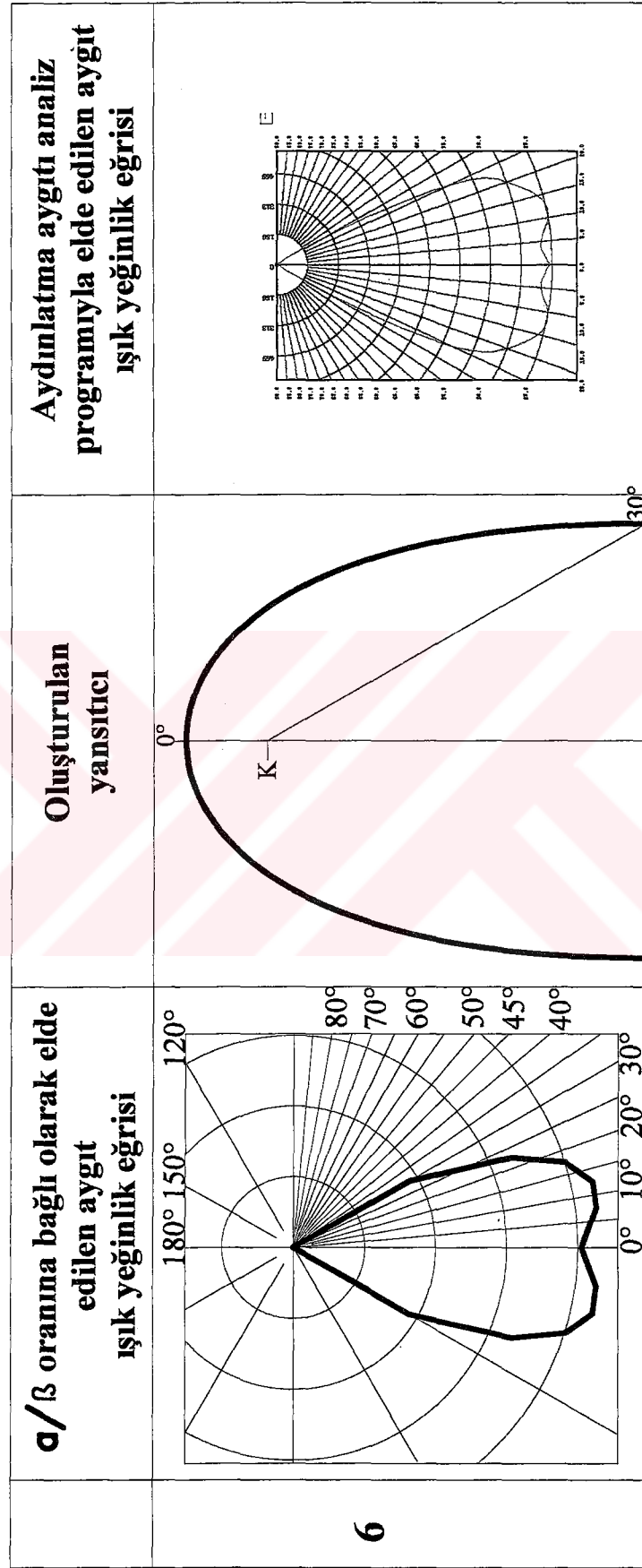
Çizelge 8.2d  $\alpha/\beta$  oranının düzgün adımlarla arttığı durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=2'$  den  $5'$  e)



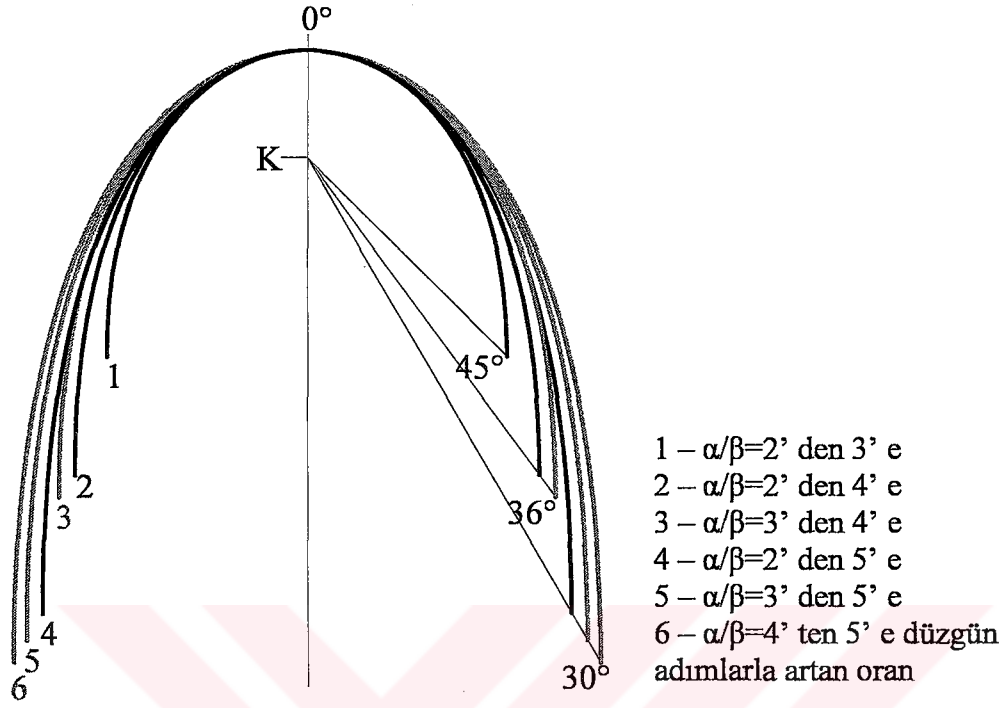
Çizelge 8.2e  $\alpha/\beta$  oranının düzgün adımlarla arttığı durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=3'$  ten  $5'$  e)

<b>5</b>	<p><b><math>\alpha/\beta</math> oranına bağlı olarak elde edilen aygıt ışık yegünlük eğrisi</b></p> 	<p><b>Oluşturulan yansıtıcı</b></p> 	<p><b>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yegünlük eğrisi</b></p> 
----------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

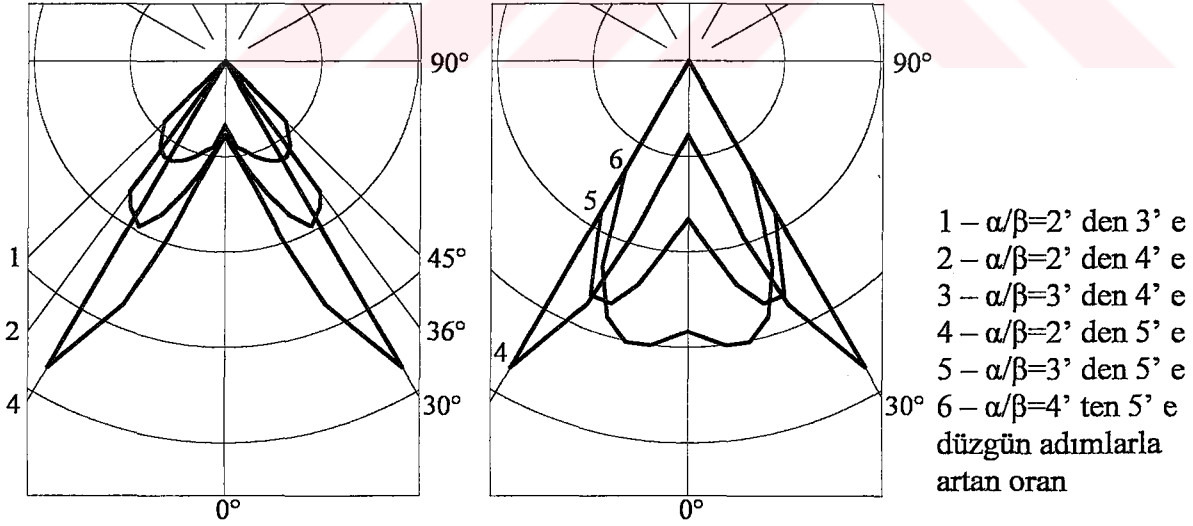
Çizelge 8.2f  $\alpha/\beta$  oranının düzgün adımlarla arttığı durum için uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=4'$  ten  $5'$  e)



Çizelge 8.2a, 8.2b, 8.2c, 8.2d, 8.2e ve 8.2f' de yer alan yansıtıcılar ve ışık yeğirlik eğrileri üst üste getirilerek karşılaştırılmıştır (Şekil 8.3 ve 8.4).



Şekil 8.3  $\alpha/\beta$  oranının düzgün adımlarla arttığı durum için oluşturulan yansıtıcılar



Şekil 8.4  $\alpha/\beta$  oranının düzgün adımlarla arttığı durum için elde edilen ışık yeğirlik eğrileri

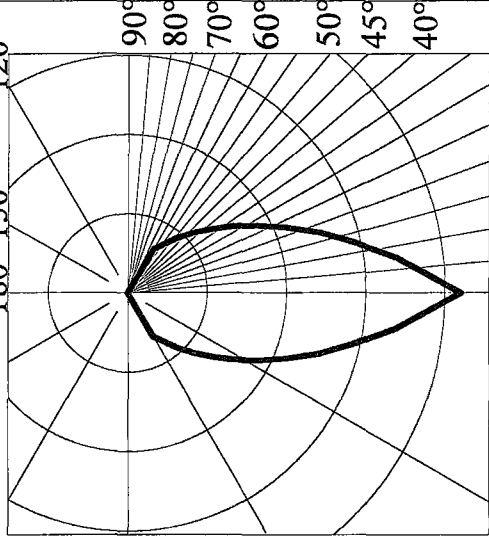
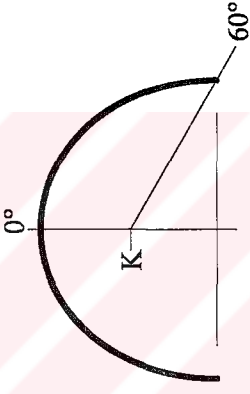
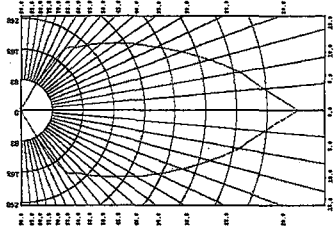
$\alpha/\beta$  oranının yansıtıcı kesitinde, tepe noktasından etek noktasına doğru arttığı durum için ulaşılan sonuçlar aşağıdaki gibi değerlendirilebilir:

Yansıtıcının tepe noktasında belli bir değerde başlayan  $\alpha/\beta$  oranının etek noktasında son bulunduğu değer büyüdükçe (örneğin Şekil 8.3' de, (1)  $\alpha/\beta=2'$  den  $3'$  e, (2)  $\alpha/\beta=2'$  den  $4'$  e, (4)  $\alpha/\beta=2'$  den  $5'$  e),

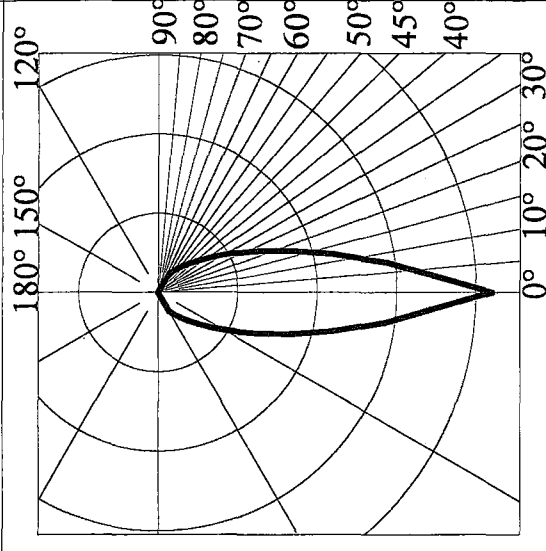
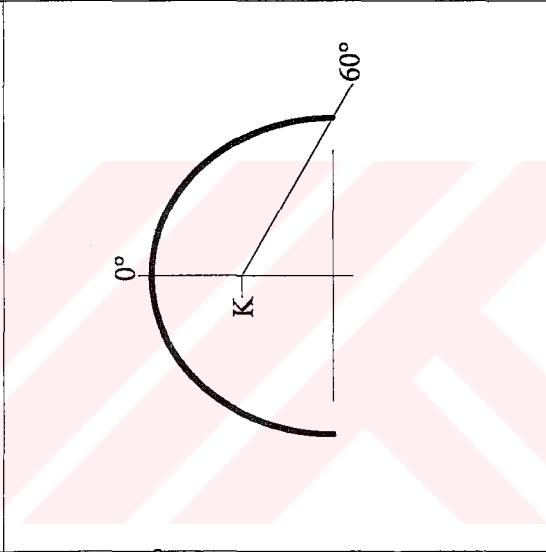
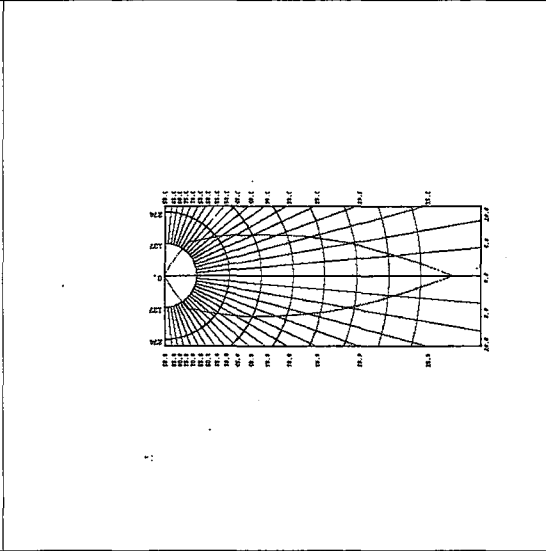
- yansıtıcının yüksekliği artar,
- yansıtıcının ağız açıklığı büyür,
- dolaysız ışığın yayılma açısı/aygıt ışık yeğnlik eğrisinin koni tepe açısı (KTA) küçülür,
- ışık kaynağından çıkan ışığın yansıtıcı yüzeye düşmeden, doğrudan doğruya yansıtıcı dışına çıkan bölümü azalır,
- ışık kaynağından çıkan ışığın yansıtıcı yüzeye düşen bölümü, dolayısıyla yansıtıcıdan yansıtılarak aygıt dışına çıkan ışık bölümü artar,
- yansıtıcının etek noktasına gelen ışık ışınının aygıt ekseni ile yaptığı açı ( $\alpha_{mak}$ ) büyür,
- yansıtıcının etek noktasından yansıyan ışık ışınının aygıt ekseni ile yaptığı açı ( $\beta_{mak}$ ) küçülür,
- aygıt ışık yeğnlik eğrisinde  $0^\circ$  doğrultusundaki/aygıt ekseni doğrultusundaki ışık yeğnlik değeri küçülür (ışık yeğnlik eğrisindeki pantolon bacağı biçimi daha belirgin hale gelir).
- Yansıtıcıya geliş ve yansıma açıları arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) yansıtıcının tepe noktasında birbirinden farklı değerlerde başlayıp, etek noktasında aynı değerde son bulunduğu uygulama örnekleri birbirleri ile karşılaştırıldığında, tepe noktasındaki  $\alpha/\beta$  oranının büyüdüğü koşulda (örneğin Şekil 8.3' de (4)  $\alpha/\beta=2'$  den  $5'$  e, (5)  $\alpha/\beta=3'$  ten  $5'$  e ve (6)  $\alpha/\beta=4'$  ten  $5'$  e),
- yansıtıcı yüksekliğinin arttığı,
- yansıtıcı ağız açıklığının büyüdüğü,
- dolaysız ışığın yayılma açısının/aygıt ışık yeğnlik eğrisi koni tepesi açısının (KTA) değişmediği,
- yansıtıcının etek noktasına gelen ve bu noktadan yansıyan ışık ışınlarının aygıt ekseni ile yaptıkları açılarının ( $\alpha_{mak}$  ve  $\beta_{mak}$ ) değişmediği,
- aygıt ışık yeğnlik eğrisinde  $0^\circ$  doğrultusundaki/aygıt ekseni doğrultusundaki ışık yeğnlik değerinin büyüdüğü

ortaya çıkar.

