

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK BASINÇLI BOŞALMALI LAMBALARIN TEMEL
ÖZELLİKLERİ ve İÇ MİMARİDE KULLANIMI**

106358

Mimar Asu CANSU

**FBE Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Fiziği Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Leyla DOKUZER ÖZTÜRK

Doç. Dr. Rengin Ünner
Y. Doç. Dr. Leyla D. Öztürk
Y. Doç. Dr. Alpin K. Yener

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
BOKÜMANTASYON MERKEZİ**

İSTANBUL, 2001

İÇİNDEKİLER

ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vi
ÖNSÖZ.....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. IŞIK KAYNAĞI – LAMBA – AYDINLATMA AYGITI TANIMLARI	2
3. IŞIK ÜRETME BİÇİMLERİ	4
4. BOŞALMALI LAMBALAR.....	6
4.1 Boşalmalı Lambalarda Işık Üretme Biçimi.....	6
4.2 Boşalmalı Lambaların Sınıflandırılması	7
4.2.1 Alçak ve Yüksek Basınçlı Boşalmalı Lambalar	10
4.2.2 Boşalmanın Başlaması ve Dengeye Gelmesi	10
4.2.3 Lambanın Rejime Girmesi	11
4.3 Yüksek Basınçlı Boşalmalı Lambaların Kimi Ortak Özellikleri.....	12
4.4 Yüksek Basınçlı Boşalmalı Lambaların Tarihsel Gelişimi	16
4.4.1 Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı Lambalar (<i>High Pressure Sodium Lamps</i>)	17
4.4.2 Yüksek Basınçlı Cıva Buharlı Lambalar (<i>High Pressure Mercury Lamps</i>)	18
4.4.3 Karışık Işıklı Lambalar (<i>Blended Light, Self Ballasted Mercury Lamps</i>)	19
4.4.4 Metalik Halojenürlü Lambalar (<i>Metal-Halide Lamps</i>).....	19
5. YÜKSEK BASINÇLI SODYUM BUHARLI LAMBALAR.....	22
5.1 Lamba Parçaları	22
5.2 Çalışma Koşulları	26
5.3 Işık Rengi	27
5.4 Lamba Türleri.....	28
5.5 Öteki Özellikler	28
6. YÜKSEK BASINÇLI CİVA BUHARLI LAMBALAR.....	35
6.1 Cıva Buharlı Lambalar	35
6.1.1 Lamba Parçaları	35
6.1.2 Çalışma Koşulları	40
6.1.3 Işık Rengi	41
6.1.4 Lamba Türleri.....	41
6.1.5 Öteki Özellikler	43
6.2 Karışık Işıklı Lambalar	47

6.2.1	Lamba Parçaları	47
6.2.2	Çalışma Koşulları	49
6.2.3	Işık Rengi	50
6.2.4	Lamba Türleri	50
6.2.5	Öteki Özellikler	52
6.3	Metalik Halojenürlü Lambalar	55
6.3.1	Lamba Parçaları	55
6.3.2	Çalışma Koşulları	60
6.3.3	Işık Rengi	61
6.3.4	Lamba Türleri	63
6.3.5	Öteki Özellikler	63
7.	YÜKSEK BASINÇLI BOŞALMALI LAMBALARIN TEMEL ÖZELLİKLERİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI	73
7.1	Kullanılan Simgeler	73
7.2	Enerji Kullanımı	74
7.3	Lamba Ömrü	75
7.4	Lamba Verimi	76
7.5	Renksel Özellikler	79
8.	YÜKSEK BASINÇLI BOŞALMALI LAMBALARIN İÇ MİMARİDE KULLANIMI	81
8.1	Yüksek Basınçlı Boşalmalı Lambaların İç Mimaride Kullanım Yerleri	82
8.1.1	Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı Lambalar	83
8.1.2	Yüksek Basınçlı Civa Buharlı Lambalar	85
8.1.3	Metalik Halojenürlü Lambalar	85
8.1.4	Karışık Işıklı Lambalar	87
8.2	Yüksek Basınçlı Boşalmalı Lambaların Kullanıldıkları Aydınlatma Aygıtları	87
8.3	Aydınlatma Aygıtlarının İç Mimari Düzendeki Yer Alış Biçimleri	90
9.	YÜKSEK BASINÇLI BOŞALMALI LAMBALAR İÇİN YANSITICI TASARIMI	98
9.1	Yansıtıcı Özellikleri	99
9.2	Işık Kaynağının Özellikleri	99
9.3	Paraboloit Yansıtıcı	100
9.3.1	Kullanılan Işık Kaynağının Özellikleri	103
9.3.2	Paraboloit Yansıtıcı Tasarımı	105
9.3.3	Uygulama Örnekleri	106
9.3.4	Sonuçların Karşılaştırması ve Değerlendirilmesi	115
9.4	Tekli Bükey Yüzeyle Yansıtıcı	116
9.4.1	Kullanılan Işık Kaynağının Özellikleri	118
9.4.2	Tekli Bükey Yüzeyle Yansıtıcı Tasarımı	119
9.4.3	Uygulama Örnekleri	124
9.4.4	Sonuçların Karşılaştırması ve Değerlendirilmesi	133

10. DEĞERLENDİRME ve SONUÇ.....	135
KAYNAKLAR	140
ÖZGEÇMİŞ	143



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 4.1	Boşalmalı lambaların rejime girme süreleri	11
Şekil 4.2	Lambaların yanma süresi.....	14
Şekil 4.3	Lambaların ışık akısındaki azalma.....	14
Şekil 4.4	Lamba verimindeki gelişmeler	20
Şekil 5.1	Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba	22
Şekil 5.2	Lamba dipleri.....	24
Şekil 5.3	400 W gücünde yüksek basınçlı sodyum buharlı bir lamba için lamba gücü ve lamba gerilimi sınırları	25
Şekil 5.4	Yüksek basınçlı sodyum buharlı kimi lamba türlerinin ışık tayfları.....	28
Şekil 5.5	SON-T Plus 100 W (Philips) için, beklenen ömür ve ışık akısındaki azalma.....	31
Şekil 5.6	SDW-T 100 W (Philips) için, beklenen ömür ve ışık akısındaki azalma	32
Şekil 5.7	Dimmerlenen bir yüksek basınçlı sodyum buharlı lambanın, güç girişine karşılık yayımladığı ışık akısı oranı.....	33
Şekil 5.8	Şebeke gerilimindeki değişimlerin, lambaya etkisi	34
Şekil 6.1	Yüksek basınçlı civa buharlı lamba	36
Şekil 6.2	Yüksek basınçlı civa buharlı lamba türlerinin ışık tayfları	41
Şekil 6.3	HPL-N 50 W / 80 W / 125 W (Philips) için, beklenen ömür (a) ve ışık akısındaki azalma (b)	44
Şekil 6.4	HPL-N 250 W / 400 W (Philips) için, beklenen ömür (a) ve ışık akısındaki azalma(b)	44
Şekil 6.5	Dimmerlenen bir yüksek basınçlı civa buharlı lambanın, güç girişine karşılık yayımladığı ışık akısı oranı.....	45
Şekil 6.6	Karışık ışıklı lamba	48
Şekil 6.7	Karışık ışıklı lambanın rejime girme süresi.....	49
Şekil 6.8	Karışık ışıklı lambanın ışık tayfı.....	50
Şekil 6.9	ML 100 W / 250 W / 500 W (Philips) için, beklenen ömür ve ışık akısındaki azalma.....	53
Şekil 6.10	ML 160 W (Philips) için, beklenen ömür ve ışık akısındaki azalma.....	53
Şekil 6.11	Karışık ışıklı bir lambada, şebeke gerilimi değişimlerinin etkisi	54
Şekil 6.12	Metalik halojenürlü lamba.....	55
Şekil 6.13	Kavisli (a) ve asimetrik (b) boşalma tüpleri.....	57
Şekil 6.14	Elipsoit (a) ve daraltılmış (b) boşalma tüpleri	57
Şekil 6.15	Metalik halojenürlü kimi lamba türlerinin ışık tayfları.....	62
Şekil 6.16	MHN-T 70 W (Philips) için, beklenen ömür (a) ve ışık akısındaki azalma (b) ..	68
Şekil 6.17	CDM-T 70 W (Philips) için, beklenen ömür (a) ve ışık akısındaki azalma (b) ..	69
Şekil 6.18	Dimmerlenen bir metalik halojenürlü lambada güç girişine karşılık yayımlanan ışık akısı oranı.....	70
Şekil 8.1	Tekli bükey yüzeyler.....	90
Şekil 8.2	İkili bükey yüzeyler	90
Şekil 8.3	Yüksek basınçlı boşalmalı lambalar ile kullanılan sıva üstü aygıtlar	91
Şekil 8.4	Yüksek basınçlı boşalmalı lambalar ile kullanılan gömme aygıtlar	93
Şekil 8.5	Yüksek basınçlı boşalmalı lambalar ile kullanılan yönlendirmeli aygıtlar	94
Şekil 8.6	Yüksek basınçlı boşalmalı lambalar ile kullanılan sarkıt aygıtlar	95
Şekil 8.7	Yüksek basınçlı boşalmalı lambalar ile raylı sistemde kullanılan aygıtlar	97
Şekil 9.1	Bir parabolde ışığın yansıma doğrultusu.....	101
Şekil 9.2	Minimum ve maksimum dağılma açısını belirleyen büyüklükler	101

Şekil 9.3	Minimum ve maksimum dağılma açısı yayılma alanlarının bağlı olduğu büyüklükler	102
Şekil 9.4	Aydınlık düzeyi eğrisi	103
Şekil 9.5	CDM-T lamba ölçüleri	104
Şekil 9.6	70 W CDM-T lambası ışık yeğirlik eğrisi	104
Şekil 9.7	150 W CDM-T lambası ışık yeğirlik eğrisi	105
Şekil 9.8	Dağılma açısının bağlı olduğu büyüklükler	110
Şekil 9.9	Aydınlık düzeyi eğrisi (70 W CDM-T).....	114
Şekil 9.10	Aydınlık düzeyi eğrisi (150 W CDM-T).....	114
Şekil 9.11	Her parçasından yansıyan ışığı aynı büyüklükteki açı içine yönelten tekli bükey yüzeyli yansıtıcı	116
Şekil 9.12	Tekli bükey yüzeyli yansıtıcıdan yansıyan ışıkların aydınlanan düzlem üzerinde yayılma alanları	117
Şekil 9.13	MHN-T 70 W için lamba ölçüleri	118
Şekil 9.14	MHN-T 150 W için lamba ölçüleri	118
Şekil 9.15	MHN-T lambası için ışık yeğirlik eğrisi.....	119
Şekil 9.16	Her parçasından yansıyan ışığı aynı büyüklükteki açı içine yönelten tekli bükey yüzeyli yansıtıcı - A Durumu	121
Şekil 9.17	Her parçasından yansıyan ışığı aynı büyüklükteki açı içine yönelten tekli bükey yüzeyli yansıtıcı - B Durumu	122
Şekil 9.18	Her parçasından yansıyan ışığı aynı büyüklükteki açı içine yönelten tekli bükey yüzeyli yansıtıcı - C Durumu	123
Şekil 9.19	Tekli bükey yüzeyli yansıtıcıda yansıtıcı bölgeleri.....	128
Şekil 9.20	A durumunda oluşan ortalama aydınlık düzeyinin (E_{ort}), aydınlanan alanın yarıçapına (R) bağlı olarak değişimi	130
Şekil 9.21	B durumunda oluşan ortalama aydınlık düzeyinin (E_{ort}), aydınlanan alanın yarıçapına (R) bağlı olarak değişimi	130
Şekil 9.22	C durumunda oluşan ortalama aydınlık düzeyinin (E_{ort}), aydınlanan alanın yarıçapına (R) bağlı olarak değişimi	130
Şekil 9.23	Aydınlanan alan yarıçapının (R) 100 cm olduğu koşulda oluşan ortalama aydınlık düzeyinin (E_{ort}), A, B ve C durumlarına göre değişimi	131
Şekil 9.24	Aydınlanan alan yarıçapının (R) 75 cm olduğu koşulda oluşan ortalama aydınlık düzeyinin (E_{ort}), A, B ve C durumlarına göre değişimi	131
Şekil 9.25	Aydınlanan alan yarıçapının (R) 50 cm olduğu koşulda oluşan ortalama aydınlık düzeyinin (E_{ort}), A, B ve C durumlarına göre değişimi	131
Şekil 9.26	A durumundaki yansımış ışık geriveriminin (η_y), aydınlanan alanın yarıçapına (R) göre değişimi	132
Şekil 9.27	B durumundaki yansımış ışık geriveriminin (η_y), aydınlanan alanın yarıçapına (R) göre değişimi	132
Şekil 9.28	C durumundaki yansımış ışık geriveriminin (η_y), aydınlanan alanın yarıçapına (R) göre değişimi	132

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1	Işık kaynaklarının ışık üretme biçimleri.....	5
Çizelge 4.1	Boşalmalı lambaların sınıflandırılması.....	8
Çizelge 5.1	Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba türleri	29
Çizelge 5.2	Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba türleri	30
Çizelge 5.3	Kimi yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar için ışık titreme indeksleri	34
Çizelge 6.1	Yüksek basınçlı civa buharlı lamba türleri	42
Çizelge 6.2	Kimi yüksek basınçlı civa buharlı lambalar için ışık titreme indeksleri	46
Çizelge 6.3	Karışık ışıklı lamba türleri	51
Çizelge 6.4	Metalik halojenürlü lambalarda kullanılan metal tuzları.....	61
Çizelge 6.5	Metalik halojenürlü lamba türleri.....	64
Çizelge 6.6	Metalik halojenürlü lamba türleri.....	65
Çizelge 6.7	Metalik halojenürlü lamba türleri.....	66
Çizelge 6.8	Metalik halojenürlü lamba türleri.....	67
Çizelge 6.9	Kimi metalik halojenürlü lambalar için ışık titreme indeksleri	71
Çizelge 7.1	Lambalar için kullanılan simgeler.....	73
Çizelge 7.2	Yüksek basınçlı boşalmalı kimi lambalarda enerji kullanımı.....	75
Çizelge 7.3	Yüksek basınçlı boşalmalı lambaların ortalama yanma süreleri –ömürleri-	76
Çizelge 7.4	Yüksek basınçlı boşalmalı lambaların verimleri.....	77
Çizelge 7.5	Yüksek basınçlı boşalmalı lambaların renksel geriverim ve ışıksal verim değerlerinin karşılaştırması	78
Çizelge 7.6	Yüksek basınçlı boşalmalı lambaların renksel özellikleri	80
Çizelge 8.1	Philips firmasına ait kimi yüksek basınçlı boşalmalı lambaların farklı özellikteki nesnelerin aydınlatılmasına uygunluğu.....	84
Çizelge 9.1	Farklı güçler için CDM-T lamba ölçüleri.....	104
Çizelge 9.2	70 W CDM-T ($k_{\phi}=0.7$ cm.) için belirlenen parabolit yansıtıcıların odak uzaklığı (f) ve dolaysız ışığın yayılma açısı yarışı ($\hat{a}_{min}$)	108
Çizelge 9.3	150 W CDM-T ($k_{\phi}=0.9$ cm.) için belirlenen parabolit yansıtıcıların odak uzaklığı (f) ve dolaysız ışığın yayılma açısı yarışı ($\hat{a}_{min}$)	109
Çizelge 9.4	70 W CDM-T için belirlenen parabolit yansıtıcıların özellikleri.....	111
Çizelge 9.5	150 W CDM-T için belirlenen parabolit yansıtıcıların özellikleri.....	111
Çizelge 9.6	Parabolit yansıtıcı için, hacim açısı yöntemine göre aydınlık dağılımı hesabı.....	112
Çizelge 9.7	Parabolit yansıtıcı için, hacim açısı yöntemine göre aydınlık dağılımı hesabı.....	113
Çizelge 9.8	Yansıtıcı ağız açıklığının eşit (25 cm) tutulduğu koşulda yansıtıcının özellikleri	125
Çizelge 9.9	Yansıtıcı parçalarının uzunluk ve eğimi.....	126
Çizelge 9.10	Tekli bükey yüzeyli yansıtıcı için, hacim açısı yöntemine göre yansımış ışık geriverimi hesabı	127
Çizelge 9.11	70 W MHN-T için belirlenen yansımış ışık geriverimleri	129
Çizelge 9.12	150 W MHN-T için belirlenen yansımış ışık geriverimleri	129



Bu çalışmayı yaptığım süre içinde, beni büyük bir özveri ile destekleyen tez danışmanım, değerli hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Leyla Dokuzer ztrk'e teşekkürlerimi sunarım. Maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen aileme ve arkadaşlarıma da ayrıca teşekkür ederim.

ÖZET

Kapalı bir mekanda aydınlatma düzeninin kurulması, temel olarak uygun lamba ve aygıt seçiminin –tasarımının- yapılması ile aygıt yerleşim düzeninin oluşturulmasını kapsar. Kullanış amacına göre uygun lamba seçiminin yapılabilmesi için, lambaların çeşitli özellikleri iyi bilinmelidir. İç mekanda kullanılan lambalar arasında, yüksek basınçlı boşalmalı lamba grubu önemli bir yer kaplar. Bu lamba grubunun, özellikle renksel geriverimlerinde sağlanan iyileştirmeden bu yana, iç mimaride yaygın olarak kullanılan başlıca dört ayrı tipi vardır.

Bu çalışmanın amacı, yüksek basınçlı boşalmalı lamba türlerinin,

- temel özelliklerini inceleyip, birbirleri ile karşılaştırmak,
- iç mimaride kullanım alanlarını ve kullanıldıkları aydınlatma aygıtlarını belirlemek,
- kullanıldıkları yansıtıcı türlerine ilişkin, uygulamaya yönelik örnekler oluşturmaktır.

Belirtilen amaca yönelik yapılan bu çalışma, on ana bölümden oluşmaktadır.

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

Bölüm 2’ de, ışık kaynağı-lamba-aydınlatma aygıtı tanımları yapılarak, bu terimler arasındaki ayrımlar vurgulanmıştır.

Bölüm 3’ te, yapay ışık kaynaklarının ışık üretme biçimleri ele alınmış ve ışık üretme biçimleri sınıflandırılmıştır.

Bölüm 4’ te, boşalmalı lambalarda ışık üretimi ile ilgili temel bilgiler verilmiş ve boşalmalı lambaların sınıflandırılması yapılmıştır. Bu bölümde ayrıca, yüksek basınçlı boşalmalı lambalarda ortak olan kimi özelliklere değinilmiş ve söz konusu lambaların tarihsel gelişimine yer verilmiştir.

Bölüm 5’ te, yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların lamba parçaları, çalışma koşulları, lamba türleri ile kimi özellikleri ele alınmıştır.

Bölüm 6’ da, yüksek basınçlı civa buharlı lambalar, metalik halojenürlü lambalar ve karışık ışıklı lambaların parçaları, çalışma koşulları, lamba türleri ile kimi özellikleri ele alınmıştır.

Bölüm 7’ de, yüksek basınçlı boşalmalı lambaların, lamba seçiminde öncelikli temel özellikleri birbirleri ile karşılaştırılarak, değerlendirilmiştir.

Bölüm 8’ de, yüksek basınçlı boşalmalı lambaların iç mimaride kullanım yerleri, kullanıldıkları aydınlatma aygıtları ve bu aygıtların iç mimari düzende yer alış biçimlerine değinilmiştir.

Bölüm 9’ da, metalik halojenürlü iki lamba türünün, parabolit yansıtıcı ve tekli bükey yüzeyli yansıtıcı içinde kullanımına ilişkin uygulama örnekleri yapılmıştır. Lamba ışığının biçimlendirilmesinde belirleyici olan, aydınlatma aygıtı yansıtıcıları ve lambalarda olması gereken özellikler kısaca ele alınmıştır. Parabolit yansıtıcı için saptanan 81 değişik durum için yapılan hesaplamalar sonucunda, uygun görülen 35 ayrı durumda, yansıtıcı özellikleri belirlenmiş ve yansımış ışık geriverimleri hesaplanmıştır. Seçilen iki örnek yansıtıcı için

ayrıca, aydınlık dağılımı eğrileri hacim açısı yöntemi ile oluşturulmuştur. Tekli bükey yüzeyli yansıtıcı için saptanan 18 değişik durumdan her biri için yansımış ışık geriverimi ve ortalama aydınlık düzeyi hesaplanmış, bir örnek durum ele alınarak, hacim açısı yöntemine göre, yansımış ışık geriveriminde izlenen yol gösterilmiştir. Her iki yansıtıcı için elde edilen sonuçlar, ayrı ayrı karşılaştırılıp değerlendirilmiştir.

Sonuç bölümünde, yüksek basınçlı boşalmalı lamba türlerinin temel özelliklerinin karşılaştırılması, bu lambalar ile kullanılan yansıtıcıların iç mimari düzende yer alış biçimleri ve yansıtıcı tasarımı ile ilgili uygulama örneklerine ilişkin varılan başlıca sonuçlar değerlendirilmiştir.



ABSTRACT

Establishing the lighting system in an interior mainly includes choice of suitable lamp and luminaire types together with forming luminaire system. In order to choose the suitable lamp type according to the required function, the variety properties of the lamps must be known well. High pressure discharge lamps have the major importance among the lamps used in interior. This lamp group has four main types widely used in interior, especially since improvements on colour rendering properties on them.

The aim of this study on high pressure discharge lamps is

- to compare the main characteristics,
- to determine the location and luminaire types,
- to give examples connected with the reflector types.

This study, which is made in terms of the above mentioned aim, consists of ten main chapters.