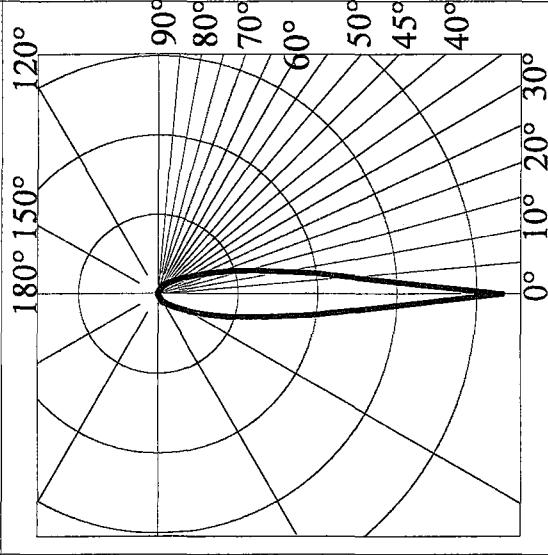
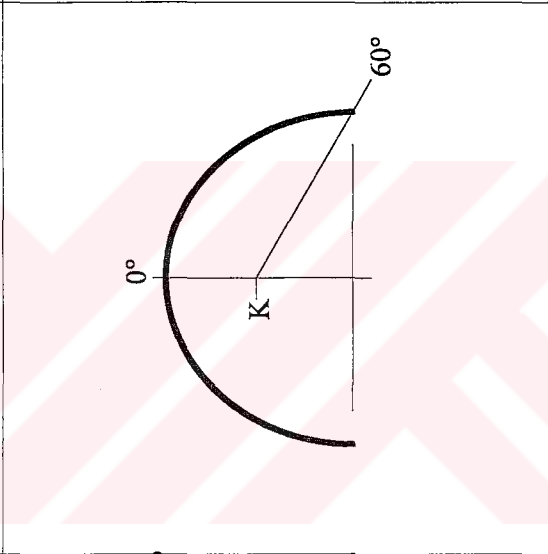
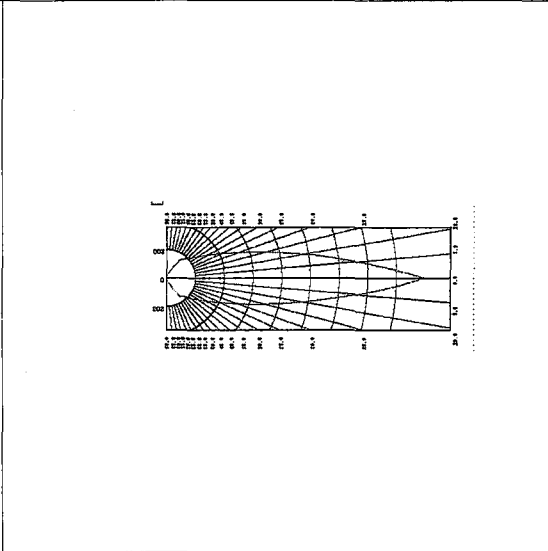
Çizelge 8.3a  $\alpha/\beta$  oranının düzgün adımlarla azaldığı durum için yapılan uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=3'$  ten  $2'$  ye)

	<b><math>\alpha/\beta</math> oranına bağlı olarak elde edilen aygıt ışık yegünlük eğrisi</b>	<b>Oluşturulan yansıtıcı</b>	<b>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yegünlük eğrisi</b>
<b>1</b>			

Çizelge 8.3b  $\alpha/\beta$  oranının düzgün adımlarla azaldığı durum için yapılan uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=4'$  ten  $2'$  ye)

	<b><math>\alpha/\beta</math> oranına bağlı olarak elde edilen aygıt ışık yeğirlik eğrisi</b>	<b>Oluşturulan yansıtıcı</b>	<b>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yeğirlik eğrisi</b>
<b>2</b>			

Çizelge 8.3c  $\alpha/\beta$  oranının düzgün adımlarla azaldığı durum için yapılan uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=5'$  den  $2'$  ye)

<b>3</b>	<p><b><math>\alpha/\beta</math> oranına bağlı olarak elde edilen aygıt ışık yeğirlik eğrisi</b></p> 	<p><b>Oluşturulan yansıtıcı</b></p> 	<p><b>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yeğirlik eğrisi</b></p> 
----------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

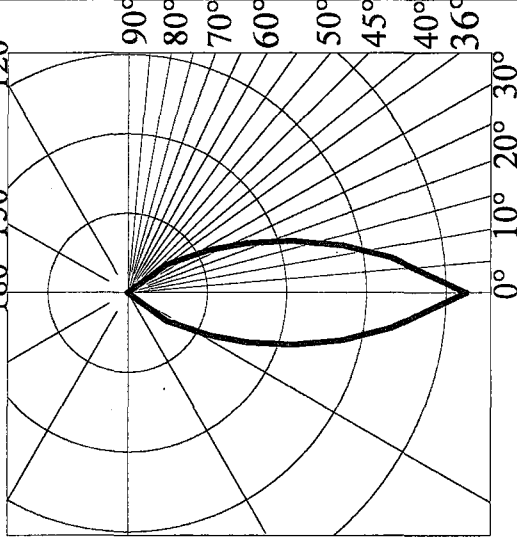
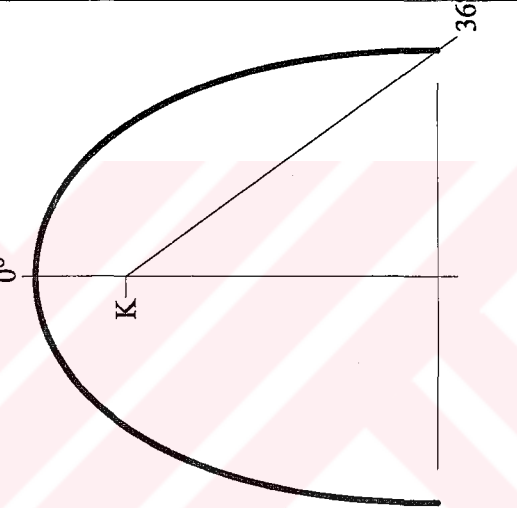
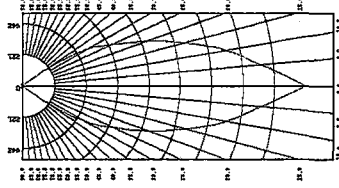
Çizelge 8.3.d  $\alpha/\beta$  oranının düzgün adımlarla azaldığı durum için yapılan uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=4'$  ten  $3'$  e)

	<b><math>\alpha/\beta</math> oranına bağlı olarak elde edilen aygıt ışık yegünlük eğrisi</b>	<b>Oluşturulan yansıtıcı</b>	<b>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yegünlük eğrisi</b>
4			

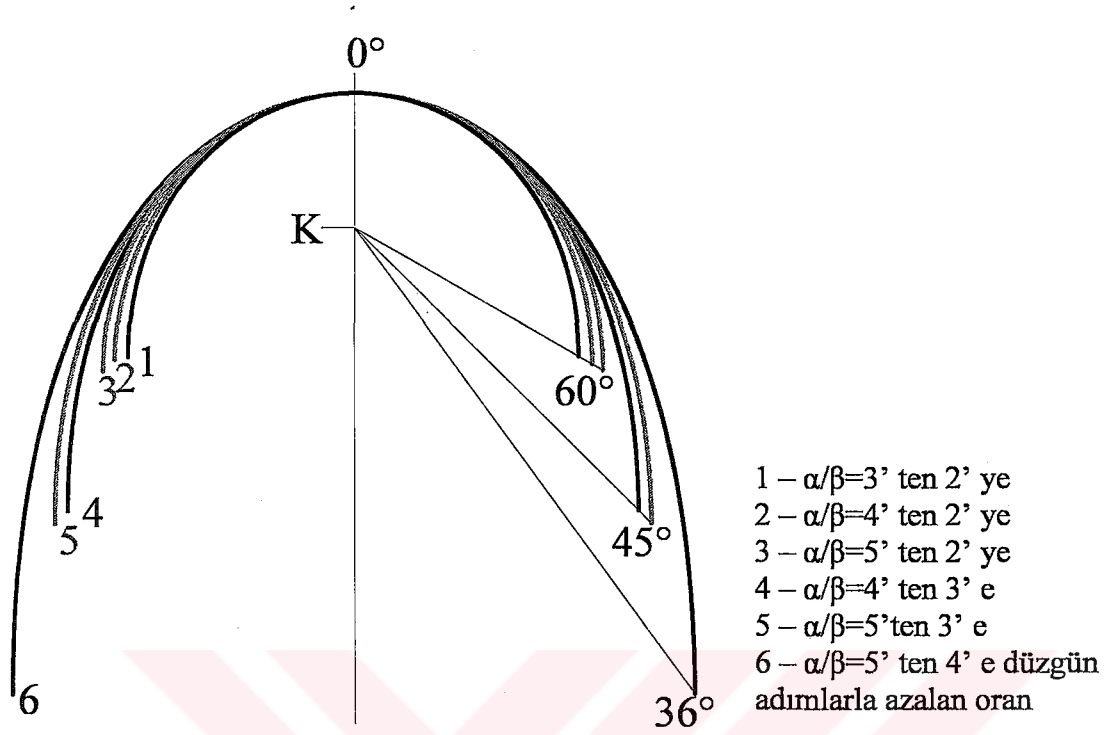
Çizelge 8.3e  $\alpha/\beta$  oranının düzgün adımlarla azaldığı durum için yapılan uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=5'$  den  $3' e$ )

	<b><math>\alpha/\beta</math> oranına bağlı olarak elde edilen aygıt ışık yegimlik eğrisi</b>	<b>Oluşturulan yansıtıcı</b>	<b>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yegimlik eğrisi</b>
<b>5</b>			

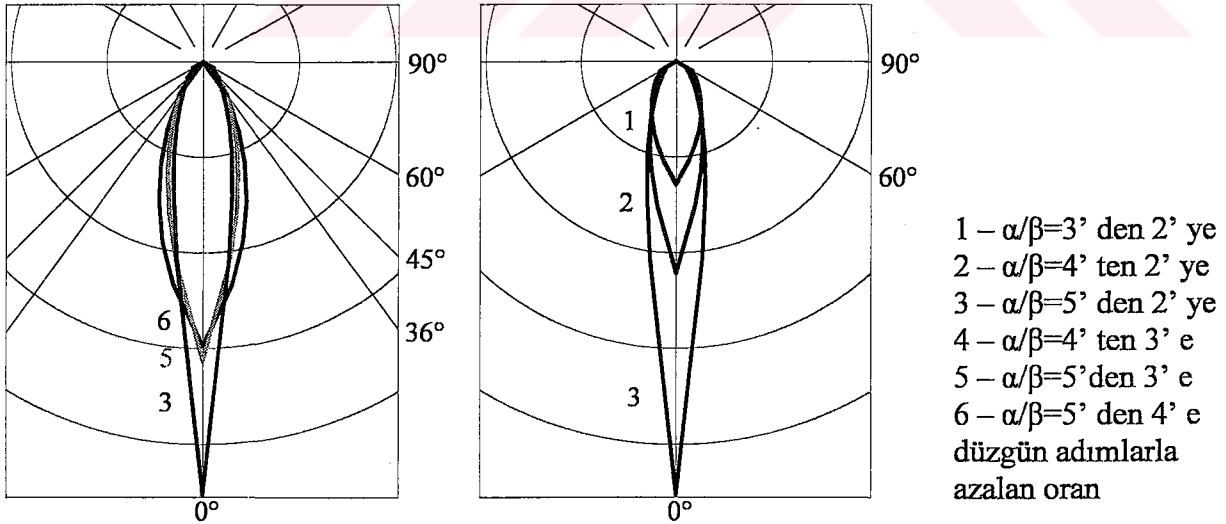
Çizelge 8.3f  $\alpha/\beta$  oranının düzgün adımlarla azaldığı durum için yapılan uygulama örnekleri ( $\alpha/\beta=5'$  den  $4'$  e)

	<b><math>\alpha/\beta</math> oranına bağlı olarak elde edilen aygıt ışık yeğirlik eğrisi</b>	<b>Oluşturulan yansıtıcı</b>	<b>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yeğirlik eğrisi</b>
<b>6</b>			

Çizelge 8.3a, 8.3b, 8.3c, 8.3d, 8.3e ve 8.3f' de görülen yansıtıcılar ve ışık yeğinlik eğrileri karşılaştırma amacıyla üst üste getirilmiştir (Şekil 8.5 ve 8.6)



Şekil 8.5  $\alpha/\beta$  oranının düzgün adımlarla azaldığı durum için oluşturulan yansıtıcılar



Şekil 8.6  $\alpha/\beta$  oranının düzgün adımlarla azaldığı durum için elde edilen ışık yeğinlik eğrileri

Yansıtıcıya geliş ve yansıma açıları arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) yansıtıcı kesitinde, tepe

noktasından etek noktasına doğru azaldığı durumda erişilen sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Yansıtıcı tepe noktasında belli bir değerde başlayan  $\alpha/\beta$  oranının etek noktasında son bulunduğu değer küçüldükçe (örneğin Şekil 8.5' de, (6)  $\alpha/\beta=5'$  den  $4'$  e, (5)  $\alpha/\beta=5'$  den  $3'$  e ve (3)  $\alpha/\beta=5'$  den  $2'$  ye),

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

Yansıtıcıya geliş ve yansıma açıları arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) yansıtıcının tepe noktasında farklı değerlerde başlayıp, etek noktasında aynı değerde son bulunduğu uygulama örnekleri de birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Tepe noktasındaki  $\alpha/\beta$  oranının büyüdüğü koşulda (örneğin Şekil 8.5' de, (1)  $\alpha/\beta=3'$  ten  $2'$  ye, (2)  $\alpha/\beta=4'$  ten  $2'$  ye ve (3)  $\alpha/\beta=5'$  den  $2'$  ye),

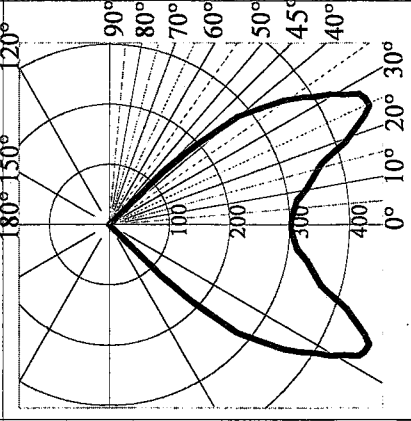
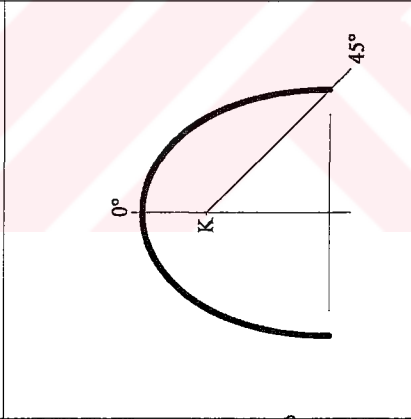
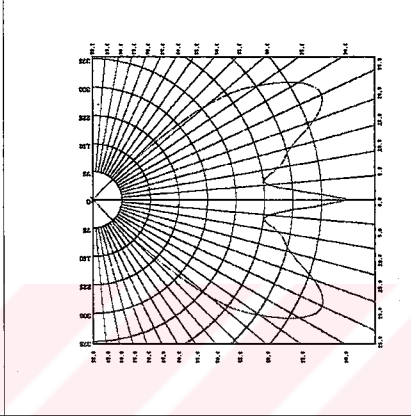
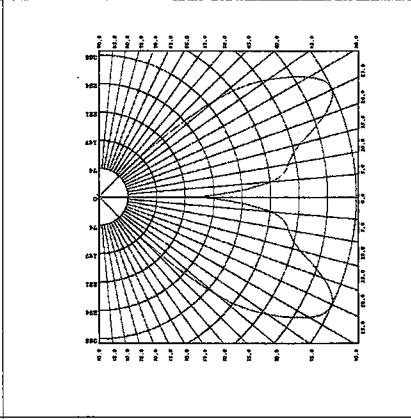
- yansıtıcı yüksekliğinin arttığı,
  - yansıtıcı ağız açıklığının büyüdüğü,
  - dolaysız ışığın yayılma açısının/aygıt ışık yeğnlik eğrisi koni tepe açısının (KTA) değişmediği,
  - yansıtıcının etek noktasına gelen ve bu noktadan yansıyan ışık ışınlarının aygıt eksenini ile yaptıkları açılarının ( $\alpha_{mak}$  ve  $\beta_{mak}$ ) değişmediği,
  - aygıt ışık yeğnlik eğrisinde  $0^\circ$  doğrultusundaki/aygıt eksenini doğrultusundaki ışık yeğnlik değerinin büyüdüğü
- ortaya çıkmaktadır.

### 8.3 Işığın Yansıtıcı Yüzeğe Geliş ve Yansıma Doğrultularının Aygıt Ekseni ile Yaptıkları Açılar Arasındaki Oranın Gelişigüzel Olduğu Durum için Yapılan Uygulama Örnekleri

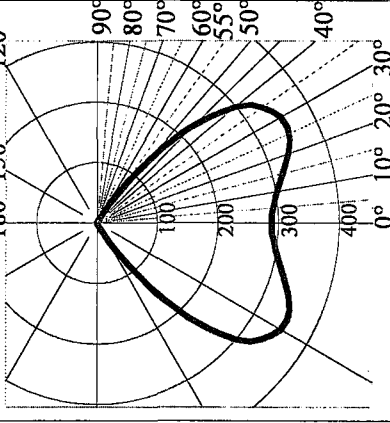
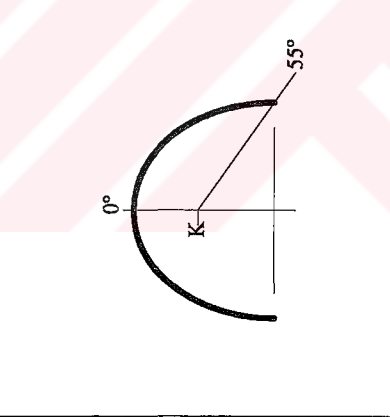
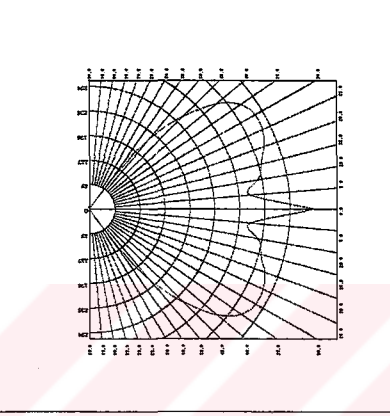
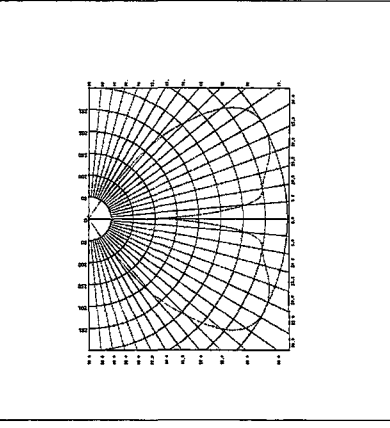
Işık kaynağından çıkarak yansıtıcı yüzeğe gelen ve yansıyan ışık ışınlarının aygıt ekseni ile yaptıkları açılar ( $\alpha$  ve  $\beta$  açıları) arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) gelişigüzel olduğu uygulama örneklerine yer verilmiştir. Bu amaçla, aydınlatma aygıtı kataloglarından biçimleri birbirinden farklı olan dokuz ayrı aygıt ışık yeğnlik eğrisi seçilerek veri olarak alınmıştır (Türk Philips, 98/99; Çizelge 8.4). Veri oluşturan aygıt ışık yeğnlik eğrilerinden yola çıkarak öncelikle  $\alpha_{\text{mak}}$  ve  $\beta_{\text{mak}}$  açıları, ardından yansıtıcı kesitinde ayrılan her bölge için  $\alpha$  ve  $\beta$  açıları belirlenmiş ve yansıtıcılar oluşturulmuştur. Biçim ve büyüklükleri belirlenen yansıtıcılar Photopia 2.0 bilgisayar programı ile analizleri yapılarak ışık yeğnlik eğrileri elde edilmiştir. Ancak, bilgisayar simülasyon programı ile saptanan aygıt ışık yeğnlik eğrileri veri olarak alınmış olan aygıt ışık yeğnlik eğrilerine, 8.1 ve 8.2 bölümlerinde elde edilen sonuçlardan farklı olarak, tamamen benzer çıkmamıştır. Bunun nedeni, 8.1 ve 8.2 bölümlerinde gerek veri alınan  $\alpha/\beta$  oranına bağlı olarak aygıt ışık yeğnlik eğrisi oluşturulurken, gerekse yansıtıcı tanımlandıktan sonra bilgisayar programı ile aygıt ışık yeğnlik eğrisi belirlenirken yansıtıcıda duy boşluğu bırakılmamış olmasıdır. Oysa, aydınlatma aygıtı katalogundan alınan ışık yeğnlik eğrileri, aygıtların yansıtıcılarında belli büyüklükteki duy boşluğunun olması durumunda elde edilmiş olan eğrilerdir. Aygıt kataloglarında, yansıtıcılarda bırakılmış duy boşluklarının büyüklüğü konusunda bilgiye rastlanmadığından, oluşturulan yansıtıcıların tümünde, yansıtıcı tasarımı ve analizlerde boyutsuz nokta kaynak kullanımı dikkate alınarak, ortalama bir değer alınarak 0.8 cm duy boşluğu bırakılmış ve yansıtıcıların ışık yeğnlik eğrileri yeniden bilgisayar programı ile belirlenmiştir. Veri olarak seçilen aygıt ışık yeğnlik eğrileri ile duy boşluğu bırakılan yansıtıcıların ışık yeğnlik eğrileri arasındaki küçük farklar ise bırakılan duy boşluğu büyüklüğünün gerçek durumdan farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Ayrıca, veri alınan aygıt ışık yeğnlik eğrilerinin ait olduğu yansıtıcıların ışık yansıtma biçimi konusunda da bilgiye ulaşılammıştır. Oluşturulan yansıtıcıların analizinin düzgün yansıma yapan yansıtıcı gereci için yapılmış olması, ortaya çıkan farkların bir başka nedenidir. Duy boşluğu ve yansıtıcı gereci ışık yansıtma biçiminin yanı sıra, veri alınan aygıt ışık yeğnlik eğrilerine ait aygıtlarda kullanılan lambaların ışık yeğnlik dağılımları da izotrop dağılımlı değildir. Bu da, veri alınan aygıt ışık yeğnlik eğrileri ile elde edilen aygıt ışık yeğnlik eğrileri arasındaki farkları doğuran önemli bir konudur.

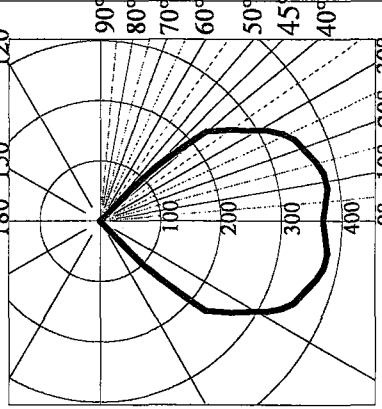
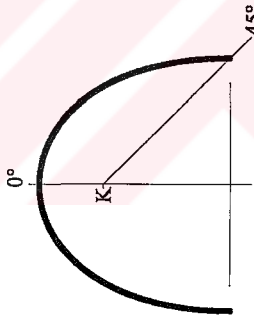
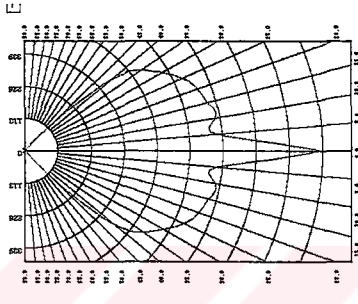
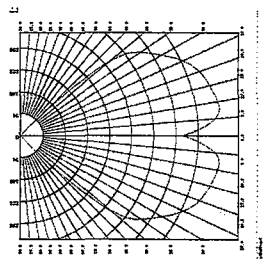
Çizelge 8.4a  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu durum için yapılan uygulama örnekleri

	<p><b>Aydınlatma aygıtı kataloğundan alınan aygıt ışık yegînlilik eğrisi</b></p> 	<p><b>Oluşturulan yansıtıcı</b></p> 	<p><b>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yegînlilik eğrisi (duy boşluğu yok)</b></p> 	<p><b>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yegînlilik eğrisi (duy boşluğu 0.8 cm)</b></p> 
<b>1</b>				

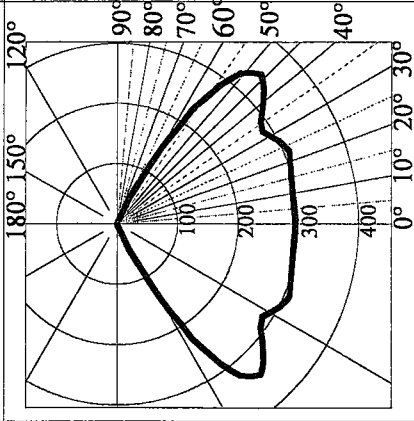
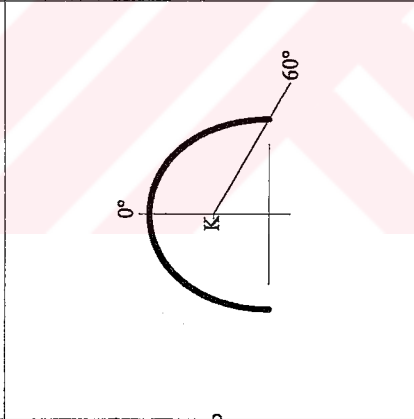
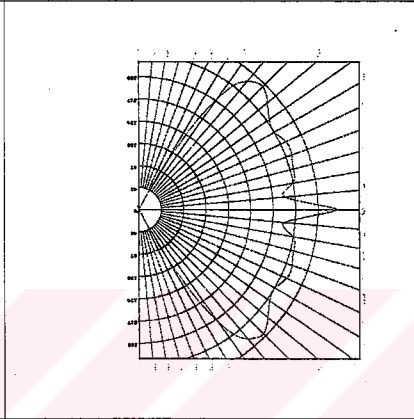
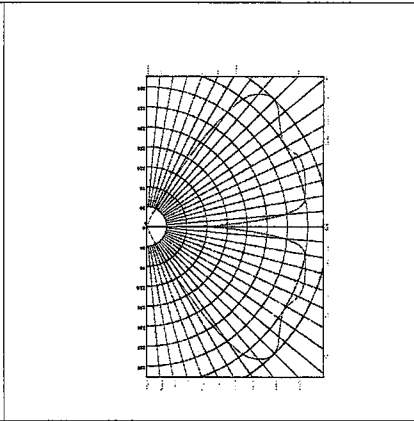
Çizelge 8.4b  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu durum için yapılan uygulama örnekleri

2	<p>Aydınlatma aygıtı kataloğundan alınan aygıt ışık yeğirlik eğrisi</p> 	<p>Oluşturulan yansıtıcı</p> 	<p>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yeğirlik eğrisi (duy boşluğu yok)</p> 	<p>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yeğirlik eğrisi (duy boşluğu 0.8 cm)</p> 
---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Çizelge 8.4c  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu durum için yapılan uygulama örnekleri

3	<p><b>Aydınlatma aygıtı kataloğundan alınan aygıt ışık yeğirlik eğrisi</b></p> 	<p><b>Oluşturulan yansıtıcı</b></p> 	<p><b>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yeğirlik eğrisi (duy boşluğu yok)</b></p> 	<p><b>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yeğirlik eğrisi (duy boşluğu 0.8 cm)</b></p> 
---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

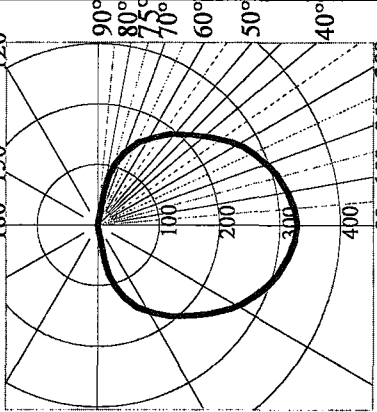
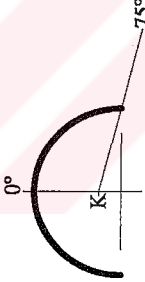
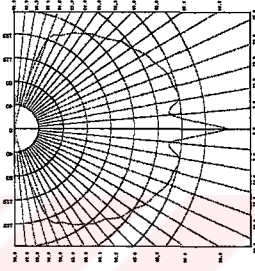
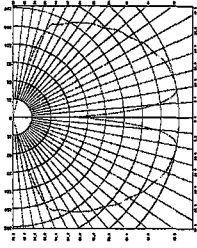
Çizelge 8.4d  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu durum için yapılan uygulama örnekleri

4	<p><b>Aydınlatma aygıtı kataloğundan alınan aygıt ışık yegünlük eğrisi</b></p> 	<p><b>Oluşturulan yansıtıcı</b></p> 	<p><b>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yegünlük eğrisi (duy boşluğu yok)</b></p> 	<p><b>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yegünlük eğrisi (duy boşluğu 0.8 cm)</b></p> 
---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