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

In the second chapter, definitions of light source-lamp-luminaire are mentioned, pointing out the differences of these concepts between each other.

In the third chapter, light producing types of artificial light sources are figured out and classified.

In the fourth chapter, basic data, regarding light production with discharge lamps is revealed and discharge lamps are classified. In addition, common properties of high pressure discharge lamps are also mentioned, with their historical improvements.

In the fifth chapter, operating conditions, lamp types and main parts of high pressure sodium lamps are discussed together with some of their characteristics.

In the sixth chapter, operating conditions, lamp types and main parts of high pressure mercury lamps, blended light lamps and metal-halide lamps are discussed together with some of their characteristics.

In the seventh chapter, the priority of main characteristics of high pressure discharge lamps is determined by comparing each other.

In the eight chapter, high pressure discharge lamps are mentioned emphasizing their location in interior design and luminaire they are used with.

In the ninth chapter, two types of metal-halide lamps are sampled with the manner of use in a paraboloid reflector and a faceted reflector. The properties of luminaire reflectors and lamps, which are mainly required for the formation of lamp light, are briefly mentioned. As a result of the calculations made for 82 different conditions of paraboloid reflector, reflective specifications are determined and reflected light rendering is calculated on suitable, different 35 conditions. By the way, for two reflector, illuminance curves have been drawn through

the method of “solid angle”. Reflected light rendering regarding with each of 18 different ways determined for facettted reflector and average illuminance level are calculated and the method of reflected light rendering through “solid angle” is introduced by giving an example. Results gained for each of the two reflectors are determined on comparison individually.

As a conclusion, comparison of main principles of high pressure discharge lamp types, the location of reflectors that are used with these lamps in an interior design and the results connected with the examples about reflector design are all determined here.



1.GİRİŞ

Bir iç mekanda kurulacak aydınlatma düzeninde yer alacak lamba seçimi, teknik, ekonomik ve pratik sorunların etkili olduğu karmaşık bir konudur. Çünkü, lamba türü seçiminde, ilk döşem giderleri, kullanma ve bakım harcamaları, kullanım kolaylığı, ışık rengi ve renksel geriverimi, lamba boyutu, lamba gücü vb. gibi bir çok etken rol oynar. Değişik türden lambaların önemli özelliklerinin iyi bilinmemesi durumunda, yanlış seçimler yapılarak, ışık üretiminde enerjinin boşuna harcanması ve / ya da iyi görme koşullarından ödün verilmesi söz konusu olabilir.

Lamba seçiminin doğru yapılması ve seçilen lambanın iç mimari düzenin bir parçası olabilmesi, onunla bütünleşebilmesi için, kullanılacak aydınlatma aygıtının, görme konusu, mekan ve lambanın özellikleri dikkate alınarak seçilmesi –tasarlanması- büyük önem taşır.

Bu çalışmanın amacı, iç mekanlarda yaygın olarak kullanılan yüksek basınçlı boşalmalı lambaların (yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba, yüksek basınçlı civa buharlı lamba, karışık ışıklı lamba, metalik halojenürlü lamba),

- temel özelliklerinin incelenerek, birbirleri ile karşılaştırılması,
- iç mekanlarda,
 - kullanım yerlerinin,
 - kullanıldıkları aydınlatma aygıtlarının ve
 - kullanıldıkları aydınlatma aygıtlarının iç mimari düzende yer alış biçimlerinin incelenmesi,
- kimi türlerinin kullanımı için, yansıtıcı tasarımına ilişkin uygulamaya yönelik örnekler oluşturulması,

olarak saptanmıştır.

Yüksek basınçlı boşalmalı lambalara ilişkin açıklanan temel özellikler ve aralarındaki farkları göstermek için yapılan karşılaştırma sonuçlarının, lamba seçiminde yol gösterici nitelik taşıyacağı düşünülmüştür. Metalik halojenürlü lamba türünün iki ayrı lamba tipi ile parabolit ve tekli bükey yansıtıcılar ele alınarak, değişik koşullarda aydınlığın düzgün yayılmasını sağlayacak yansıtıcıların özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılarak değerlendirilmiş ve böylece yansıtıcı tasarımında yönlendirici kimi bilgiler oluşturulmuştur.

2. IŞIK KAYNAĞI – LAMBA – AYDINLATMA AYGITI TANIMLARI

Aydınlatmanın temel tanımı, “nesnelere, bunların çevrelerine, ya da bir bölgeye, bir kent bölgesine, görülebilmeleri için ışık uygulanması”, olarak yapılır (CIE, 1987; Sirel, 1997). Doğal olarak, mimari aydınlatmanın amacı, yalnızca çevrenin, çevrede yer alan yüzey ve nesnelerin görülmesini sağlamak değil, her mekan için, o mekan içindeki işleve uygun iyi görme koşullarının yaratılmasıdır. İyi görme koşullarının elde edilebilmesinin yolu ise, lamba ve aydınlatma aygıtı seçimi –tasarımı– ile aygıt yerleşim düzeninin görme konusunun özelliklerine uygun yapılmasıdır.

Lamba ve aygıt seçimi ya da tasarımına ilişkin doğru kararların verilmesi ve böylece, görme konusu ile ilgili gereksinimlerin karşılanabilmesi için, lamba ve aydınlatma aygıtı özelliklerinin, değişik türden lambalar ve aygıtlar arasındaki ayrımların iyi bilinmesi gereklidir. Belirli lamba türlerinin ele alındığı bu çalışmanın bundan sonraki bölümlerine geçmeden önce, sıklıkla yanlış anlamlarda kullanılan, ışık kaynağı, lamba ve aydınlatma aygıtı terimleri kısaca açıklanmıştır.

- **Işık kaynağı (*light source*):** Işık kaynağı terimi, ayrıca belirtilmemişse, birincil ışık kaynağı (*primary light source*) anlamına gelir.* Bu anlamda ışık kaynağı, erke dönüşümü ile üretilmiş ışık yayımlayan yüzey ya da nesne demektir (CIE, 1987; Sirel, 1997). Daha basit bir anlatımla, başka bir enerji türünün, ışığa (*light*) –görünür ışınımına (*visible radiation*)– dönüştüğü yer biçiminde tanımlanan yapay ışık kaynaklarına örnek olarak, bir mumun alevi, akkor hale gelmiş bir tel ya da flüorışıcı bir nesne verilebilir.
- **Lamba (*lamp*):** Optik bir ışınım ve genelde görünür bir ışınım üretmek üzere oluşturulmuş olan kaynak (CIE, 1987; Sirel, 1997).** Bir başka deyişle, bir ışık kaynağının belirli bir süre gerekli ışığı verebilmesi ve kullanılmaya uygun olabilmesi için, bir araya gelmesi zorunlu olan minimum parçaların bütününe lamba adı verilir. Örneğin, bir akkor lambadaki tungsten telin, belirli bir süre gerekli ışığı verebilmesi için olması gereken parçalar; ampul, dip, akkorlaşmış teli tutan ayak, tele elektrik enerjisini

* İkincil ışık kaynağı (*secondary light source*): Kendiliğinden ışık yayımlamayan (ışık üretmeyen), üzerine düşen ışığın en az bir bölümünü yansıma ya da geçme ile geri veren yüzey ya da nesne (CIE, 1987; Sirel, 1997). Örneğin, çevrede yer alan tüm nesneler, ay, gök vb.

** Optik ışınım (*optical radiation*): Dalga boyları yaklaşık olarak 1 nanometreden küçük olan x ışınimleri ile, dalga boyları yaklaşık olarak 1 milimetreden büyük olan radyo-elektrik dalgaları arasında kalan elektromanyetik ışınım (CIE, 1987; Sirel, 1997).

iletkenler ve lamba gücüne bağı olarak ampul içine doldurulmuş gazlar olarak sıralanabilir. “Ampul” (*bulb*), bir lambanın ışıyıcısını saran saydam, yarı saydam ya da bir bölümü metallenerek saydamsızlaştırılmış kılıf olup, lambanın bir bileşenidir ve kesinlikle lamba yerine kullanılmamalıdır.

- **Aydınlatma aygıtı –ışıklık– (*luminaire, lighting fitting*):** Lamba ya da lambaların ışığının dağılımını düzenlemeye, süzmeye ya da değiştirmeye yarayan, lambaların dışında lambaları tutturucu, koruyucu tüm parçaları ve olası olarak, yan devreleri ve şebeke bağlantısını sağlayan parçaları da içeren aygıt (CIE, 1987; Sirel, 1997). Lambalar genellikle aydınlatma aygıtları içinde kullanılır. Bunun nedeni, aydınlatma tekniğinin herhangi bir konuya uygulanmasının, önemli ölçüde aygıtlar aracılığı ile gerçekleştirilebilmesidir. Aydınlatma aygıtı, küresel bir yayıcı, bir yansıtıcı vb. biçimlerde olabildiği gibi, yapı elemanları ile bütünleşerek ışıklı tavan vb. gibi iç mimari düzenin bir parçası da olabilir. Lamba terimi ise yukarıda yapılan tanımlı gereği, ayaklı lamba, masa lambası vb. örneklerde olduğu gibi, kesinlikle aydınlatma aygıtı yerine kullanılmamalıdır.

3. IŞIK ÜRETME BİÇİMLERİ

Yapay ışık kaynaklarının yayımladıkları ışınım, değişik ısıma olayları (*radiation*) sonucunda ortaya çıkarlar. Isıma olayı, herhangi bir enerji türünün ışınım enerjisine dönüşmesi demektir ve Uluslararası Aydınlatma Sözlüğü'ndeki tanımı, “parçacıklar ya da elektromanyetik dalgalar biçiminde erke yayımı ya da taşınması” biçimindedir (CIE, 1987; Sirel, 1997). Işık kaynakları, ısılışıma ve ışılışıma olmak üzere, başlıca iki tür ısıma yolu ile ışık üretirler (Çizelge 3.1).

a) Isılışıma –ısısal ısıma– (*thermal radiation*):

Özdeğin, atom, molekül, iyon gibi taneciklerinin ısısal çalkantı erkesinden oluşan, ısıyan erke yayımı mekanizması (CIE, 1987; Sirel, 1997).

b) Işılışıma (*luminescence*):

Bir özdeğin, parçacıklarının ısısal çalkantı erkesi dışında, değişik erke türleri ile uyarılması sonucu, bu özdeğin atomları, molekülleri ya da iyonları ile, belli dalga boylarında, ya da tayfin belli bölümlerinde, özdeğin aynı sıcaklıkta ısısal yayım ışınımına eklenen bir optik ışınım yayımlaması (CIE, 1987; Sirel, 1997).

Özetle, ısısal ısıma, özdeğin ısı yolu ile uyarılması; ışılışıma ise, özdeğin ısıdan başka yollarla uyarılması sonucu ısıyan erke üretmesi olayıdır (Ünver, 2000).