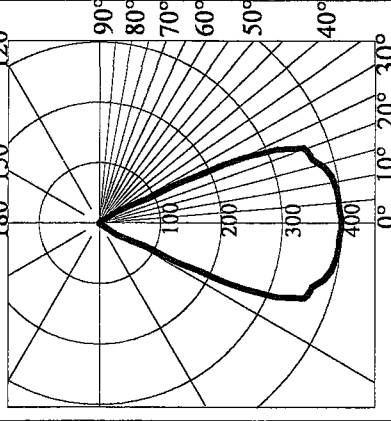
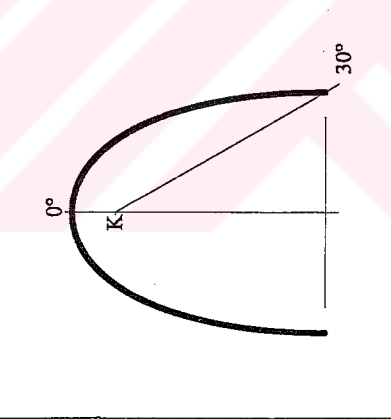
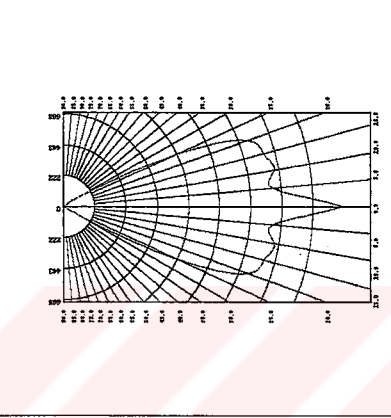
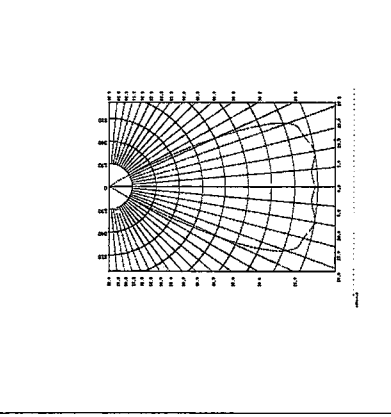
Çizelge 8.4e  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu durum için yapılan uygulama örnekleri

	Aydınlatma aygıtı kataloğundan alınan aygıt ışık yegirlik eğrisi	Oluşturulan yansıtıcı	Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yegirlik eğrisi (duy boşluğu yok)	Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yegirlik eğrisi (duy boşluğu 0.8 cm)
5				

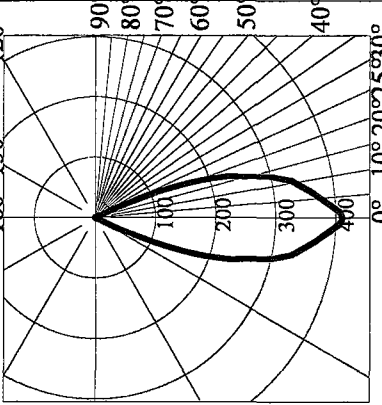
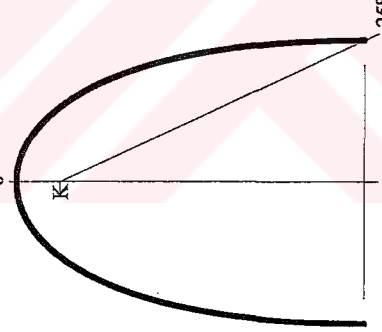
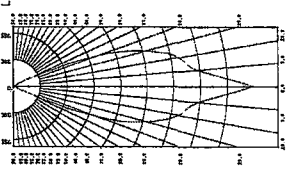
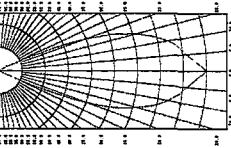
Çizelge 8.4.f  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu durum için yapılan uygulama örnekleri

	Aydınlatma aygıtı kataloğundan alınan aygıt ışık yegînlîk eğrisi	Oluşturulan yansıtıcı	Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yegînlîk eğrisi (duy boşluğu yok)	Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yegînlîk eğrisi (duy boşluğu 0.8 cm)
<b>6</b>				

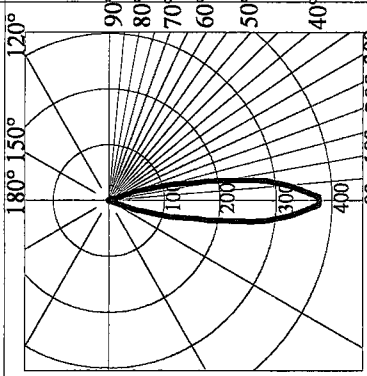
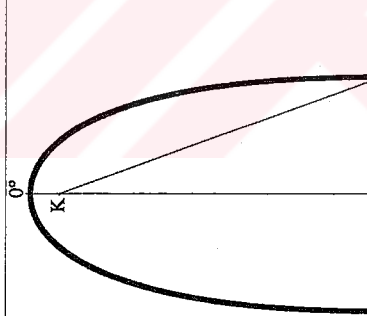
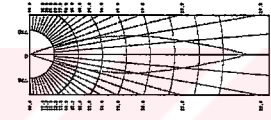
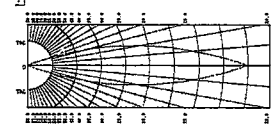
Çizelge 8.4g  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu durum için yapılan uygulama örnekleri

7	<p><b>Aydınlatma aygıtı katalogundan alınan aygıt ışık yeğirlik eğrisi</b></p> 	<p><b>Oluşturulan yansıtıcı</b></p> 	<p><b>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yeğirlik eğrisi (duy boşluğu yok)</b></p> 	<p><b>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yeğirlik eğrisi (duy boşluğu 0.8 cm)</b></p> 
---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

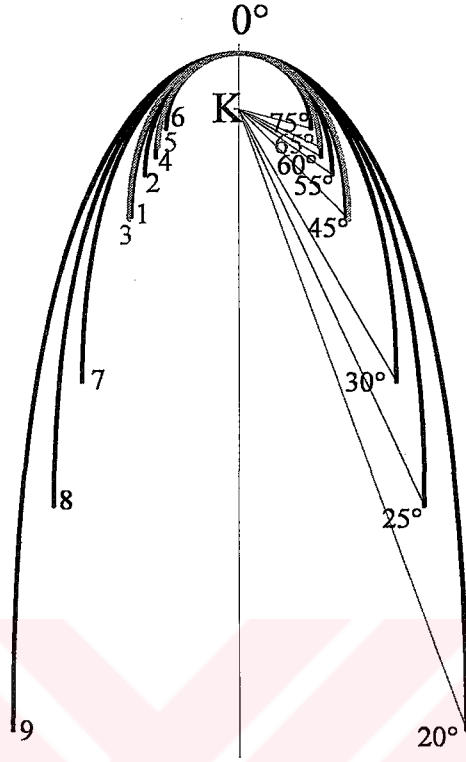
Çizelge 8.4h  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu durum için yapılan uygulama örnekleri

	Aydınlatma aygıtı kataloğundan alınan aygıt ışık yegînlîk eğrisi	Oluşturulan yansıtıcı	Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yegînlîk eğrisi (duy boşluğu yok)	Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yegînlîk eğrisi (duy boşluğu 0.8 cm)
<b>8</b>				

Çizelge 8.4i  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu durum için yapılan uygulama örnekleri

9	<p><b>Aydınlatma aygıtı kataloğundan alınan aygıt ışık yeğirlik eğrisi</b></p> 	<p><b>Oluşturulan yansıtıcı</b></p> 	<p><b>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yeğirlik eğrisi (duy boşluğu yok)</b></p> 	<p><b>Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yeğirlik eğrisi (duy boşluğu 0.8 cm)</b></p> 
---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Ele alınan dokuz ayrı örnek için elde edilen yansıtıcılar Şekil 8.7' de üst üste çizilerek gösterilmiştir.



Şekil 8.7  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu durum için oluşturulan yansıtıcılar

$\alpha/\beta$  arasındaki oranın yansıtıcı kesitinde gelişigüzel değiştiği durum için ele alınan dokuz ayrı örnek uygulamada elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Dolaysız ışığın yayılma açısı/aygıt ışık yeğnilik eğrisinin koni tepe açısı (KTA) küçüldükçe,

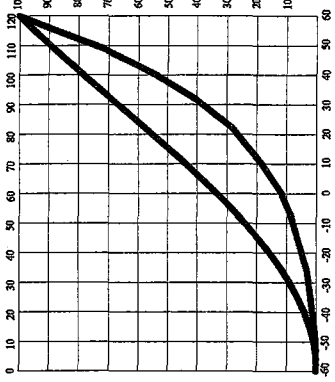
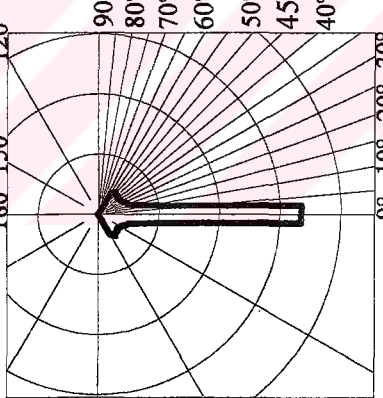
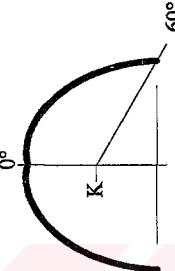
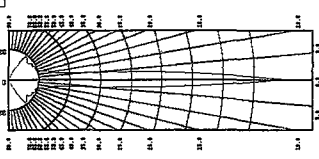
- yansıtıcının yüksekliği artmış,
- yansıtıcının ağız açıklığı büyümüş,
- ışık kaynağından çıkan ışığın yansıtıcı yüzeye düşmeden doğrudan doğruya yansıtıcı dışına çıkan bölümü azalmış,
- ışık kaynağından çıkan ışığın yansıtıcı yüzeye düşen bölümü, dolayısıyla yansıtıcıdan yansarak aygıt dışına çıkan ışık bölümü artmış,
- yansıtıcının etek noktasından yansıyan ışık ışınının aygıt eksenine ile yaptığı açı ( $\beta_{\text{mak}}$ ) küçülmüş,
- yansıtıcının etek noktasına gelen ışık ışınının aygıt eksenine ile yaptığı açı ( $\alpha_{\text{mak}}$ ) büyümüştür.

#### 8.4 Işığın Yansıtıcı Yüzeye Geliş ve Yansıma Doğrultularının Aygıt Ekseni ile Yaptıkları Açılar Arasındaki Oranın Gelişigüzel Olduğu ve Işığın Yansıma Doğrultusunun Negatif Değerler Aldığı Durum için Uygulama Örnekleri

Işığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt ekseni ile yaptıkları açılar arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) gelişigüzel olduğu ve ışığın doğrultusunun negatif değerler aldığı durum örnekleri ele alınmıştır. Işığın doğrultusunun negatif değerler aldığı durumları inceleyebilmek için, veri olarak, yansıtıcıya geliş ( $\alpha$ ) ve yansıtıcıdan yansıma ( $\beta$ ) açılarının yer aldığı  $\alpha$  ve  $\beta$  eğrisi grafikleri alınmıştır. Veri alınan söz konusu grafikler, gelişigüzel oluşturularak  $\beta$  eğrisinin negatif değerler alması sağlanmıştır. Söz konusu grafikte,  $\beta$  eğrisinin  $\alpha$  eğrisini hiç kesmediği,  $\alpha$  eğrisini  $20^\circ$  de kestiği ve  $\alpha$  eğrisini  $40^\circ$  de kestiği durumlar incelenmiştir.

Her uygulama örneği için,  $\alpha$  ve  $\beta$  eğrisi grafiklerindeki değişime bağlı olarak çizilen aygıt ışık yeğnlik eğrisi, yansıtıcı kesiti ve yansıtıcının bilgisayar simülasyon programı ile elde edilen ışık yeğnlik eğrisi Çizelge 8.5' de gösterilmiştir. Çizelge 8.5' de yer alan yansıtıcılar ve ışık yeğnlik eğrileri üst üste getirilerek karşılaştırılmıştır. Şekil 8.8' de görüldüğü gibi, yansıtıcı kesiti üzerindeki ışığın yansıma doğrultusunun negatif değerler aldığı/ışığın aygıt ekseninden uzaklaşan doğrultusundaki ışın bölgesinde, yansıtıcının tepe bölgesinde çukurluk olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 8.5a  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu ve negatif değerler de aldığı durum için yapılan uygulama örnekleri  
( $\beta$  eğrisinin  $\alpha$  eğrisini kesmediği durum )

	Veri Olarak Alınan $\alpha/\beta$ Grafikleri	Oluşturulan Aygıt Işık Yeğinlik Eğrileri	Oluşturulan yansıtıcı	Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yeğinlik eğrisi
<b>1</b>				

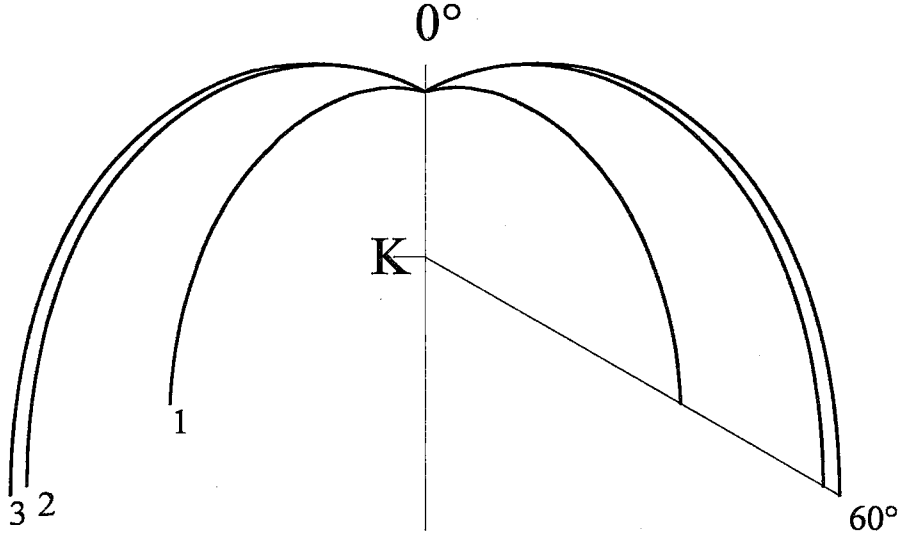
Çizelge 8.5b  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu ve negatif değerler de aldığı durum için yapılan uygulama örnekleri  
( $\beta$  eğrisinin  $\alpha$  eğrisini  $20^\circ$  de kestiği durum)

	Veri Olarak Alınan $\alpha/\beta$ Grafikleri	Oluşturulan Aygıt Işık Yeğinlik Eğrileri	Oluşturulan yansıtıcı	Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yeğinlik eğrisi
2				

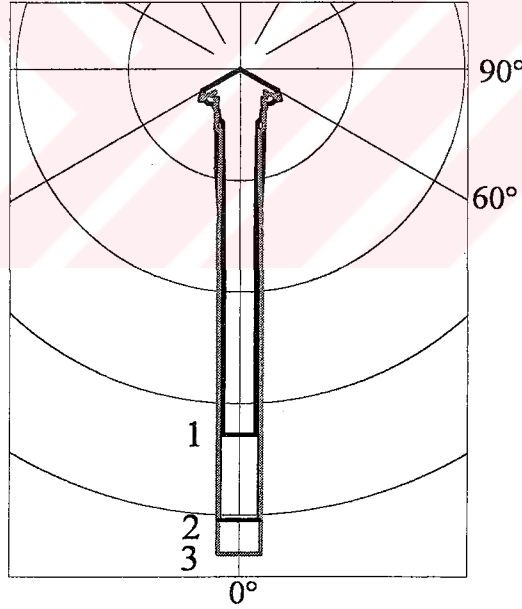
Çizelge 8.5c  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu ve negatif değerler de aldığı durum için yapılan uygulama örnekleri  
( $\beta$  eğrisinin  $\alpha$  eğrisini  $40^\circ$  de kestiği durum)

	Veri Olarak Alınan $\alpha/\beta$ Grafikleri	Oluşturulan Aygıt Işık Yeğinlik Eğrileri	Oluşturulan yansıtıcı	Aydınlatma aygıtı analiz programıyla elde edilen aygıt ışık yeğinlik eğrisi
3				

Ele alınan üç ayrı örnek için elde edilen yansıtıcılar Şekil 8.8' de üst üste çizilerek gösterilmiştir.