Bu çalışmanın içeriği, ışılışıma ile ışık üretiminin söz konusu olduğu boşalmalı lambalar (*discharge lamps*) ile sınırlanmıştır. Çalışmanın amacı, kimi yüksek basınçlı boşalmalı lamba türlerini ele alarak; çalışma ilkeleri, parçaları, çeşitleri vb. açılardan incelemek, temel özelliklerini birbirleri ile karşılaştırmak, iç mimaride kullanım alanlarını belirlemek ve bu lamba türlerinin yer alabileceği aygıt türü tasarımı için kimi örnekler oluşturmaktır.

Çizelge 3.1 Işık kaynaklarının ışık üretme biçimleri (Handbuch für Beleuchtung, 1992; IESNA, 2000).

IŞIK ÜRETME BİÇİMLERİ				
Isısal Işıma (Thermal radiation)		Işıllışma (Luminescence)		
Yakarak Işınım Enerjisi Üretimi (Pyroluminescence)	Akkor Işıma (Incandescence)	Çeşitli ışıllışma olayları (Miscellaneous luminescence phenomena)	Işıksal ışıllışma (Photoluminescence)	Elektro ışıllışma (Electroluminescence)
	Isıtarak ışınım enerjisi üretimi	▪ Kimyasal ışıllışma (Chemiluminescence)	▪ Gazda elektriksel boşalma (electric discharge in a gas)	▪ Elektro-ışıllışıcı lamba (electroluminescent lamp)
		▪ Biyolojik ışıllışma (Bioluminescence)	▪ Flüorışma (Fluorescence)	▪ Işık yayımlayıcı dioid (Light-emitting diodes)
		▪ Mekaniksel ışıllışma (Triboluminescence)	▪ Fosforışma (Phosphorescence)	▪ Katotsal ışıllışma (Cathodeluminescence)
		▪ Isısal ışıllışma (Thermoluminescence)	▪ Lazer (Laser)	
		▪ Radyoışıllışma; X ışınıyla ışıllışma (Radioluminescence)		

4. BOŞALMALI LAMBALAR

Bu bölümde, boşalmalı lambaların,

- ışık üretme biçimi,
- sınıflandırılması,
- yüksek basınçlı boşalmalı lambaların kimi ortak özellikleri,
- yüksek basınçlı boşalmalı lambaların tarihsel gelişimleri

konuları ele alınmıştır.

4.1 Boşalmalı Lambalarda Işık Üretme Biçimi

Boşalmalı lambalar, iki ayrı akım girişi olan ve içi gaz ya da metal buharı ile dolu bir cam ya da seramik vb. tüpten oluşur. Boşalma ya da daha açık bir deyişle, elektriksel boşalma olayı, gaz ya da metal buharı içinden elektrik akımı geçmesi sonucunda gaz ve / ya da metal buharının ışıma yapmasıdır.

Elektriksel boşalmanın gerçekleşebilmesi için, boşalma tüpündeki elektrotlar, serbest elektron üretebilecek duruma gelinceye kadar ısıtılır. Isınan elektrotlardan kopan serbest elektronlar, elektrotlar arasında oluşan manyetik alan etkisi altında, kutuplar arasında hareket etmeye başlarlar. Katottan ayrılarak hızla anoda doğru giden elektron, tüp içindeki iletken olmayan gaz ya da metal buharı atomları ile karşılaşır ve üç ayrı biçimde çarpışırlar.

1. Katottan kopan elektronun hızı düşük olduğunda, gaz atomuna çarpan elektron doğrultu değiştirir ve öteki atomlarla çarpışarak ilerler. Çarpışmalar sırasında ısı enerjisi açığa çıkar. Buna “esnek (hafif) çarpma” denir.
2. Katottan ayrılan elektronun hızı, gaz atomlarının uyarılma gerilimi ile aynı büyüklükte olduğunda, çarpışma sırasında gaz atomunun en dış yörüngesindeki elektron bir üst yörüngeye sıçrar ve gaz atomu uyarılır. Yaklaşık olarak 10 nanosaniye süren uyarılma sonunda gaz atomu eski yörüngesine geri dönerek, kazandığı kinetik enerjiyi ışıyım enerjisi olarak tek bir dalga boyunda yayımlar. Yayımlanan ışıyımın dalga boyu ise gazın özelliğine göre değişir. Buna “orta şiddette çarpma (elektron sıçratma)” denir.
3. Katottan kopan elektronun hızı gaz atomlarının iyonizasyon gerilimi ile aynı büyüklükte olduğunda, gaz atomundan elektron kopar. Kopan elektron, manyetik alanın etkisiyle anoda doğru giderken, elektronunu kaybeden atom pozitif iyon olarak katoda doğru

sürüklenir. Bundan sonra ilk elektrot elektronu gibi davranarak, sürece yeniden katılır. İyonizasyonun artmasıyla gazın iletkenliği de artar. Tüp içindeki tüm atomların iyonize olması koşulunda gazın direnci sıfıra düşer ve kısa devre oluşur. Buna “hızlı çarpma” (elektron kopması) denir.

Elektriksel boşalma sonucu oluşan ışınımın dalga boyu, ışıksal verim vb. özellikleri,

- gaz türüne,
- gaz basıncına,
- boşalma tüpünün boyutlarına,
- uygulanan gerilim düzeyine,
- elektrotların özelliklerine,

bağlı olarak değişir.

4.2 Boşalmalı Lambaların Sınıflandırılması

Boşalmalı lambalar, ışığın, dolaylı ya da dolaysız bir biçimde, bir gazın, bir metal buharının ya da bir çok gaz ve buhar karışımının içinde elektriksel boşalma ile üretildiği lambalardır (CIE, 1987; Sirel, 1997). Bu lambalarda, genel olarak sodyum ve civa madenleri, azot, karbondioksit ve asal gazlar (neon, helyum vb.) kullanılır ve lambalar, kullanılan gaz ya da metal buharının türüne göre sodyum buharlı lamba, civa buharlı lamba vb. olarak adlandırılır.

Elektriksel boşalmalı lambalar, boşalmanın türüne göre,

- ısıtılı boşalma ve
- yay boşalması,

olarak iki ana bölüme ayrılabilir. (Çizelge 4.1)

Çizelge 4.1 Boşalmalı lambaların sınıflandırılması (Handbuch für Beleuchtung, 1992; IESNA, 2000).

BOŞALMALI LAMBALAR (Discharge Lamps)			
Işıltılı Boşalma; Işıltır Boşalma (Glow Discharge)		Yay Boşalması (Arc Discharge; electric arc)	
Pozitif kolonsuz ısıltı lambası (negative-glow lamp without positive column)	Pozitif kolonlu ısıltı lambası (negative-glow lamp with positive column)	Yüksek basınçlı –yeğirlikli– boşalma (high intensity discharge)	Alçak basınçlı –yeğirlikli– boşalma (low intensity discharge)
	- Soğuk katotlu lamba (cold cathode lamp) - Hg, Ng, Ar, He-neon tüpü (Hg, Ng, Ar, He-neon tube)	- Ksenon-kısa yay lambası (xenon short arc lamp) - Kısa yay metalik halojenürlü lamba (short arc metal halide lamp) - Yüksek basınçlı cıva buharlı lamba (high pressure mercury lamp) - Karışık ışıklı lamba (blended light lamp; self-ballasted lamp) - Metalik halojenürlü lamba (metal halide lamp) - Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba (high pressure sodium lamp)	- Alçak basınçlı sodyum buharlı lamba (low pressure sodium lamp) - Flüorışıl –flüoresan– lamba (fluorescent lamp) - Morötesi lambası (ultraviolet lamp) - Gaz lazer (gas laser) - Ksenon uzun-yay lambası (xenon long-arc lamp) - Ksenon-impuls lambası (xenon-impulse lamp)

a) Işıltılı boşalma –ışılşır boşalma– (*glow discharge*):

Katotun ikincil yayımının, ısıelektronik yayıma göre çok daha baskın olduğu elektriksel boşalma (CIE, 1987; Sirel, 1997).

b) Yay boşalması (*arc discharge; electric arc*):

İşılşıyan bir boşalmada oluşana göre, zayıf bir katotsal düşüş ile nitelenen elektriksel boşalma (CIE, 1987; Sirel, 1997).

Lambadaki, akımın iletilerek boşalmanın başladığı parçalar, düzgün akımda, “katot” ve “anot”; değişken akımda ise sıra ile değişerek katot ve anot olarak etki eden “elektrotlar” olarak adlandırılır. Işıltılı boşalma ve yay boşalması arasındaki farklar, katotların yüzeyinde ve çevresindeki olaylar ile ilgilidir.

Işıltılı boşalma için olan elektrotlar daha iri ve çalışma sırasında çok fazla ısınmayan demir-nikel elektrotlardır. Buna karşılık, yay boşalması için olan elektrotlar Wolfram telden sarılmış masif parçalar (yüksek basınçlı lambalarda) ya da Wolfram telden oluşturulmuş bükümler (alçak basınçlı lambalarda) biçimindedir ve boşalma sırasında tamamen ya da kısmen 1400° C - 2400° C sıcaklığa kadar ısınırlar. Bu sıcaklıktaki katottan ayrılan elektronlar anoda doğru hareket eder. Bu nedenle, iyon akımı, boşalma akımının yalnızca küçük bir bölümünü karşılamak durumunda kalır. Katottaki gerilim gereksinimi ışıltılı boşalmadan yay boşalmasına geçişte ~150 V’ dan ~10 V’ a düşer. Bu katodun ışık üretimi için harcaması gereken güç çok daha az olduğundan, daha ekonomik çalışır. Katodların, yeterli elektron yayabilecekleri sıcaklığı düşürebilmek için, Wolfram teller Erdalkalioksit ile kaplanır. Bu işlemin olumlu yanı, ateşleme geriliminin düşürülmesi ve daha ekonomik oluşu; olumsuz yanı ise, özellikle ateşleme aşamasında oksidin buharlaşması ile ömrün sınırlanmasıdır. Boşalmalı lambaların ömrü, temelde elektrotların aşınmasına bağlı olarak azalır ve lambayı çalıştırma koşullarına uyulduğunda, yakıp kapatma sıklığı, ömrü belirleyen tek etkidir.

Yay boşalmasının söz konusu olduğu lambalar, gazın ısısı, basıncı vb. özellikler açısından kendi içinde, alçak ve yüksek basınçlı boşalmalı lambalar olarak ikiye ayrılır. Aşağıdaki bölümlerde, alçak ve yüksek basınçlı boşalmalı

- lambalar arasındaki temel ayrımlar,
- lambalarda boşalmanın başlaması ve dengeye gelmesi,

- lambaların rejime girmesi, konuları ele alınmıştır.

4.2.1 Alçak ve Yüksek Basıncılı Boşalmalı Lambalar Arasındaki Temel Ayrımlar

Alçak ve yüksek basınçlı boşalmalar bir çok açıdan birbirinden ayrılır. Gaz sıcaklığı, alçak basınçlı boşalmada 100°C 'nin altında iken, yüksek basınçlı boşalmada 5000°C - 7000°C arasındadır. Çalışma koşullarındaki basınç, alçak basınçlı lambalarda yaklaşık 10^{-3} mbar dolaylarında iken, yüksek basınçlı lambalarda birkaç ile 15 mbar arasında, kimi özel koşullarda 100 mbar'ın üzerindedir. Alçak basınç sütunu, boşalma tüpünün enine kesitini az ya da çok düzgün bir biçimde doldururken, yüksek basınçlı boşalma dar bir en kesitte toplanır. Alçak basınç yayı tüpün çeperi aracılığı ile dengeye getirilirken, yüksek basınç yayında dengeleme işlevini çoğunlukla elektrotlar üstlenir.

Alçak basınçlı boşalmalarda enerjinin büyük bir bölümü, minimum enerji ile uyarılabilen çizgisel özellikte (rezonans çizgisi) yayımlanır.* Bunlar, sodyumda sarı, civada morüstü çizgilerdir. Artan basınç ve yükselen verim artışı ile rezonans ışıınımı eldesi azalır, tayfta daha yüksek uyarı düzeyindeki çizgiler görünür. Yüksek basınçta rezonans çizgileri tümüyle kaybolur ve artık yalnızca bunların uzantıları –uyumluları– görülür. Artan basınç ile çizgiler genişler ve sürekli bir ışıma, çizgilerin yerini alır.

4.2.2 Boşalmanın Başlaması ve Dengeye Gelmesi

Elektriksel boşalmanın gerçekleşmesi, 4.1. bölümde de belirtildiği gibi, lambanın ısıtılan elektrotları arasında oluşan manyetik alanın etkisiyle elektronların hareket etmesi ve gaz ya da metal buharının uyarılarak iyonizasyonun sağlanmasına bağlıdır. Gaz ya da metal buharının aslında yüksek olan direnci, iyonizasyonun artmasıyla azalır. Direncin düşmesi, elektrotlar arasındaki akımın hızlanması, gerilimin düşmesi ve en sonunda elektrotlar arasında kısa devre olmasına yol açar.

* Rezonans çizgisi (*resonance line*): Uyarılmış bir erkesel düzeyden, esas (temel) düzeye, ara düzeylerden geçmeksizin, doğrudan geçiş ya da tersine geçiş sonucu ortaya çıkan tayf çizgisi (Örnek: Civa için $\lambda = 253,7\text{ nm}$, sodyum için $\lambda = 589,0\text{ nm}$ ve $\lambda = 589,6\text{ nm}$).

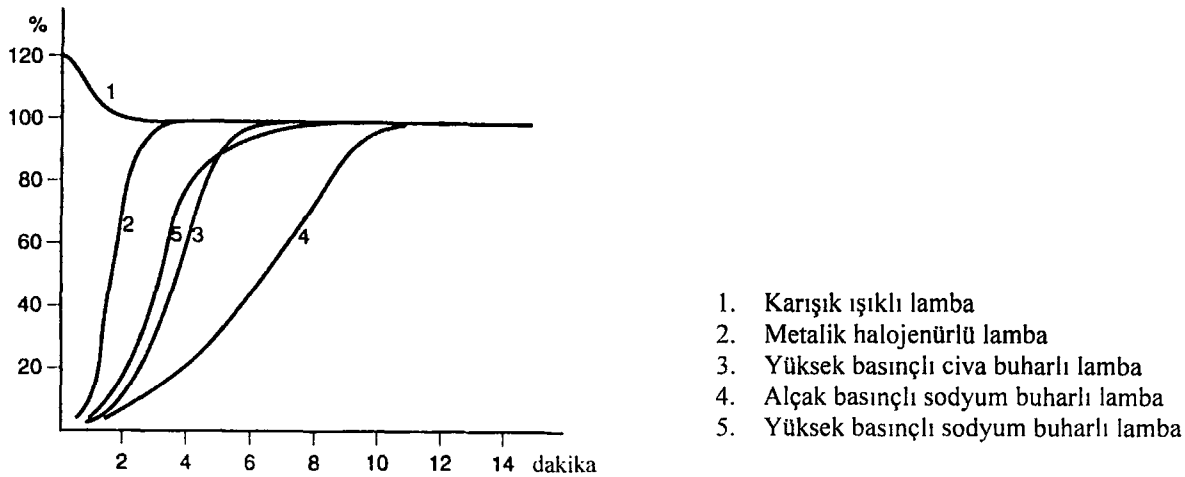
Bu nedenlerle, elektriksel boşalmalı lambaların çalışabilmesi için yardımcı –ek– parçaların kullanılması gerekir:

- Elektriksel boşalmayı başlatma (ateşleme) geriliminin lambanın çalışma geriliminden yüksek olması nedeniyle, kimi koşullarda yardımcı elektrot, ateşleme teli vb. gibi lambanın bir parçası; kimi koşullarda da başlatıcı –starter– (*starter*), elektrot ısıtıcı transformatör gibi ek bir devre elemanı ateşlemeye yardımcı olur.
- Bu lambalarda, elektrik akımını sınırlayarak kısa devreyi önlemek amacıyla, lamba ile elektrik devresi arasında durultucu –balast– (*ballast*) adlı bir yardımcı parça kullanılır. Elektrotlar ile seri bağlanan durultucu, gaz direncini istenen düzeyde tutar. Her lambada kullanılan durultucunun niteliği, gazın türü ve basıncı, uygulanan gerilim düzeyi ve lambadaki elektrotların özelliğine göre değişir.

4.2.3 Lambanın Rejime Girmesi

Ksenon lambaları gibi gaz dolu boşalmalı lambalar, ateşlemeden hemen sonra tüm ışık akılarını vermeye başlarlar. Buna benzer biçimde, 25° C çevre ısısında, ışık üretimi için optimum buhar basıncına ulaşıldığında, flüoresan lambalar da tam verimleri ile ışık verirler.

Buna karşılık, yüksek basınçlı civa buharlı, yüksek ve alçak basınçlı sodyum buharlı lambalar, optimum buhar basıncı ve buna bağlı olarak tam ışık akılarına 2-10 dakikalık bir ısınma süresi sonunda ulaşırlar. Bu olaya “lambanın rejime girmesi” denir. Kimi boşalmalı lambaların rejime girme süreleri Şekil 4.1’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Boşalmalı lambaların rejime girme süreleri (Handbuch für Beleuchtung, 1992)

Bu lambalar söndürüldükten sonra, yüksek buhar basıncı nedeniyle ateşleme gerilimi yüksektir ve lambalar, örneğin, yaklaşık 1 dakika (yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba) ve 5-15 dakika (metalik halojenürlü lamba) bir soğuma süresi sonunda tekrar yakılabilir. Hemen tekrar ateşleme için, 35 kV ateşleme parçaları ile çalıştırılan lambalar üretilmektedir.

Bundan sonraki bölümlerde, yukarıda genel özellikleri özetlenen boşalmalı lambalar arasından yalnızca, yüksek basınçlı,

- sodyum buharlı lambalar,
- civa buharlı lambalar,
 - karışık ışıklı lambalar,
 - metalik halojenürlü lambalar,

ele alınarak, temel özellikleri verilmiştir. Ancak, bu incelemeye geçmeden önce, söz konusu lambaların kimi ortak özellikleri ve tarihsel gelişimlerine değinilmiştir.

4.3 Yüksek Basınçlı Boşalmalı Lambaların Kimi Ortak Özellikleri

Bu bölümde, lambaların kimi temel özellikleri ve bu özellikler açısından bu çalışma içinde ele alınan yüksek basınçlı boşalmalı lambalarda ortak olan yanlar,

- lamba ışığının renksel özellikleri,
- lamba verimi,
- lamba ömrü,
- kullanılan ek parçalar,
- dimmerleme,
- ışık titremesi ve stroboskopi etkisi,

başlıkları altında açıklanmıştır.

Lamba Işığının Renksel Özellikleri

Lamba ışığının renksel özellikleri, temelde renk sıcaklığı ve renksel geriverim olmak üzere iki açıdan değerlendirilir.

Renk sıcaklığı: Işınımı, verilmiş bir renk uyartısı ile aynı türsellikte bulunan kara cismin sıcaklığı, renk sıcaklığı olarak tanımlanır (CIE, 1987; Sirel, 1997). Bir başka deyişle, bir lambanın renk sıcaklığı, kara cismin renginin, lambanın yayımladığı ışık ile aynı renkte olduğu sıcaklığın kelvin (K) cinsinden değeridir ve “Tc” ile gösterilir. Renk sıcaklığı yükseldikçe, ışık rengi de kırmızıdan sarıya, beyaza, maviye doğru değişir.

Renksel geriverim: Renksel geriverim, bir ışıklayıcının, aydınlattığı nesnelerin, renk türü ile ilgili görünüşleri üzerindeki etkisi olarak tanımlanır (CIE, 1987; Sirel, 1997). Bir lambanın renksel geriverimi yükseldikçe, aydınlatılan nesne ve yüzeylerin görünen renkleri ile öz renkleri arasındaki ayrım azalır.

Lamba Verimi

Bir lambadan yayımlanan ışık akısının, kaynağın harcadığı güce bölünmesi ile elde edilen değer, lambanın verimi olarak tanımlanır (CIE, 1987; Sirel, 1997). Yüksek basınçlı boşalmalı bir lambanın verimi belirlenirken, üretilen lambanın, ilk yüz saatlik çalışma süresi sonunda ölçülen verimi esas alınır (CIBSE, 1994). Kullanım süresi boyunca,

- lambanın yanma konumu,
- dış ortam ısısı,
- kullanılan durultucunun özellikleri,
- şebeke geriliminde ortaya çıkan değişimler vb.

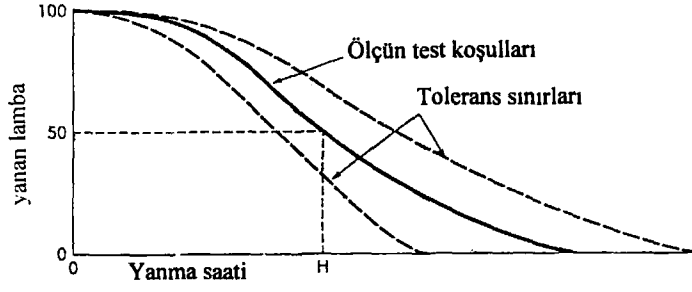
dış etkiler, lamba veriminin değişmesine neden olabilirler.