Şekil 8.8  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu ve negatif değerler de aldığı durum için oluşturulan yansıtıcılar



Şekil 8.9  $\alpha/\beta$  oranının gelişigüzel olduğu ve negatif değerler de aldığı durum için elde edilen ışık yeğirlik eğrileri

Işığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenine ile yaptıkları açılar arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ) gelişigüzel olduğu ve ışığın yansıma doğrultusunun negatif değerler aldığı durum için ele alınan örnek uygulamalarda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

$\alpha$  ve  $\beta$  eğrisi grafiğindeki  $\beta$  eğrisinin  $\alpha$  eğrisini kestiği açı değeri yükseldikçe ( $\alpha=0^\circ$ ,  $\alpha=20^\circ$ ,  $\alpha=40^\circ$ ),

- yansıtıcının ağız açıklığının büyüdüğü,
  - yansıtıcı tepe bölgesindeki çukurluğun arttığı,
  - aygıt ışık yeğnlik eğrisinde  $0^\circ$  doğrultusundaki/aygıt ekseni doğrultusundaki ışık yeğnlik değerinin büyüdüğü
- görülmüştür.



## 9. SONUÇ

Bir mekandaki iyi görme koşullarının eksiksiz oluşmasını sağlayacak aydınlatma düzeninin kurulmasında temel araç aydınlatma aygıtıdır. Aydınlatma aygıtı tasarımında temel amaç, lambanın hemen hemen tüm doğrultulara yayımladığı ışığı istenen doğrultulara yönlendirmektir. Lamba ışığının yönlendirilmesi ağırlıklı olarak ışığın yansıtılması ile olanaklıdır. Bu nedenle, aydınlatma aygıtlarının çoğu, lamba ışığını gerekli doğrultulara yansıtacak bir yansıtıcı içerir ve yansıtıcı tasarımı aydınlatmada önemli bir yer tutar.

Bu çalışmada genel yansıtıcı biçimleri ele alınmış, yansıtıcı biçimine ilişkin olabilecek çeşitli koşullar araştırılmış ve genel yansıtıcı tasarımında yararlanılabilecek birbirinden farklı yaklaşımlar irdelenerek değerlendirilmiştir. Bu işlem, yansıtıcılar içinde izotrop dağıtımlı boyutsuz nokta ışık kaynağının yer alması ve yansıtıcı gerecinin düzgün yansıma yapması durumları için yapılmıştır.

Genel yansıtıcı biçiminin belirlenmesinde yararlanılan yaklaşımların, bu konuya ilişkin aydınlatma literatüründe çok sınırlı olan bilginin yapılan çok yönlü araştırma ve çeşitli örnek uygulamalar yardımı ile yorumlanması ve açıklanması olanaklı olmuştur. Genel yansıtıcı biçiminin oluşturulmasına yönelik dört ayrı yaklaşım,

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

başlıkları altında açıklanmış ve yaklaşımların açıklanması birer uygulama örneği ile desteklenmiştir.

Genel yansıtıcı tasarımına yönelik açıklanan farklı yaklaşımları karşılaştırıp değerlendirebilmek amacıyla, ışığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenini ile yaptıkları açılar arasındaki oranın değişik değerlerde olması koşulları için uygulama örnekleri yapılmıştır. Uygulama örnekleri, ışığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenini ile yaptıkları açıları arasındaki oranın ( $\alpha/\beta$ ),

- yansıtıcının tüm noktalarında değişmez (aynı) olması,
- yansıtıcının tepe noktasından etek noktasına doğru eşit adımlarla artması ve azalması,
- yansıtıcı kesiti üzerinde gelişigüzel değişmesi,
- yansıtıcı kesiti üzerinde gelişigüzel değişmesi ve ışığın yansıma doğrultusunun aygıt

ekseni ile yaptığı açının eksi değerler alması koşulları için yapılmıştır.

Işığın yansıtıcıya geliş ve yansıma doğrultularına ilişkin değişik her koşul için veri olarak alınan aygıt ışık yeğnlik eğrisini sağlayacak yansıtıcının tasarımı her bir yaklaşım için ayrı ayrı yapılmıştır. Kimi koşullarda, belli bir aygıt ışık yeğnlik eğrisini sağlayacak yansıtıcının özellikleri uygulanan yaklaşımlara göre farklılık göstermiştir. Yansıtıcı tasarımında yararlanılan yaklaşımları tutarlılıkları açısından değerlendirebilmek ve hangi yaklaşımın hangi koşullar için uygulanabilir olduğunu saptayabilmek için çeşitli yaklaşımlarla oluşturulmuş yansıtıcıların ışık yeğnlik eğrileri aydınlatma aygıtı analiz programı ile elde edilmiştir. Bilgisayar programı ile saptanan aygıt ışık yeğnlik eğrileri, veri olarak alınan aygıt ışık yeğnlikleri ile karşılaştırılmış ve

- grafik yapım ve grafik bütünleşme yaklaşımları ile her koşulda doğru sonuçlar elde edildiği,
- hesaplama yolu ile yalnızca ışığın yansıtıcıya geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenine ile yaptıkları açılar arasındaki oranın aynı olduğu koşulda güvenilir sonuçlara erişildiği,
- grafikler aracılığı ile tutarlı sonuçlara ulaşamadığı

sonuçlarına varılmıştır. Bu sonuçlara bağlı olarak genel yansıtıcı tasarımında, ışığın yansıtıcıya geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenine ile yaptıkları açılar arasındaki oranın yansıtıcı kesitinde

- aynı olduğu durumda hesaplama yolu,
- düzgün adımlarla değiştiği durumda grafik yapım ya da grafik bütünleşme yaklaşımı,
- gelişigüzel değiştiği durumda grafik yapım ya da grafik bütünleşme yaklaşımının uygulanması önerilmektedir.

Işığın yansıtıcıya geliş ve yansıma doğrultularına ilişkin değişik koşullar için, bu koşullarda uygulanması önerilen yaklaşımlar ile 32 adet uygulama örneği daha yapılmış ve oluşturulan yansıtıcıların ışık yeğnlik eğrileri bilgisayar simülasyon programı aracılığı ile de saptanmıştır. Böylece, birbirinden farklı biçimlerdeki aygıt ışık yeğnlik eğrilerini sağlayacak yansıtıcıların özellikleri saptanabilmiştir. Daha açık bir deyişle, yapılan örnek uygulamaların sonuçları, belli bir aygıt ışık yeğnlik eğrisini sağlayacak yansıtıcı özelliklerinin belirlenmesini kolaylaştırmaktadır.

Bu çalışma içinde ulaşılan sonuçlar ile nokta ışık kaynağı ve düzgün yansıma yapan yansıtıcı

gereci koşullarında, istenen aygıt ışık yeğnlik eğrisini sağlayacak yansıtıcının belirlenmesi olanaklı olmuştur. Elde edilen sonuçlar, aydınlatma literatüründe yer almayan bilgileri içermesi ve aydınlatma aygıtı tasarımında yol gösterici nitelik taşıması bakımından önemlidir.



**KAYNAKLAR**

Anon., (1987), "CIE, International Lighting Vocabulary", 4. Edition, Publication CIE No 17 (E-1.1).

Anon., (1992), "Handbuch für Beleuchtung, LITG, SLG, LTAG; NSVU", ecomed-Fachverlag, Landsberg.

Anon., (1989), "Philips Lighting, Luminaire Optics and Photometrics", Printed in the Netherlands.

Anon., (1996), "Lamp 83, 1996-1998 Aydınlatma Kataloğu", İstanbul.

Anon., (1993), "Philips Lighting, Lighting Manual", Eindhoven, Netherlands.

Benlioğlu, B., "Konik Yansıtıcıların İç Mekan Aydınlatma Düzenlerindeki Yeri ve Karşılaştırması", YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Ganslandt, R., ve Hofmann, H., (1992), Handbuch der Lichtplanung, Druckhaus Maack, Lüdenscheid.

IES, (1984), "IES Lighting Handbook".

IESNA, (2000), "The Lighting Handbook", New York, USA.

Öztürk, L., D., (1995), İç Mimari Aydınlatmada, Düzgün Yansıma Geometrisi ile Aydınlığın Denetlenmesinde Kullanılabilecek Yeni Bir Yöntem Önerisi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Öztürk, L., D., (2004), "Yansıtıcı Tasarımında Temel İlkeler", 1. Aydınlatma Semineri, 16 Eylül 2004, İstanbul.

Öztürk, L., D., (2004), Düzgün Yansıma Geometrisinin Aydınlatma Aygıtı Yansıtıcılarına Uygulanması, No: YTÜ. MF. YK-2000-0574, YTÜ Basımevi, 2000.

Sirel, Ş., (1997), "Aydınlatma Sözlüğü", YEM Yayınları, İstanbul.

Sirel, Ş., (1974), "Aydınlatma Terimleri", YTÜ Yayınları, 112, İstanbul.

Weis, B., (2000), Industriebeleuchtung, Richard Pflaum Verlag, GmbH+Co.KG, München, 2000.

Photopia 2.0, Aydınlatma Aygıtı Tasarım ve Analiz Programı.

**EKLER**

Ek 1 Işığın yansıtıcıya geliş ve yansıma açıları arasında aynı oran bulunmadığı durumda, hesaplama yolu ile yansıtıcı biçiminin belirlenemediğinin tanıtlanması

Ek 2 Aygıt ışık yeğnlik eğrisinin belirlenmesi

Ek 3 Genel yansıtıcı tasarımında yararlanılan Grafik Bütünleşme Yaklaşımı' nın geliştirilmesi

Ek 4 Aydınlatma Aygıtı Analiz ve Tasarım Programı (Photopia 2.0)



**Ek 1 Işığın yansıtıcıya geliş ve yansımaya açıları arasında aynı oran bulunmadığı durumda, hesaplama yolu ile yansıtıcı biçiminin belirlenemediğinin tanıtlanması**

7.6 bölümünde belirtildiği gibi, hesaplama yolu ile yansıtıcı tasarımında yalnızca  $\alpha/\beta$  oranının değişmez olduğu koşulda yansıtıcı biçimi doğru olarak belirlenebilmektedir. Bu bölümde,  $\alpha/\beta$  oranının yansıtıcı kesitinde değişmesi durumunda hesaplama yolu ile tutarlı sonuçlara ulaşılamadığı tanıtılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla,  $\alpha/\beta$  değerinin, yansıtıcının tepe noktasında 5, etek noktasında 2 olacak biçimde düzgün adımlarla azaldığı örnek durum ele alınmıştır. Söz konusu örnek durum için, yansıtıcının grafik yapım yaklaşımı ve hesaplama yolu ile oluşturulmaları sırasında elde edilen kimi değerler karşılaştırılmış, aynı koşul için iki ayrı yaklaşıma göre oluşturulan ve birbirinden farklı biçimlerde ortaya çıkan yansıtıcılar arasındaki farkın nedenleri araştırılmıştır.

$\alpha/\beta=5'$  den  $2'$  ye düzgün adımlarla azalan durum için, grafik yapım yaklaşımına göre oluşturulan yansıtıcının açısal büyüklükleri Çizelge Ek 1.1, yansıtıcı ise Şekil Ek 1.1' deki gibi belirlenmiştir. Çizelge Ek 1.1' de görüldüğü gibi yansıtıcının tepe noktasında ( $\alpha=0^\circ$ )  $\alpha/\beta=5$ , etek noktasında  $\alpha/\beta=2'$  dir.

Etek noktasında  $\alpha_{\text{mak}}+\beta_{\text{mak}}=180^\circ$  dir. Bu nedenle,  
 $2 \beta_{\text{mak}} + \beta_{\text{mak}}=180^\circ$  olduğundan  $\beta_{\text{mak}}=60^\circ$  ve  $\alpha_{\text{mak}}=120^\circ$  elde edilmiştir.

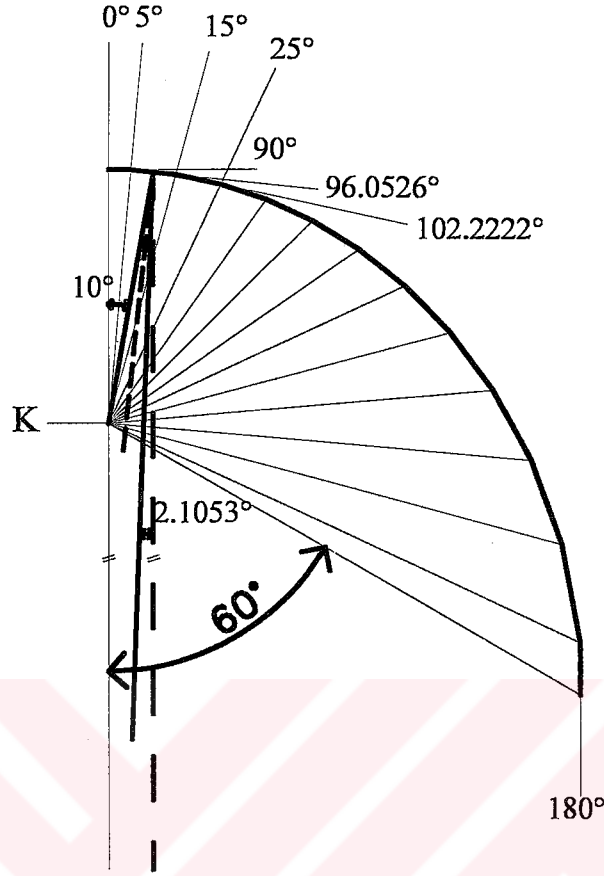
$\alpha/\beta$  oranı  $5'$  den  $2'$  ye değişim gösterdiğinde aradaki fark  $5-2=3$  olduğu için, 3 değeri  $\alpha$  açısının oluşturduğu bölge sayısı olan  $12'$  ye bölünerek  $5'$  den  $2'$  ye kadarki değişim niceliği ( $z$ ) 0.25 bulunmuştur.

Çizelge Ek 1.1' de oluşturulan bölgelere göre  $\alpha/\beta$  arasında olması gereken oranlar örneğin,

$\alpha=0^\circ$  için  $\alpha/\beta=5$ ,  
 $\alpha=10^\circ$  için  $\alpha/\beta=5-0.25=4.75$   
 $\alpha=20^\circ$  için  $\alpha/\beta=4.75-0.25=4.50'$  dir.

Çizelge Ek 1.1  $\alpha/\beta=5'$  den  $2'$  ye düzgün adımlarla değişen durum için, grafik yapım yaklaşımına göre oluşturulan yansıtıcının açısal büyüklükler

$\alpha$ (derece)	$\beta$ (derece)	$(\alpha+\beta)/2$ (derece)	Yansıtıcı parçalarının eğim açıları (derece)	Ortalama $\alpha$ açıları (derece)	$\alpha/\beta$ oranı
0,0	0,0000	0,0000	90,0000	5	5,0000
10,0	2,1053	6,0526	96,0526	15	4,7500
20,0	4,4444	12,2222	102,2222	25	4,5000
30,0	7,0588	18,5294	108,5294	35	4,2500
40,0	10,0000	25,0000	115,0000	45	4,0000
50,0	13,3333	31,6667	121,6667	55	3,7500
60,0	17,1429	38,5714	128,5714	65	3,5000
70,0	21,5385	45,7692	135,7692	75	3,2500
80,0	26,6667	53,3333	143,3333	85	3,0000
90,0	32,7273	61,3636	151,3636	95	2,7500
100,0	40,0000	70,0000	160,0000	105	2,5000
110,0	48,8889	79,4444	169,4444	115	2,2500
120,0	60,0000	90,0000	180,0000	-	2,0000



Şekil Ek 1.1  $\alpha/\beta=5'$  ten  $2'$  ye düzgün adımlarla değişen koşul için grafik yapım ile oluşturulan genel yansıtıcı

Şekil Ek 1.1' de yer alan, grafik yapım ile oluşturulmuş yansıtıcının kesiti üzerinde her  $\alpha$  açısı için ölçülen  $\beta$  açısı, dolayısıyla  $\alpha/\beta$  oranı olması gereken büyüklüktedir (Çizelge Ek 1.1). Daha açık bir deyişle, örneğin,

$\alpha=10^\circ$  için  $\alpha/\beta=4,75$   
 $\alpha=20^\circ$  için  $\alpha/\beta=4,50'$  dir.

$\alpha/\beta=5'$  den  $2'$  ye düzgün adımlarla azalan koşul için, hesaplama yolu ile oluşturulan yansıtıcıyı belirleyen büyüklükler Çizelge Ek 1.2' de verilmiştir.

Çizelge Ek 1.2  $\alpha/\beta=5'$  ten  $2'$  ye düzgün adımlarla değişen durum için, hesaplama yolu ile oluşturulan yansıtıcıyı belirleyen açısal büyüklükler

$\alpha$ (derece)	Işık kaynağı merkezi ile yansıtıcı arasındaki uzaklık (r, cm)	Yansıtıcı üzerinde ölçülen $\beta$ açıları	Yansıtıcı üzerinde belirlenen $\alpha/\beta$ oranı	Olması gereken $\alpha/\beta$ oranı
0,0	3,0000	0	0	5,0000
10,0	3,0181	-3,9378	eksi değer	4,7500
20,0	3,0722	-1,5951	eksi değer	4,5000
30,0	3,1625	1,2003	24,9938	4,2500
40,0	3,2906	4,4324	9,0245	4,0000
50,0	3,4580	8,3414	5,9942	3,7500
60,0	3,6663	13,0416	4,6007	3,5000
70,0	3,9159	18,7606	3,7312	3,2500
80,0	4,2038	25,8770	3,0915	3,0000
90,0	4,5207	34,9061	2,5783	2,7500
100,0	4,8457	46,7329	2,1398	2,5000
110,0	5,1388	62,9032	1,7487	2,2500
120,0	5,3333	86,0290	1,3949	2,0000

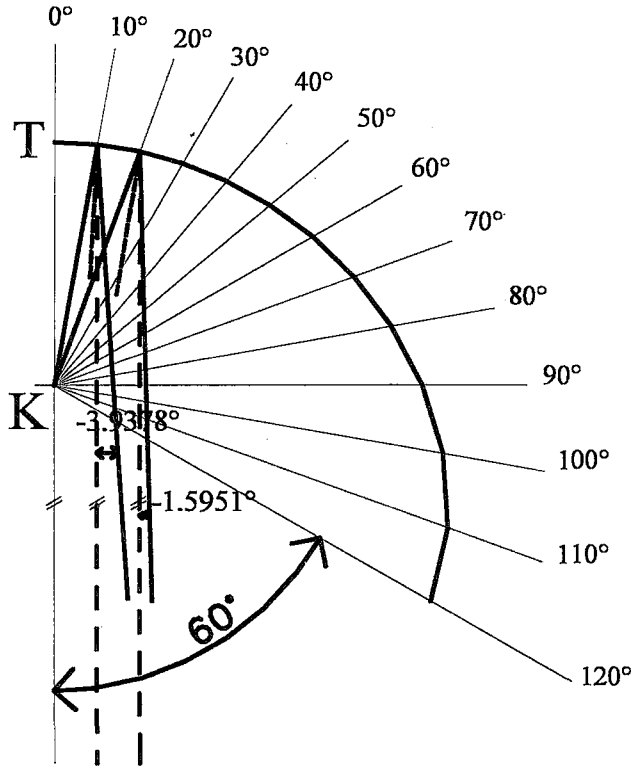
Çizelge Ek 1.2' de elde edilen değerler, Bölüm 7.2.2' de verilen 6.9 numaralı eşitliğe göre hesaplanmıştır. Örneğin,

$$\alpha=0^\circ \text{ için } \ln r/f = \int \tan((\alpha_0 - \alpha_0/x)/2) d\alpha$$

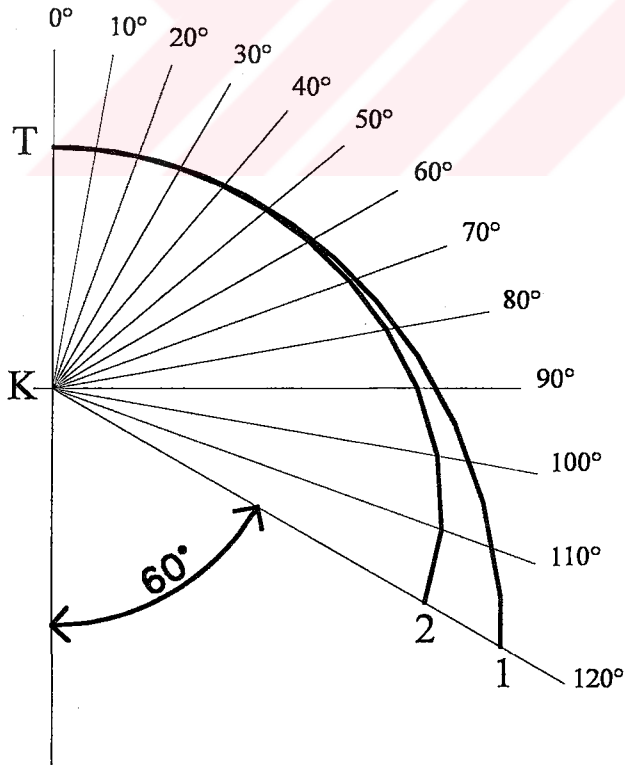
$$\alpha=10^\circ \text{ için } \ln r/f = \int \tan((\alpha_1 - (\alpha_1/(x-z)))/2) d\alpha$$

$$\alpha=20^\circ \text{ için } \ln r/f = \int \tan((\alpha_2 - (\alpha_2/(x-2z)))/2) d\alpha$$

elde edilmiştir. Elde edilen r değerlerine göre Şekil Ek 1.2' deki yansıtıcı çizilmiştir.



Şekil Ek 1.2  $\alpha/\beta=5'$  ten  $2'$  ye düzgün adımlarla azalan koşul için hesaplama yolu ile oluşturulan genel yansıtıcı



1 – Grafik Yapım ile,  
2 – Hesaplama Yolu ile  
oluşturulan yansıtıcılar

Şekil Ek 1.3  $\alpha/\beta=5'$  ten  $2'$  ye düzgün adımlarla azalan koşul için, grafik yapım ve hesaplama yolu ile oluşturulan yansıtıcılar arasındaki fark

6.9 numaralı eşitliğin doğruluğunu sınamak amacıyla,  $\alpha/\beta$  oranının değişmez olduğu belli bir durum ( $\alpha/\beta=2$ ) ele alınmış ve  $\alpha/\beta$  oranının değişmez olduğu koşulda kullanılan 6.4 numaralı eşitlik yerine bir kez de 6.9 numaralı eşitlik kullanılarak yansıtıcı oluşturulmuştur. 6.9 numaralı eşitlik ile " $\alpha/\beta=2$ " koşulu için hesap yapılırken söz konusu eşitlikteki değişim niceliği (z) sıfır kabul edilmiştir. Hesaplama sonuçları Çizelge Ek 1.3 ve Şekil 1.4' te gösterilmiştir. Ayrıca, " $\alpha/\beta=2$ " koşulu için 6.4 numaralı eşitlik kullanılarak da yansıtıcı belirlenmiş ve ulaşılan sonuçlar Çizelge Ek 1.4 ve Şekil Ek 1.4' te verilmiştir.

Çizelge Ek 1.3  $\alpha/\beta=2$  durumu için, 6.9 numaralı eşitlik ile yapılan hesaplama sonuçları

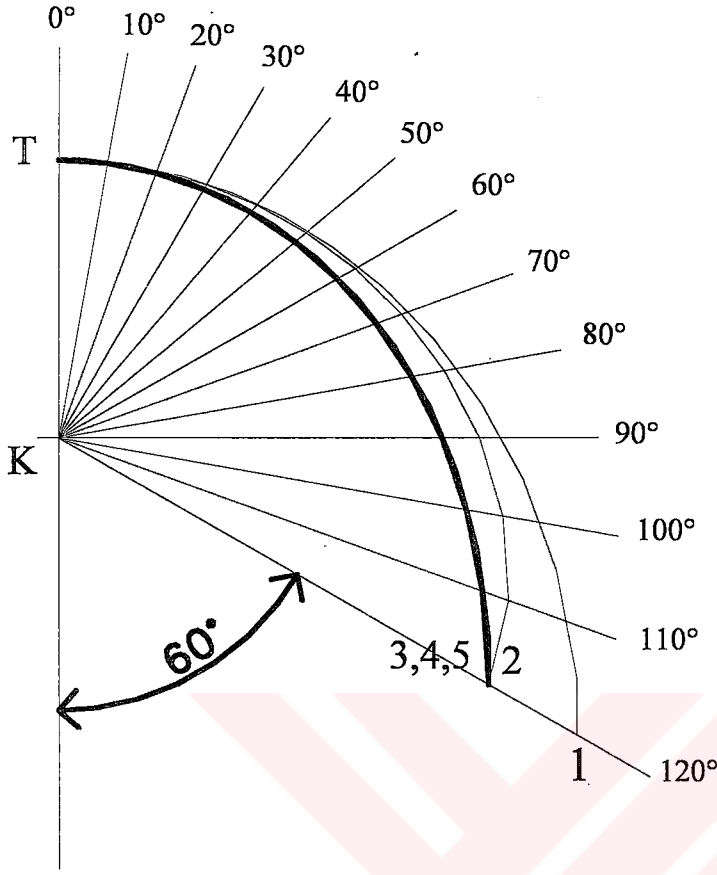
$\alpha$ (derece)	Işık kaynağı merkezi ile yansıtıcı arasındaki uzaklık (r, cm)	Yansıtıcı üzerinde ölçülen $\beta$ açıları	Yansıtıcı üzerinde belirlenen $\alpha/\beta$ oranı	Olması gereken $\alpha/\beta$ oranı
0,0	3,0000	0	2	2
10,0	3,0181	5	2	2
20,0	3,0722	10	2	2
30,0	3,1625	15	2	2
40,0	3,2906	20	2	2
50,0	3,4580	25	2	2
60,0	3,6663	30	2	2
70,0	3,9159	35	2	2
80,0	4,2038	40	2	2
90,0	4,5207	45	2	2
100,0	4,8457	50	2	2
110,0	5,1388	55	2	2
120,0	5,3333	60	2	2

Çizelge Ek 1.4  $\alpha/\beta=2$  durumu için, 6.4 numaralı eşitlik ile yapılan hesaplama sonuçları

Işığın yansıtıcı yüzeye geliş doğrultusunun aygıt eksenini ile yaptığı açı ( $\alpha$ , derece)	Işık kaynağı merkezi ile yansıtıcı arasındaki uzaklık (r, cm)
0,0	3,0000
10,0	3,0181
20,0	3,0722
30,0	3,1625
40,0	3,2906
50,0	3,4580
60,0	3,6663
70,0	3,9159
80,0	4,2038
90,0	4,5207
100,0	4,8457
110,0	5,1388
120,0	5,3333

Çizelge Ek 1.3 ve Ek 1.4' te yer alan her  $\alpha$  açısına ilişkin r uzunlukları karşılaştırıldığında birbirlerine eşit oldukları gözlenmiştir. Bu durum,  $\alpha/\beta$  oranının yansıtıcı kesitinde değiştiği

durum için geliştirilmiş olan 6.9 numaralı eşitliğin doğru kurulduğunu tanıtlamaktadır.



1- $\alpha/\beta=5'$  den 2' ye durumu için Grafik Yapım ile,  
 2- $\alpha/\beta=5'$  den 2' ye durumu için Hesaplama Yolu ile,  
 3- $\alpha/\beta=2$  durumu için Hesaplama Yolu (6.9 numaralı eşitlik),  
 4- $\alpha/\beta=2$  durumu için Hesaplama Yolu (6.4 numaralı eşitlik),  
 5- $\alpha/\beta=2$  durumu için Grafik Yapım ile oluşturulan yansıtıcılar.

Şekil Ek 1.4  $\alpha/\beta=2$  ve  $\alpha/\beta=5'$  den 2' ye değişen durumlar için oluşturulmuş yansıtıcılar

Şekil Ek 1.4' de görüldüğü gibi,  $\alpha/\beta=2$  durumu için, 6.4 ve 6.9 numaralı eşitliklerin her ikisi de doğru/aynı sonucu vermektedir. Yukarıda yapılan açıklamalardan, hesaplama yolu ile yalnızca  $\alpha/\beta$  oranının değişmez olduğu koşul için doğru sonuç elde edilebildiği ortaya çıkmaktadır.  $\alpha/\beta$  oranının yansıtıcı kesitinde değiştiği koşullarda kesinlikle Grafik Yapım ya da Grafik Bütünleşme Yaklaşımları uygulanarak yansıtıcı tasarımları yapılmalıdır.

## Ek 2 Aygıt ışık yeğnlik eğrisinin belirlenmesi

Bu çalışma içinde, ışığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenini ile yaptıkları açılar arasındaki oranın aynı olduğu ya da ışığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenini ile yaptıkları açılar arasındaki oranın düzgün adımlarla değiştiği durumda, yansıtıcıların oluşturacakları aygıt ışık yeğnlik eğrilerinin yansıtıcılar bilinmeden belirlenebileceği bir yaklaşım geliştirilmiştir. Söz konusu yaklaşımın geliştirilmesinde, “Grafik Bütünleşme ile Genel Yansıtıcı Tasarımı” yaklaşımından yararlanılmıştır (6.4 bölümü). Bu nedenle,  $\alpha$  ve  $\beta$  değerlerinden yola çıkarak aygıt ışık yeğnlik eğrisinin belirlenmesinde yapılan kimi işlemler, “Grafik Bütünleşme ile Genel Yansıtıcı Tasarımı” yaklaşımının anlatıldığı 6.4.1 bölümündeki işlemler ile benzer olup, işlemlerin sıralaması farklıdır. Çünkü, yansıtıcı tasarımında, belirli bir aygıt ışık yeğnlik eğrisi veri alınıp ışık yeğnlik değerleri bilinmektedir. Aygıt ışık yeğnlik eğrisi belirlenmesinde ise, veriyi  $\alpha$  ile  $\beta$  arasındaki oran oluşturup, ışık yeğnlik değerlerinin bulunması amaçlanmaktadır.

### 1. Işığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenini ile yaptıkları açılar arasındaki oranın aynı olduğu durumda aygıt ışık yeğnlik eğrisinin belirlenmesi

#### Yaklaşımın Açıklanması:

1.  $\alpha/\beta=x$  ise  $\alpha_{\text{mak}}/\beta_{\text{mak}}=x$  tir.

$\alpha_{\text{mak}}+\beta_{\text{mak}}=180^\circ$  formülünden yararlanarak  $\alpha_{\text{mak}}$  bulunur.