Lamba Ömrü

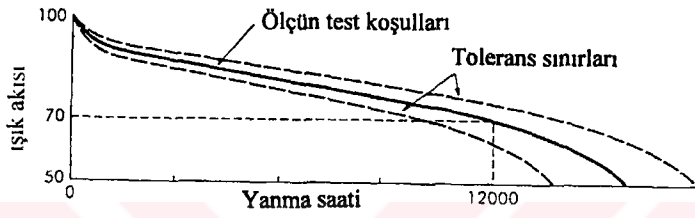
Bir lambanın ortalama yanma süresi –ömrü- ve çalışma süresi içinde, yayımladığı ışık akısındaki azalmaya ilişkin değerler tek lambayı değil, aynı türden çok sayıdaki lambayı kapsar. Lambaların yayımladığı ışık akısındaki azalma belirlenirken, lambanın yeni iken çevresine verdiği ışık akısı niceliği olarak, lambanın ilk yüz saatlik çalışma süresi sonundaki ışık akısı esas alınır. Lamba ömrü ve ışık akısındaki azalmaya ilişkin değerler, ölçün test koşulları altında elde edilir ve ölçün test koşulları altında lamba ömrü, iki ayrı açıdan ele alınır. Test edilen lambaların,

- % 50' si sönünceye değin geçen zaman (Şekil 4.2),
- yeni iken yayımladıkları ışık akılarının, % 70' e düşmesi için geçen zaman (Şekil 4.3),

söz konusu lamba türü için ortalama yanma süresi olarak kabul edilir. Yukarıda belirtilen iki ayrı yaklaşım biçiminden ilki daha çok, akkor lamba, karışık ışıklı lamba vb. filamanlı lambaların ömrünü belirlemek için, ikincisi ise, boşalmalı lambaların ömrünü saptamak amacı ile kullanılır.



Şekil 4.2 Lambaların yanma süresi (CIBSE, 1994).



Şekil 4.3 Lambaların ışık akısındaki azalma (CIBSE, 1994).

Bir lambanın, kullanım koşulları altındaki ömrü, ölçün test koşulları altında saptanan ömrüne oranla genellikle daha kısadır. Çalışma süresi içinde, lamba ömrünün kısılmasına neden olan etkenler arasında,

- şebeke geriliminde oluşan değişimler,
- lambayı yakıp söndürme sıklığı,
- dış ortam ısısı,
- hava devinimleri,
- kullanılan durultucunun özellikleri vb.

sayılabilir.

Kullanılan Ek Parçalar

Yüksek basınçlı boşalmalı lambalar, karışık ışıklı lamba dışında, uygun bir durultucu ve / ya da ateşleyici ile birlikte kullanılırlar.

- **Ateşleyici (ignitor):** Elektrotların ön ısıtmasını sağlamaksızın, tek başına ya da elektrik devresinin öteki elemanları ile birlikte, boşalmalı bir lambanın ateşlenmesine yönelik gerilimsel atmalara (impulslara) yol açan aygıt, ateşleyici olarak adlandırılır (CIE, 1987; Sirel, 1997). Ateşleyici, yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların çoğunda ve metalik

halojenürlü lambalarda kullanılır. Bu lambalar için kullanılan ateşleyici türleri, 5-6. bölümlerde belirtilmiştir.

- **Durultucu (*ballast*):** Elektrik akımını gerekli değerde sınırlamaya yarayan ve boşalmalı lamba ya da lambalar ile onları besleyen elektrik devresi arasına koyulan aygıt, durultucu olarak tanımlanır (CIE, 1987; Sirel, 1997). Durultucu, bir transformatör (gerilim değiştirici) ya da güç çarpanı düzelticisi gibi başka parçalar da içerebildiği gibi, yalnız başına ya da bir başlatıcı ile birlikte lambanın çalışmaya başlaması için gerekli koşulları da sağlayabilir. Yüksek basınçlı lambalar ile kullanılan durultucular oldukça çeşitlidir. Her lamba türü için kullanılan durultucu farklı olabilirken, kimi koşullarda, aynı durultucu farklı türde lambalar için de kullanılabilir. Genel olarak her yüksek basınçlı boşalmalı lamba türü için kullanılabilen durultucu türü, aşağıda temel özellikleri açıklanan yüksek frekanslı elektronik durultucudur.

Yüksek Frekanslı Elektronik Durultucu (*high frequency electronic ballast*):

Doğru ya da değişken akımla beslenen ve bir ya da bir çok boşalmalı lambanın değişken akımda çalışmasını sağlayan yarı-iletken parçaları ve stabilizatör elementleri içeren birim, yüksek frekanslı elektronik durultucu (yarı-iletken durultucu) olarak adlandırılır (CIE, 1987; Sirel, 1997). Yüksek frekanslı elektronik durultucu, şebeke gerilimini (*main voltage*), lamba gücü (*lamp wattage*) ve lamba gerilimine (*lamp voltage*) göre düzenlemede, öteki durultuculara göre en verimli olanıdır. Bir yüksek frekanslı elektronik durultucu, üreticinin ön gördüğü kimi sınırlar içinde birden fazla lamba türü ile kullanılabildiği gibi, tek bir lamba türü için özel olarak da üretilebilmektedir. Ancak, öteki durultucu türlerine göre daha pahalı olmalarından ötürü, kullanımları çok yaygın değildir. Yüksek frekanslı elektronik durultucu kullanımının sağladığı yararlar,

- ışık üretiminin başlama zamanını ayarlayarak, lambanın hemen rejime girmesi,
- üretilen ışığın zaman içindeki değişimlerinin hemen hemen ortadan kalkması, böylece,
 - ışık titremesi (*flicker*) ve stroboskopi etkilerinin azaltılması ya da tamamen yok edilmesi,
 - ışık akısı niceliğinin denetlenebilmesi, yani dimmerleme (*dimmer*) yapılabilmesi,
 - zaman ayarlı ve/ya da uzaktan kumandalı düzeneklerin kullanabilmesi,
- lambanın çalışma sırasında yayımladığı yüksek frekanslı titreşimlerin, öteki elektrikli aletlerde parazitlere yol açmaması,

- ışık veriminin yükselmesi,
- lamba ömrünün uzaması,
- ek parça sayısının azalması ile sistemin hafiflemesi (uygulamada ve aygıt tasarımında kolaylık sağlar),
- ısı üretiminin azalması,
- durultucu enerji kayıplarının azalması,

olarak sıralanabilir (CIE, 1987; Ünver, 2000).

Dimmerleme

Bir aydınlatma düzeninde, lambaların ışık akısını değiştirmeyi sağlayan elektrik düzene dimmer –karartıcı– (*dimmer*) adı verilir (CIE, 1987; Sirel, 1997). Dimmerlenebilir bir lambanın, ışık akısı niceliği ayarlanabilir, böylece bir anlamda enerji korunumu sağlanır. Karışık ışıklı lambalar dışında tüm yüksek basınçlı boşalmalı lamba türleri, lamba özelliklerine bağlı olarak değişik oranlarda dimmerlenebilirler. Farklı lamba türlerinde, farklı dimmerler kullanılır (Bölüm 5-6).

Işık Titremesi ve Stroboskopi Etkisi

Işıklılığın ya da tayfsal dağılımın, zaman içinde dalgalanmasından doğan, görsel duyulanmanın durağan olmaması izlenimi, ışık titremesi olarak adlandırılır (CIE, 1987; Sirel, 1997). Işık titremesinin niceliği, büyük oranda kullanılan durultucunun türüne bağlıdır ve yüksek basınçlı boşalmalı lambaların tümü için kontrol altına alınması gereken bir özelliktir. Işık titremesi, yüksek frekanslı elektronik durultucu kullanılarak büyük ölçüde azaltılabilir.

Bir nesnenin gerçek deviniminin, bu devinimin devirsel olması ve buna uygun frekanslı bir değişken aydınlıkla aydınlanması durumunda, görünüşte değişmesi stroboskopi etkisi olarak adlandırılır (CIE 1987; Sirel, 1997). Örneğin, tenis, masa tenisi, voleybol vb. gibi hızlı hareketlerin söz konusu olduğu oyunlarda rahatsız edici olabilen bu kusuru en aza indirmek için, ışık titreme indeksi 0,1 ve / ya da daha az olan sistemler kullanılmalı ya da lamba üç ayrı faza bağlanmalıdır. Stroboskopi etkisi, yüksek frekanslı elektronik durultucu kullanılarak da büyük oranda önlenir ya da tamamen yok edilebilir.

4.4 Yüksek Basınçlı Boşalmalı Lambaların Tarihsel Gelişimi

Elektrik enerjisi kullanılarak ışık enerjisinin üretildiği lamba türlerinden üçüncüsünü, yay lambası (*arc lamp*) ve akkor lambadan (*incandescent lamp*) sonra boşalmalı lambalar

oluşturur. Boşalmalı lambalarla ilgili fiziksel ilk bilgiler, bu lambaların üretilmeye başlanmasından çok önceye dayanır. Civalı barometrelerdeki ışığın görülmesi ve bunun değerlendirilmesine ilişkin gözlemler 17. yüzyılda, boşalmalı bir lambanın ilk sunumu, Humphrey Davy tarafından 18. yüzyılın başında yapılmıştır. Aydınlatma amacına uygun bir boşalmalı lambanın yapımı ise ancak 20. yüzyılın başlarında gerçekleşmiştir. İlk üretilen boşalmalı lambalar olan alçak basınçlı civa buharlı lambalar, bilindiği gibi flüorışıcı toz kaplanmamış (saydam ampullü) flüoresan lambalara karşılık gelmektedir. Boşalmalı lambalar arasından, bu çalışmanın kapsamında incelenen yüksek basınçlı boşalmalı lambalar olan, sodyum buharlı lambalar, civa buharlı lambalar, karışık ışıklı lambalar ve metalik halojenürlü lambaların tarihsel gelişimlerine ilişkin bilgiler aşağıda kısaca özetlenmiştir (Lindsey 1991, IESNA, 2000)

4.4.1 Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı Lambalar (*High Pressure Sodium Lamps*)

Aydınlatma amacıyla kullanılan ilk sodyum buharlı lamba, 1932' de Avrupa' da geliştirilen ve sonraki yıllarda Amerika' da yaygınlaşmaya başlayan alçak basınçlı sodyum buharlı lamba (*low pressure sodium (vapour) lamp*)' dır. Bu ilk sodyum buharlı lambaların verimi 45-55 lm/W, ömrü 3000 saat, ışık akısı 6000-10000 lm büyüklüğündedir. 1980' li yıllarda, verimleri 150 lm/W' a değin yükseltilmiş olmasına karşın, ürettikleri ışığın tektürel ve renksel geriverimlerinin kötü olmasından ötürü, kullanımları kimi dış aydınlatmalar ile sınırlı olmuştur.

Alçak basınçlı sodyum buharlı lambaların yayımladığı ışığı tektüsellikten uzaklaştırarak lambanın renksel geriverimini düzeltmek amacıyla, boşalma tüpü içindeki sodyum buharı basıncı artırılarak, yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar elde edilmiştir. Metalik halojenürlü lambaların ortaya çıktığı yıllar olan 1960' lı yıllarda, gücü 400 W, verimi 105 lm/W ve ömrü 6000 saat olan ilk yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba üretilmiştir. Üretilen bu lamba belli bir ölçüde tektüsellikten uzaklaşmış, ancak renksel geriverim açısından istenen düzeye getirilememiştir. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların boşalma tüpünün yapımında, cam ve kuvars cam yerine sodyum buharının kimyasal etkilerine ve yüksek ısıya dayanıklı saydam alüminyum seramik yeğlenmiştir.