2.  $\alpha$  açıları,  $0^\circ$  den başlayarak eşit düzlem açı aralıkları ile  $\alpha_{\text{mak}}$  açısına gelinceye değin belirlenir. Bu açıların hacim açısı karşılıkları steradyan cinsinden bulunur.  $\alpha$  açıları, yansıtıcının yalnızca yarısı, yani aygıt ekseninin bir yanı dikkate alınarak belirlenmektedir. Ancak, ışığın  $\alpha$  açısının gördüğü toplam yansıtıcı parçası dikkate alınması gerektiğinden hacim açıları  $2\alpha$  açıları için hesaplanır.

3.  $2\alpha_{\text{mak}}$  açısının hacim açısı karşılığı %100 kabul edilerek, öteki bölgelere yönelik hacim açılarının % cinsinden oranı bulunur. Bulunan bu oranlar, her  $\alpha$  açısı aralığına giden kümülatif ışık akısı niceliğini belirtir.

4. Üst yatay ekseninde  $\alpha$  açılarının, alt yatay ekseninde  $\beta$  açılarının ve sağ düşey ekseninde ışık akısının % cinsinden gösterildiği, ızgara biçiminde bir grafik alanı oluşturulur. Her  $\alpha$  açısına karşılık gelen ışık akısı yüzdesi işaretlenerek  $\alpha$  eğrisi çizilir.

5.  $\alpha/\beta=x$  oranı bilindiğinden,  $\alpha$  açıları  $x$  sayısına bölünerek, her  $\alpha$  açısına karşılık gelen  $\beta$  açısı bulunur. “4. adım” da oluşturulan grafikte her  $\alpha$  açısına karşılık gelen  $\beta$  açısı değerleri işaretlenerek, bu noktaların düşey izdüşümleri çizilir.  $\alpha$  açılarının  $\alpha$  eğrisini kestiği noktalardan yatay doğrular çizilerek,  $\beta$  açı değerlerinin izdüşümleri ile kesiştirilir. Kesişim noktaları birleştirilerek  $\beta$  eğrisi oluşturulur.

6.  $\beta$  açıları  $\beta_{\text{mak}}$  açısına gelene değin eşit açılı bölgelere ayrılır. Bu bölgelerin ortalama doğrultuları belirlenir. Söz konusu bölgelerin hacim açısı değerleri steradyan cinsinden hesaplanır (Şekil 6.12).

7. “5. adım” da oluşturulan grafikten yararlanarak,  $\beta$  bölgelerini sınırlayan  $\beta$  açı değerlerinin % cinsinden ışık akısı niceliği bulunur. Bunun için, grafiğin alt yatay ekseninde  $\beta$  açıları işaretlenerek, işaretlenen noktalardan düşey izdüşümler çizilir ve bu izdüşümlerin  $\beta$  eğrisini kestiği noktalardan yatay doğrular çizilir. Bu yatay doğruların grafiğin sağ düşey eksenini

kestiği noktalardaki ışık akıları % cinsinden saptanır. Grafikte, örneğin

0- $\beta_1$  bölgesi için  $\beta_1$  açısının ışık akısı niceliği,  
 $\beta_1$ - $\beta_2$  bölgesi için  $\beta_2$  açısının ışık akısı niceliği işaretlenir.

8. “7. adım” da bulunan kümülatif ışık akısı nicelikleri ele alınır ve her bir değerden bir önceki ışık akısı niceliği çıkarılarak, her bölge içine giden ışık akısı niceliği saptanır. Bu ışık akıları, ilgili hacim açılarına bölünerek, her bölgenin orta doğrultusundaki ışık yeğnlik değeri bulunmuş olur.

9. Işık yeğnlik eğrisini oluşturabilmek için, “6. adım” da bulunan  $\beta$  bölgelerinin orta doğrultularının açı değerlerine bağlı olarak, düşey doğrultu  $0^\circ$  kabul edilerek ışınsal doğrular çizilir. “8. adım” da bulunmuş olan orta doğrultudaki ışık yeğnlik değerleri bu ışınsal doğrular üzerinde işaretlenir. İşaretlenen noktalar birleştirilerek aygıt ışık yeğnlik eğrisi oluşturulur.

#### Uygulama Örneği:

1.  $\alpha/\beta=2$  durumu örnek olarak alınmış ve,

$\alpha_{\text{mak}}+\beta_{\text{mak}}=180^\circ$  eşitliğinden yararlanarak (6.6)  
 $2\beta_{\text{mak}}+\beta_{\text{mak}}=180^\circ$  olması nedeniyle  $\beta_{\text{mak}}=60^\circ$  ve  $\alpha_{\text{mak}}=120^\circ$  bulunmuştur.

2.  $\alpha$  açıları,  $0^\circ$  den başlayarak  $5^\circ$  lik açı aralıkları ile  $\alpha_{\text{mak}}=120^\circ$  açı değerine gelinceye değin belirlenmiştir (Çizelge Ek 2.1, kolon 1). Bu açıların hacim açısı karşılıkları steradyan cinsinden bulunmuştur (Çizelge Ek 2.1, kolon 2).

3.  $2\alpha_{\text{mak}}=240^\circ$  açı değerinin hacim açısı karşılığı %100 kabul edilerek, öteki bölgelere ilişkin hacim açılarının % cinsinden oranı hesaplanmıştır (Çizelge Ek 2.1, kolon 3). Örneğin,

9,4248→100 ise  
0,0239→0,2536’ dır.

Bulunan bu oranlar, her  $\alpha$  açısı aralığına giden kümülatif ışık akısı niceliğini belirtmektedir.

Çizelge Ek 2.1  $\alpha$  açılarının karşılığı olan hacim açıları içindeki ışık akıları yüzdeleri

$\alpha$ açıları	Kümülatif hacim açıları (str)	Hacim açıları içindeki kümülatif ışık akısı yüzdesi (%)
0	0,0000	0,0000
5	0,0239	0,2536
<b>10</b>	<b>0,0955</b>	<b>1,0133</b>
15	0,2141	2,2717
20	0,3789	4,0202
25	0,5887	6,2463
30	0,8418	8,9318
35	1,1363	12,0565
40	1,4700	15,5971
45	1,8403	19,5261
50	2,2444	23,8138
55	2,6793	28,4282
60	3,1416	33,3333
65	3,6278	38,4921
70	4,1342	43,8651
75	4,6570	49,4122
80	5,1921	55,0898
85	5,7356	60,8565
90	6,2832	66,6667
95	6,8308	72,4769
100	7,3742	78,2425
105	7,9094	83,9211
110	8,4322	89,4682
115	8,9386	94,8413
120	9,4248	100,0000

4. Üst yatay ekseninde  $\alpha$  açılarının, alt yatay ekseninde  $\beta$  açılarının ve sağ düşey ekseninde ışık akısının % cinsinden gösterildiği, ızgara biçiminde bir grafik alanı oluşturulmuştur. Her  $\alpha$  açısına karşılık gelen ışık akısı yüzdesi işaretlenerek  $\alpha$  eğrisi çizilmiştir (Şekil Ek 2.1).  
Örneğin,

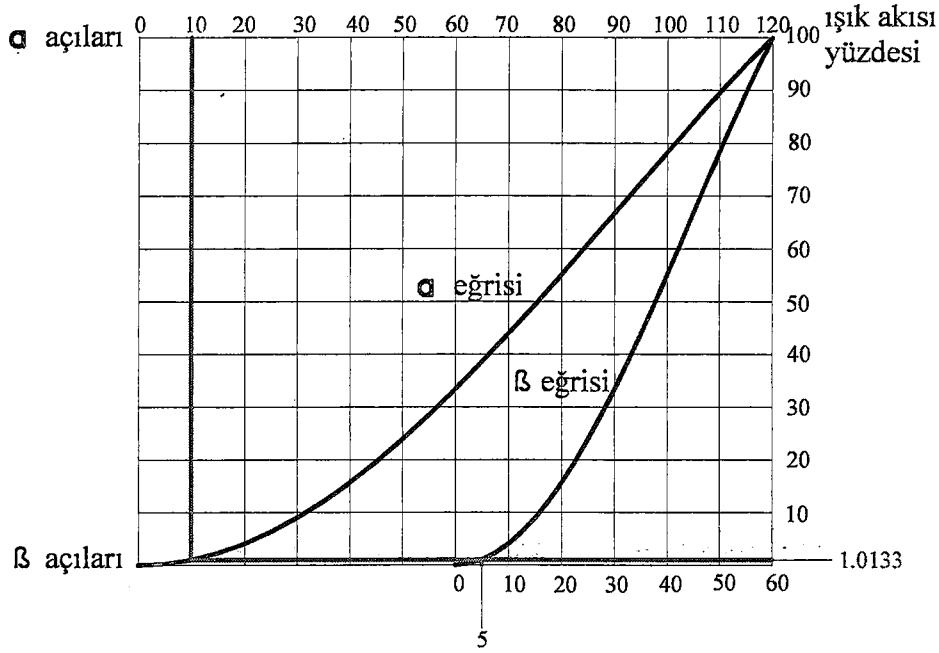
$\alpha = 5^\circ$  için %0,2536,

$\alpha = 10^\circ$  için %1,0133 ışık akısı niceliği gibi ...

5.  $\alpha/\beta=2$  olduğundan,  $\alpha$  açıları 2 sayısına bölünerek, her  $\alpha$  açısına karşılık gelen  $\beta$  açısı bulunmuştur. "4. adım" da oluşturulan grafikte her  $\alpha$  açısına karşılık gelen  $\beta$  açısı değerleri işaretlenerek, bu noktaların düşey izdüşümleri çizilmiştir.  $\alpha$  açıların  $\alpha$  eğrisini kestiği noktalardan yatay doğrular çizilerek,  $\beta$  açı değerlerinin izdüşümleri ile kesiştirilir. Bu kesişim noktaları birleştirilerek  $\beta$  eğrisi oluşturulmuştur. Örneğin,

$\alpha = 5^\circ$  için  $\beta = 2,5^\circ$

$\alpha = 10^\circ$  için  $\beta = 5^\circ$  dir.



Şekil Ek 2.1 α ve β açılarına ilişkin eğriler ile ışık akısı yüzdesini gösteren grafik

6. β açıları  $\beta_{\max}=60^\circ$  değerine gelene değin  $5^\circ$  lik eşit açılı bölgelere ayrılmıştır. Bu bölgelerin ortalama doğrultuları belirlenmiştir (Çizelge Ek 2.2, kolon 2). Söz konusu bölgelerin hacim açısı değerleri steradyan cinsinden hesaplanmıştır.

7. “5. adım” da oluşturulan grafikten yararlanarak, β bölgelerini sınırlayan β açı değerlerinin % cinsinden ışık akısı niceliği bulunmuştur (Çizelge Ek 2.2, kolon 4). Örneğin,

0- $5^\circ$  bölgesi için,  $5^\circ$  ye karşılık gelen %1,013 ışık akısı,

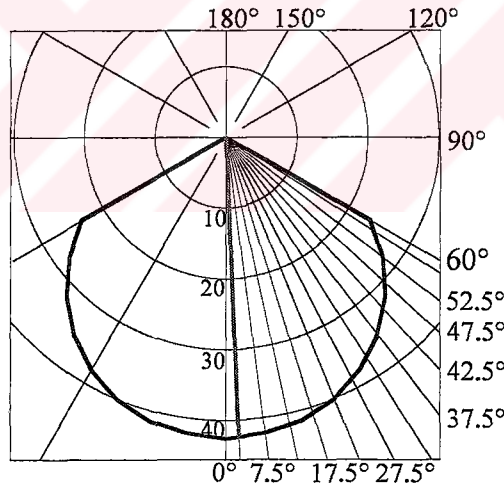
5- $10^\circ$  bölgesi için  $10^\circ$  ye karşılık gelen %4,02 ışık akısı niceliği saptanmıştır.

8. “7. adım” da bulunan kümülatif ışık akısı nicelikleri ele alınmış ve her bir değerden bir önceki ışık akısı niceliği çıkarılarak, her bölge içine giden ışık akısı niceliği saptanmıştır (Çizelge Ek 2.2, kolon 5). Bu ışık akıları, ilgili hacim açlarına bölünerek, her bölgenin orta doğrultusundaki ışık yeğinlik değerleri bulunmuştur (Çizelge Ek 2.2, kolon 6).

Çizelge Ek 2.2  $\beta$  açılarının karşılığı olan hacim açıları içindeki ışık akısı yüzdeleri

$\beta$ açısı bölgeleri (derece)	Ortalama Doğrultu (derece)	Hacim açısı (bölge çarpanı, str)	Kümülatif ışık akısı yüzdesi (%)	Bölge ışık akısı (%)	Bölgenin orta doğrultusundaki ışık yeğİnliği (I, cd)
0-5	2,5	0,0239	1,013	1,013	42,3849
5-10	7,5	0,0716	4,020	3,007	41,9972
10-15	12,5	0,1186	8,930	4,910	41,3997
15-20	17,5	0,1648	15,600	6,670	40,4733
20-25	22,5	0,2098	23,810	8,210	39,1325
25-30	27,5	0,2531	33,330	9,520	37,6136
30-35	32,5	0,2945	43,870	10,540	35,7895
35-40	37,5	0,3370	55,090	11,220	33,2938
40-45	42,5	0,3703	66,670	11,580	31,2719
45-50	47,5	0,4041	78,240	11,570	28,6315
50-55	52,5	0,4349	89,470	11,230	25,8220
55-60	57,5	0,4623	100,000	10,530	22,7774

9. "6. adım" da bulunan  $\beta$  bölgelerinin orta doğrultularının açı değerlerine bağlı olarak, düşey doğrultu  $0^\circ$  kabul edilerek ışımsal doğrular çizilmiş ve "8. adım" da bulunmuş olan orta doğrultudaki ışık yeğİnlik değerleri bu ışımsal doğrular üzerinde işaretlenmiştir. İşaretlenen noktalar birleştirilerek aygıt ışık yeğİnlik eğrisi elde edilmiştir.

Şekil Ek 2.2  $\alpha/\beta=2$  durumu için oluşturulan aygıt ışık yeğİnlik eğrisi

## 2. Işığın yansıtıcı yüzeye geliş ve yansıma doğrultularının aygıt eksenine ile yaptıkları açılar arasındaki oranın düzgün adımlarla değiştiği durumda aygıt ışık yeğirlik eğrisinin belirlenmesi

### Yaklaşımın Açıklanması:

1.  $\alpha/\beta=x_1$ ' den  $x_2$ ' ye doğru, düzgün adımlarla değişiyor ise;  $x_1$ , tepe noktasındaki  $\alpha/\beta$  oranını,  $x_2$  ise etek noktasındaki  $\alpha/\beta$  oranını verir.  $\alpha$  ve  $\beta$  açılarının maksimum değerleri etek noktasında olduğundan,

$\alpha_{\text{mak}}/\beta_{\text{mak}}=x_2$ ' dir.

$\alpha_{\text{mak}}+\beta_{\text{mak}}=180^\circ$  eşitliğinden yararlanarak,  $\alpha_{\text{mak}}$  saptanır.

2. Yukarıda, Ek 2, 1. bölümde yer alan 2., 3. ve 4. adımlardaki işlemler uygulanır.

3.  $\alpha/\beta$  oranları  $x_1$ ' den  $x_2$ ' ye değin düzgün adımlarla değiştiğinden,  $(x_2-x_1)$  aralığı  $\alpha$  açılarının oluşturduğu bölge sayısına bölünerek, değişim niceliği ( $z$ ) saptanır.

$x_1$ ' den  $x_2$ ' ye artan bir oran söz konusu ise,

$\alpha/\beta$  oranları,  $(x_1+z)$ ,  $(x_1+2z)$ , ...,  $x_2$  biçiminde saptanır.