İlk yüksek basınçlı sodyum buharlı lambanın ortaya çıkmasından bu yana geçen çeyrek yüzyıl içinde, boşalma tüpündeki sodyum buhar basıncı yükseltilerek ve/ ya da asal gazların oranları

değiştirilerek, ömürleri 31000 saate, verimleri 150 lm/W' a ulaşan yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar elde edilmiştir. Bu lambaların veriminde, üretilmesinden günümüze değin gözlenen değişim, Şekil 4.4 ' te gösterilmiştir. Aynı zamanda, renksel geriverimi iyileştirmek amacı ile yapılan bu çalışmalar sonucunda geliştirilen, sodyum ksenon ve beyaz sodyum buharlı lambalar gibi renksel geriverimi oldukça iyi olan yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba türleri, günümüzde türlü iç mekan uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır.

4.4.2 Yüksek Basınçlı Civa Buharlı Lambalar (*High Pressure Mercury Lamps*)

Cooper-Hewitt tarafından geliştirilen T-8 lambaları, üretilen ilk alçak basınçlı civa buharlı lambalardır. Verimlerinin yüksek, ancak renksel geriverimlerinin kötü olması, bu lambaların aydınlatma uygulamalarında kullanım alanlarının sınırlı olmasına neden olmuştur. Renksel geriverimin iyileştirilmesine ilişkin çalışmalarda,

- ampul iç yüzeyinin flüorışyıcı tozlarla kaplanması,
- civa buharı basıncının yükseltilmesi,

olmak üzere iki ayrı yöntem kullanılmıştır. Bunlardan ilki olan flüorışyıcı tozların kullanılması sonucunda ışığın renksel geriverimi önemli ölçüde düzeltilmiş, aynı zamanda, morüstü ışınımın bir bölümü görünür ışınımına dönüştürülerek verimi artırılmış olan ve günümüzde flüorışıl lamba olarak bilinen lamba türleri ortaya çıkmıştır.

Renksel geriverimi iyileştirmeye yönelik çalışmalardan ikincisi olan, civa buharı basıncının yükseltilmesi ile ilk yüksek basınçlı civa buharlı lambalar elde edilmiştir. 1934 yılında üretilen bu lambaların renksel geriverimindeki düzelme çok fazla olmamakla birlikte, verim önemli ölçüde artmıştır. Tüp uzunluğu 220 cm, gücü 400 W, ışık akısı 16000 lm, ömrü 4000-6000 saat olan ve yalnızca düşey konumda çalışan ilk yüksek basınçlı civa buharlı lambalar daha sonra, her konumda yanabilen duruma getirilmiştir. Yüksek basınçlı civa buharlı lambaların verimlerinde, ilk üretildiklerinden bu yana gözlenen gelişmeler, Şekil 4.4' te gösterilmiştir. Belirtilen özelliklerine bağlı olarak, yüksek basınçlı civa buharlı lambalar fabrikalarda, yol aydınlatmalarında ve renksel geriverimin önemli olmadığı yerlerde kullanılmıştır.

1950 yılında kullanılmaya başlanan fosforlar, yüksek basınçlı civa buharlı lambaların gelişimine yönelik önemli bir adımdır. Dış ampulün iç yüzeyine sürülen fosfor, morüstü (*ultraviole*) ışınımın bir bölümünü görünür ışınımına, özellikle kırmızı ışığa dönüştürerek

lambanın renksel geriveriminin yükselmesinde büyük rol oynamıştır. Aynı yıllarda boşalma tüplerinin yapımında sert camın yerine kullanılan kuvars, lamba veriminin artmasını sağlamıştır. Verim ve belli oranda renksel geriverimin yükselmesi, yüksek basınçlı civa buharlı lambaların kullanım alanlarını genişletmiş olmakla birlikte, renksel geriverim açısından ulaşılan düzey yeterli olmadığından bu lambalar, iç mekan aydınlatmalarında kullanılamamıştır. 1966’ da deluxe fosforların kullanılmaya başlanması ile yüksek basınçlı civa buharlı lambaların renksel özellikleri biraz daha iyileşmiş ve fabrika, depo, atölyeler gibi renk konusunun çok önemli olmadığı yerlerde genel aydınlatma amacıyla kullanılmaya başlanmıştır.

Günümüzde, yüksek basınçlı civa buharlı lambaların verimi, öteki yüksek basınçlı lambalara göre daha düşüktür ve bu nedenle iç aydınlatma uygulamalarında kullanım alanları sınırlıdır. Ağırlıklı olarak, yol, sokak, park, bahçe, atölye, garaj, depo, fabrika, otopark, heykel ve bunun yanı sıra, bitkilerin yeşil ağırlıklı renklerini vurgulamalarından ötürü, bitki aydınlatmalarında da kullanılmaktadırlar.

4.4.3 Karışık Işıklı Lambalar (*Blended Light Lamps, Self Ballasted Mercury Lamps*)

Yüksek basınçlı civa buharlı lambaların renksel özelliklerinde belli oranda iyileştirme, karışık ışıklı lambaların geliştirilmesi ile olanaklı olmuştur. Karışık ışıklı lamba, boşalma tüpüne akkor lambada olduğu gibi bir bükümlü tungsten teli seri bağlamak yoluyla elde edilmiş ve böylece, akkor lamba ve civa buharlı lamba ışıklarının karışımından oluşan bir tür ışık ortaya çıkmıştır. Ancak, lambanın renksel geriveriminin yükselmesini sağlayan bu uygulama, aynı zamanda verimin azalmasına yol açmıştır.

Tungsten tel ayrıca lamba için durultucu görevi görmüş ve karışık ışıklı lambaların ayrı bir durultucu gerektirmeden çalışabilen, pratik bir yüksek basınçlı civa buharlı lamba türü olmasını sağlamıştır.

4.4.4 Metalik Halojenürlü Lambalar (*Metal-Halide Lamps*)

1960’ lı yıllarda yüksek basınçlı civa buharlı lambaların renksel geriverimini düzeltmek için, boşalma tüpüne civa buharı ile birlikte bazı metallerin eklenmesi sonucunda, ışık verimi

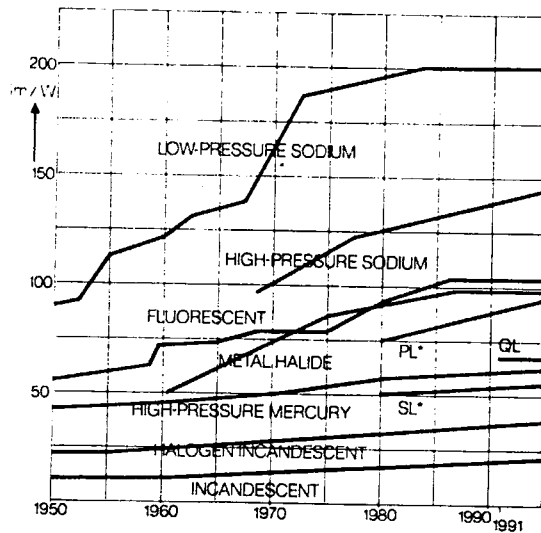
yüksek ve renksel geriverimi oldukça iyileştirilmiş metalik halojenürlü lambalar ortaya çıkmıştır. İlk üretilen metalik halojenürlü lambaların,

- ömrünün kısa olması,
- şebeke gerilimindeki değişimlere bağlı olarak ışık renginde değişimler olması,
- özel durultucu gerektirmesi,
- yanlış konumunun çok sınırlı olması,
- pahalı olması,

gibi kimi olumsuz yanları söz konusu idi. Ancak günümüzde, bu olumsuzlukların çoğu giderilerek,

- ömrü 5000 saatin üstünde,
- şebeke gerilimindeki değişimlerden ötürü ışık rengindeki değişimleri daha az olan,
- elektronik durultucularla kullanılabilen,
- kimi türleri her konumda yanabilen,

lambalar üretilmiştir. Bunlara ek olarak, ampul iç yüzeyine sürülen fosforlara bağlı olarak, verimden ödün vermeden renksel geriverimleri daha da düzeltilerek, akkor lambaya çok yakın renk sıcaklığında (3000 K) ışık üreten metalik halojenürlü lambalar elde edilmiştir. Metalik halojenürlü lambaların veriminde, tarihsel gelişimleri süresince gözlenen değişim, Şekil 4.4' te gösterilmiştir. Bu lambalar, renksel geriverimin önemli olduğu endüstriyel uygulamalarda, bürolarda, mağazalarda, spor alanlarında kullanılmıştır. Ayrıca televizyon kameraları sistemlerine uyumundan ötürü televizyon çekimi yapılan etkinlikler için yeğlenmişlerdir.



Şekil 4.4 Lamba verimindeki gelişmeler (Philips Lighting Manuel, 1993).

Metalik halojenürlü lambaların iç mekanda kullanımına 1980' li yıllarda başlanmış, ancak beklendiği kadar yaygınlaşmamıştır. Bunun nedeni, gerilime bağlı oluşan renk değişimlerinin tamamen ortadan kaldırılamamış olmasıdır. 1970' li yıllara değin hızlı bir şekilde gelişen yüksek basınçlı civa buharlı lambalar, flüoresan lambalar ve yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalarda yapılan iyileştirme çalışmalarına hız verilmesinden ötürü, duraklama dönemine girmiştir.



5. YÜKSEK BASINÇLI SODYUM BUHARLI LAMBALAR

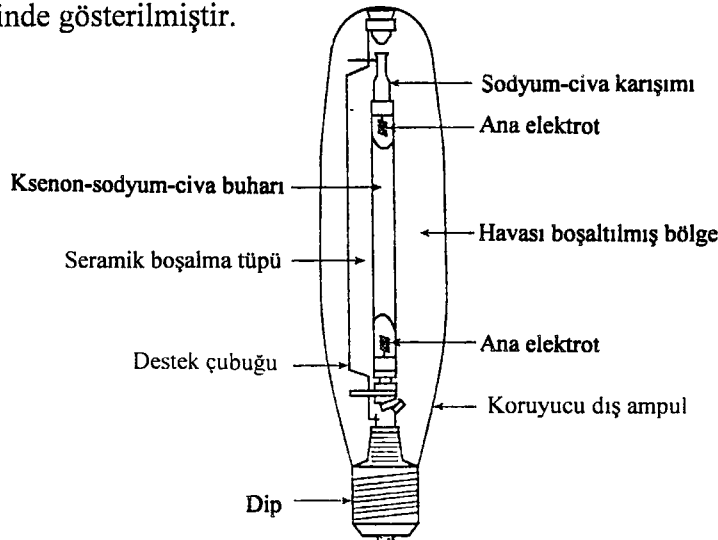
Işığının büyük bölümünü sodyum buharının ışıması ile üreten metal buharlı lamba türü, sodyum buharlı lamba olarak adlandırılır (Sirel, 1984a). Boşalma tüpündeki gazın, lambanın yanma durumundaki basınç düzeyine göre, alçak basınçlı ve yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba olmak üzere iki ayrı türü vardır. Alçak basınçlı sodyum buharlı lamba (*low pressure sodium (vapour) lamp*), yanma durumunda, içindeki bölümsel (kısmi) buhar basıncının 0.1-1.5 paskal arasında bulunduğu ve ışık üretiminin sodyum buharının ışıması ile elde edildiği boşalmalı lamba türüdür. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba ise (*high pressure sodium (vapour) lamp*), ışığı, başlıca sodyum buharının ışımasını ile üretilmiş olan ve bölümsel basıncı, yanma durumunda 10000 paskal dolaylarında bulunan yüksek yeğincilikli boşalmalı lamba türüdür (CIE, 1987; Sirel, 1997). Bu bölümde, yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların temel özellikleri,

- lamba parçaları,
- çalışma koşulları,
- ışık rengi,
- lamba türleri,
- öteki özellikler

başlıkları altında ele alınmıştır.