$x_1$ ' den  $x_2$ ' ye azalan bir oran söz konusu ise,

$\alpha/\beta$  oranları,  $(x_1-z)$ ,  $(x_1-2z)$ , ...,  $x_2$  biçiminde belirlenir.

Alınan her  $\alpha$  açısı için  $\alpha/\beta$  oranı bilindiğinden, her  $\alpha$  açısına karşılık gelen  $\beta$  açısı belirlenir.

4. Yukarıda, Ek 2, 1. bölümde anlatılan 5., 6., 7., 8., ve 9. adımlardaki işlemler uygulanarak, aygıt ışık yeğirlik eğrisi çizilir.

### Uygulama Örneği:

1.  $\alpha/\beta=5$ ' den 2' ye doğru, düzgün adımlarla değişen bir örnek ele alınmıştır.

5, tepe noktasındaki  $\alpha/\beta$  oranını, 2 ise etek noktasındaki  $\alpha/\beta$  oranını belirtmektedir. Buna bağlı olarak,

$\alpha_{\text{mak}}/\beta_{\text{mak}}=2$ ' dir.

$\alpha_{\text{mak}}+\beta_{\text{mak}}=180^\circ$  olduğundan

$2\beta_{\text{mak}}+\beta_{\text{mak}}=180^\circ$ ,  $\beta_{\text{mak}}=60^\circ$  ve  $\alpha_{\text{mak}}=120^\circ$  olarak saptanmıştır.

2. Ek 2, 1. bölümde anlatılan 2., 3. ve 4. adımlardaki işlemler uygulanmıştır.

Çizelge Ek 2.3  $\alpha$  açılarının karşılığı olan hacim açıları içindeki ışık akıları yüzdeleri

$\alpha$ açıları	Kümülatif hacim açıları (str)	Hacim açıları içindeki kümülatif ışık akısı yüzdesi (%)
0	0,0000	0,0000
5	0,0239	0,2536
10	0,0955	1,0133
15	0,2141	2,2717
20	0,3789	4,0202
25	0,5887	6,2463
30	0,8418	8,9318
35	1,1363	12,0565
40	1,4700	15,5971
45	1,8403	19,5261
50	2,2444	23,8138
55	2,6793	28,4282
60	3,1416	33,3333
65	3,6278	38,4921
70	4,1342	43,8651
75	4,6570	49,4122
80	5,1921	55,0898
85	5,7356	60,8565
90	6,2832	66,6667
95	6,8308	72,4769
100	7,3742	78,2425
105	7,9094	83,9211
110	8,4322	89,4682
115	8,9386	94,8413
120	9,4248	100,0000

3.  $\alpha/\beta$  oranları 5' den 2' ye değin düzgün adımlarla değiştiğinden, 5-2=3 aralığı  $\alpha$  açılarının oluşturduğu bölge sayısı olan 24' e bölünerek, değişim niceliği  $z=0,125$  saptanmıştır.

$x_1$ ' den  $x_2$ ' ye azalan bir oran söz konusu olduğundan,

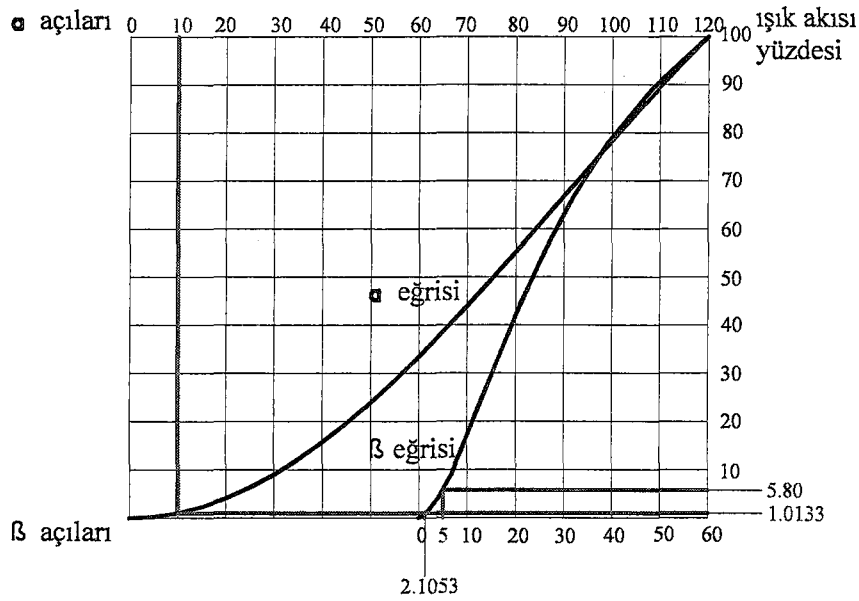
$\alpha/\beta$  oranları, (5-0,125), (5-(2x0,125)), ..., 2 biçiminde saptanmıştır.

Alınan her  $\alpha$  açısı için  $\alpha/\beta$  oranı bilindiğinden, her  $\alpha$  açısına karşılık gelen  $\beta$  açısı belirlenmiştir (Çizelge Ek 2.4, kolon 3).

Çizelge Ek 2.4  $\alpha$  açılara karşılık gelen  $\beta$  açıları

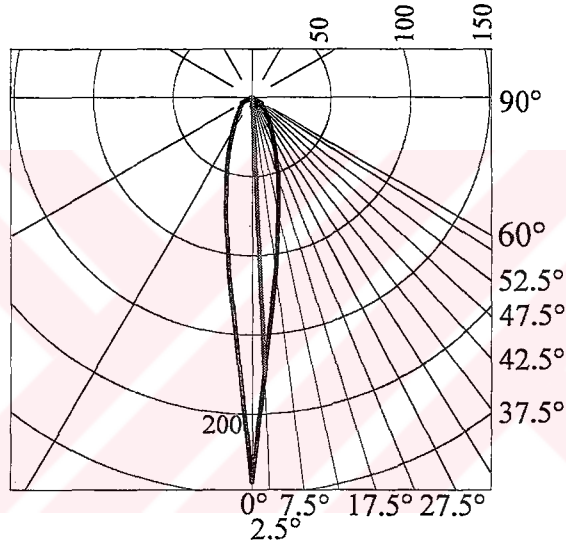
$\alpha$ açıları	Olması gereken $\alpha/\beta$ oranı	$\beta$ açıları
0	5,000	0,0000
5	4,875	1,0256
10	4,750	2,1053
15	4,625	3,2432
20	4,500	4,4444
25	4,375	5,7143
30	4,250	7,0588
35	4,125	8,4848
40	4,000	10,0000
45	3,875	11,6129
50	3,750	13,3333
55	3,625	15,1724
60	3,500	17,1429
65	3,375	19,2593
70	3,250	21,5385
75	3,125	24,0000
80	3,000	26,6667
85	2,875	29,5652
90	2,750	32,7273
95	2,625	36,1905
100	2,500	40,0000
105	2,375	44,2105
110	2,250	48,8889
115	2,125	54,1176
120	2,000	60,0000

4. Yukarıda, Ek 2, 1. bölümde yer alan 5.,6.,7.,8., ve 9. adımlardaki işlemler uygulanarak, aygıt ışık yeğinlik eğrisi çizilmiştir.

Şekil Ek 2.3  $\alpha$  ve  $\beta$  açılara ilişkin eğriler ile ışık akısı yüzdesini gösteren grafik

Çizelge Ek 2.5  $\beta$  açılarının karşılığı olan hacim açıları içindeki ışık akısı yüzdeleri

$\beta$ açısı bölgeleri (derece)	Ortalama Doğrultu (derece)	Hacim açısı (bölge çarpanı, str)	Kümülatif ışık akısı yüzdesi (%)	Bölge ışık akısı (%)	Bölgenin orta doğrultusundaki ışık yeğirliği (I, cd)
0-5	2,5	0,0239	5,80	5,80	242,64
5-10	7,5	0,0716	16,95	11,16	155,80
10-15	12,5	0,1186	29,45	12,49	105,34
15-20	17,5	0,1648	41,82	12,38	75,09
20-25	22,5	0,2098	53,04	11,22	53,46
25-30	27,5	0,2531	62,82	9,78	38,63
30-35	32,5	0,2945	71,32	8,51	28,89
35-40	37,5	0,3370	78,94	7,62	22,60
40-45	42,5	0,3703	85,05	6,11	16,50
45-50	47,5	0,4041	90,71	5,66	14,01
50-55	52,5	0,4349	95,36	4,64	10,68
55-60	57,5	0,4623	100,00	4,65	10,05

Şekil Ek 2.4  $\alpha/\beta=5'$  den  $2'$  ye düzgün adımlarla değişen durum için oluşturulan aygıt ışık yeğirlik eğrisi

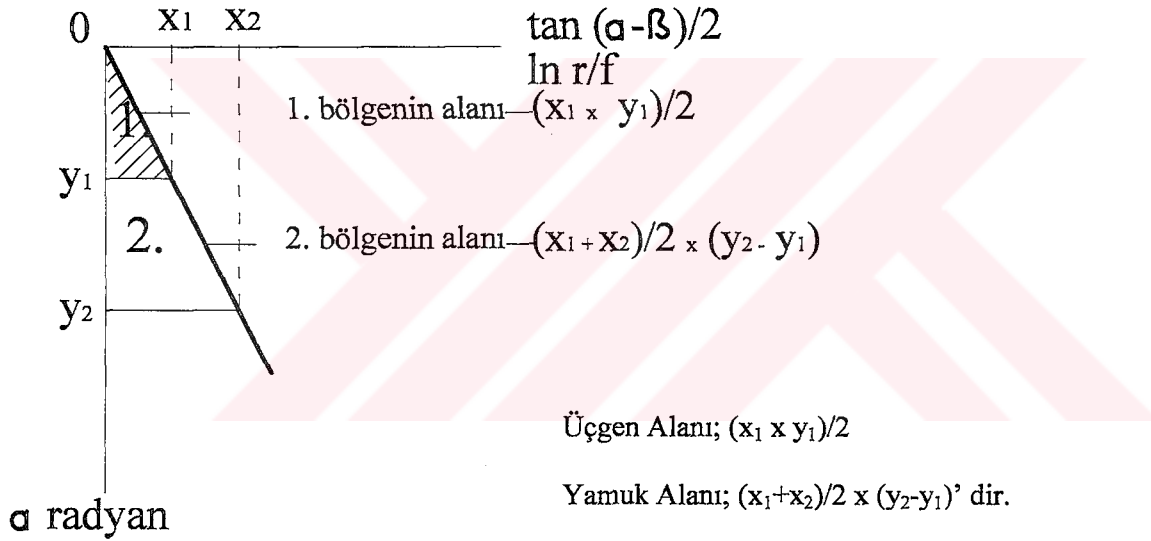
### Ek 3 Genel yansıtıcı tasarımında yararlanılan Grafik Bütünleşme Yaklaşımı' nın geliştirilmesi

Genel yansıtıcı tasarımında yararlanılan grafik bütünleşme yaklaşımı üzerinde çalışılarak, yaklaşımın daha kolay ve hızlı uygulanabilir bir duruma gelmesi sağlanmıştır. Bu bölümde, söz konusu yaklaşımın 6.4.1 bölümünde anlatılan adımlarından hangilerinde farklılık getirilerek yapılacak işlemlerin azaltıldığı açıklanmıştır.

Grafik bütünleşme yaklaşımının kısaltılmış yolunda izlenmesi gereken adımlar aşağıda sıralanmıştır:

- 1."6.4.1 bölümün" de verilen yaklaşımın 1., 2., 3., ... , 7. adımları uygulanır.
- 2."6.4.1 bölümü"nde yer alan yaklaşımın 8. ve 9. adımlarında söz konusu olan "doğal logaritma grafiği" ni çizmek yerine doğrudan doğruya doğal logaritma grafiğinin çizilme amacı olan alan bulma işlemi yapılır (Şekil Ek 3.1).

Şekil Ek 3.1' deki grafikte 1. bölge üçgen alanını, öteki bölgeler (2. bölge, 3. bölge, ..., n. bölge ) ise yamuk alanını oluşturur. Şekil Ek 3.1' de x değerleri,  $\tan((\alpha-\beta)/2)$  değerlerinin karşılığı, y değerleri  $\alpha$  radyan değerlerinin karşılığıdır. Alan bulma işlemi ile  $\ln r/f$  ve değerleri elde edilir.



Şekil Ek 3.1 Doğal logaritma grafiğindeki bölge alanları

3. "6.4.1 bölümü" nde verilen yaklaşımın 10., 11., 12. ve 13. adımları uygulanır.

#### **Ek 4 Aydınlatma Aygıtı Analiz ve Tasarım Programı (Photopia 2.0)**

Günümüzde, yansıtıcı geometrisi, ışık kaynağı özellikleri, düzgün yansıma geometrisi, ışıkölçümsel büyüklükler gibi çeşitli bilgilere dayanarak biçimlendirilmiş olan bir yansıtıcının ışık yeğnlik dağılımı, geriverimi ve oluşturacağı aydınlık dağılımının belirlenmesinde, kütüphanesinde kullanılabilecek yansıtıcı gereci ve lamba türüne ilişkin çok sayıda seçeneği içeren bilgisayar simülasyon programlarından yararlanılmaktadır. Bu programlardan biri de Photopia 2.0 Aydınlatma Aygıtı Analiz ve Tasarım Programı' dır.

Photopia, bir 3D (üç boyutlu) aydınlatma aygıtı tasarım ve analiz programıdır. Söz konusu program, ışık ışınlarının izlenmesi prensibine dayanmaktadır ve lamba özellikleri ile aygıt gerecinin ışık yansıtma ya da geçirme özelliklerini veri olarak işlem yapmaktadır. Bir başka deyişle, bilgisayar programı ile elde edilen sonuçlar, lamba geometrisi, lambanın ölçülmüş ışık yeğnlik değerleri ve aygıt gerecinin ışığı yansıtma ya da geçirme özelliklerine ilişkin ölçülmüş değerleri dikkate alarak yapılan hesaplara dayanmaktadır.

Bilgisayar programının amacı, Photopia ortamında ya da 3D CAD programları aracılığı ile oluşturulmuş aydınlatma aygıtlarını, üç boyutlu ışık yeğnlik dağılımları ile istenen uzaklıktaki düzlemlerde oluşturdukları aydınlık dağılımlarını belirleyerek analiz etmektir. Photopia' nın analiz yöntemi, lambanın ışık yeğnlik dağılımı (luminous intensity) ve yüzey ışıklılığı (surface luminance) ile aygıt gerecinin ışığı yansıtma ve geçirme özelliklerini kullanarak aygıt gerecinden yansıyan ya da geçen ışık ışınlarının doğrultusunu belirlemek olarak özetlenebilir.

Bilgisayar programı ile elde edilen sonuçların güvenilirliği konusunda yapılan araştırmalar sırasında, ülkemiz dışında, söz konusu simülasyon programı ile ulaşılan sonuçlar ile aygıt üretildikten sonra yapılan ölçme sonuçlarının karşılaştırıldığı ve sonuçların tatmin edici bulunduğu bilgisine erişilmiştir.

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi	15.05.1979	
Doğum yeri	Bulgaristan	
Lise	1994-1998	Yabancı Dil Ağırlıklı Hasan Polatkan Lisesi
Lisans	1998-2002	Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü
Yüksek Lisans	2002-2005	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği Programı

**Çalıştığı kurumlar**

1999-2000	Ekinciler ve Ort. İnş. Ve Tic. Ltd. Şti.
2001-2002	Vural Mimarlık