5.1 Lamba Parçaları

Yüksek basınçlı sodyum buharlı bir lambanın temel parçaları Şekil 5.1’ de bir sodyum buharlı lamba türü üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba (IESNA, 2000).

▪ Boşalma Tüpü (*Discharge tube*)

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların boşalma tüpleri, yüksek sıcaklığa ve sodyumun kimyasal etkilerine dayanıklı olan, alüminyum parçacıklarının yarı yarıya eritilerek birleştirildiği (*PCA; sintered polycrystalline alumina*), ısı geçirme çarpanı % 90' ın üzerinde olan bir tür saydam seramikten yapılmıştır. Lambanın çalışması için gerekli yüksek sıcaklığın (1300° C) (Lindsey, 1991) elde edilmesi ve bu sıcaklığın korunabilmesi açısından, seramik tüpün boyutları, öteki boşalmalı lambalara göre daha küçük tutulmuştur. Genellikle silindirik biçiminde olan boşalma tüpü, yüksek sıcaklığa karşı esnekliği sağlanmış yay ve çubuklardan oluşan bir düzenek ile desteklenmiştir. Aynı özellikte ve paralel bağlı iki adet boşalma tüpü olan türleri de vardır.

▪ Elektrotlar (*Electrodes*)

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalarda boşalma tüpünün iki ucunda birer adet ana elektrot bulunur. Küçük boyutlarda olan tüp ayrıca bir başlatma elektrotu içermez. Bunun yerine, lambanın çalıştırılması için gereken yüksek gerilim, sık gerilimsel atımlar yaratan bir ateşleyici ile sağlanır. Elektrotlar, tungsten bir çubuğun ucuna elektron yayıcı bir madde ile doyurulmuş bir tungsten bobin bağlanmasıyla elde edilir. Tungsten elektrotlar, seramik tüp içinde, niyobyum akım besleme boruları ile lehimlenerek tespit edilmişlerdir.

▪ Dış Ampul (*Outer bulb*)

Seramik boşalma tüpünün dışında, havası boşaltılmış koruyucu dış ampul vardır. Dış ampul, boşalma tüpünü ve iç elektriksel bağlantıları dış ortam koşullarından korumak için kullanılır ve yüksek ısıya dayanıklı bor-silikat camdan yapılır. Koruyucu dış ampul, boşalma tüpü dışına taşabilecek olası kimyasal etkileri önlemede ve boşalma tüpünün ısınısını korumada etkilidir. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalarda koruyucu dış ampul, elipsoit (ovoid) ya da tüp biçimindedir. Ampulü elipsoit biçiminde olan lambaların saydam olanları yanında, ampul iç yüzeyi kaplanmış olanları da vardır. Tüp ampulü lambaların çoğu saydam, az sayıda türü de buzcludur. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalarda dış ampulün genişliği 20-165 mm, uzunluğu ise 114.2-400 mm arasındadır.

▪ Dış Ampul Kaplaması (*Outer bulb coating*)

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambanın yayımladığı morüstü ışınlamalar, yayımlanan tüm ışınlamaların % 3' ü kadar olduğundan, yüksek basınçlı civa buharlı lambalarda olduğu gibi fosfor kaplamaların kullanılmasına gerek duyulmamıştır. Kimi elipsoit ampullü lambaların

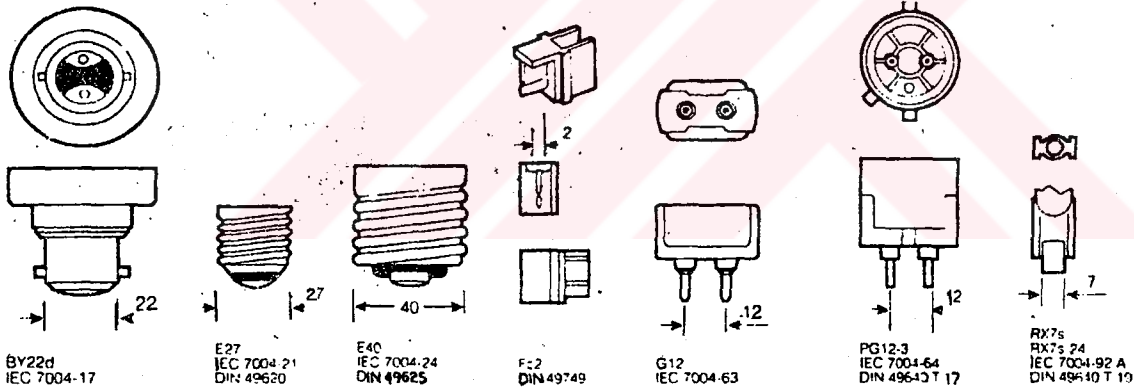
ampul iç yüzeyi, ışık kaynağı boyutunu büyütme ya da boşalma tüpünün yüksek ışıklılığını azaltmak amacı ile beyaz renkte ve ışığı yayıcı bir toz ile kaplanır.

▪ Doldurulan Gazlar (*Fill gas*)

Sodyum, ısıtılarak, ışık üretiminin büyük bölümünü gerçekleştiren gazdır. Boşalma tüpünde, ksenon ve lamba çalışma sıcaklığına ulaştığında kısmen buharlaşan, az miktarda sodyum-civa karışımı bulunur. Ksenon, kolay iyonize olma özelliğinden dolayı başlamaya yardımcı olur. Civa, gaz basıncının ve lambanın çalışma geriliminin yükselmesinde tampon görevi görür.

▪ Lamba Dipleri (*Lamp cap; base*)

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar tek ya da çift dipli olabilirler. Tek dipli ve ampülü elipsoit biçiminde olan lambaların tümünde dip, E27 ya da E40 vidalıdır. Tek dipli, tüp biçimli lambalar ise vidalı (E27, E40) ya da çift pin (PG12, HG12) diplidir. Çift dipli tüp lambalar için özel (Fc2, Rx7s) dipler kullanılır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 Yüksek basınçlı boşalmalı lambalarda kullanılan dip çeşitleri (Osram Aydınlatma Ürün Kataloğu).

▪ Ek Parçalar

Ateşleyici (*ignitor*)

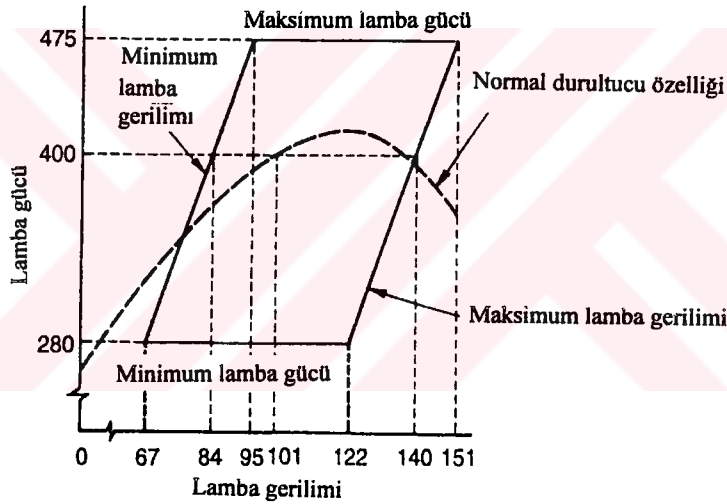
Ateşleyici, yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların çoğunda kullanılır ve boşalmanın başlaması için gerekli gaz iyonizasyonunun gerçekleşmesi amacıyla, yeterli düzeyde gerilim yaratarak soğuk bir lambanın yanmaya başlamasını sağlar. Lambanın yanmaya başlayabilmesi için, 1-5 kV arasında bir ateşleme gerilimi gereklidir. Bu gerilim, enerji verildiğinde birden fazla gerilimsel atma yaratabilen elektronik bir devre tarafından sağlanır. Ateşleme

gerçekleştğinde düşen gerilim, devrenin kendiliğinden kapanmasına neden olur. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalarda genellikle elektronik ateşleyiciler kullanılır.

Ateşleme geriliminin artırılması ile, sıcak bir lambanın çabuk yanmaya başlaması da olasıdır. Bu işlem için 10-70 kV arası bir gerilim uygulamak gerekir. Lamba sıcak iken ateşleme, genelde çift dipli lambalarda olanaklıdır.

Durultucu (ballast)

Farklı güçlere sahip türlerinde, lamba gerilimlerinin nispeten aynı düzeyde olduğu yüksek basınçlı civa buharlı lambalardan farklı olarak, sodyum buharlı lambalarda, lamba gücüne göre lamba gerilimi de değişir. Bu yüzden, lambanın çalışması için öngörülen en düşük ve en yüksek lamba gücü ve lamba gerilimi değerleri önceden belirlenmiştir. Kullanılacak durultucularda, belirli grafiklerden yararlanarak gerekli düzeltmeler yapılmalıdır.



Şekil 5.3 400 W gücünde yüksek basınçlı sodyum buharlı bir lamba için lamba gücü ve lamba gerilimi sınırları (IESNA, 2000).

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar ile yaygın olarak kullanılan durultucular şunlardır:

1. Lag ya da Reaktör Durultucu (*Lag or Reactor Ballast*)

Yüksek basınçlı civa buharlı lambalarda kullanılan reaktör durultucuya benzeyen bu durultucu, ince bir demir tabaka üzerine dolanmış bakır bir tel bobinden oluşur. Durultucu, lamba ile seri bağlıdır ve lambanın çalışma karakteristiklerini koruyacak biçimde tasarlanmıştır. Ateşleme için sisteme bir başlatıcı devre eklenir. Reaktör, lamba gerilimindeki (*lamp voltage*) değişimler için genelde iyi bir güç düzenleyicisidir (*wattage regulation*), ancak şebeke gerilimindeki (*main voltage*) değişimleri düzenleme

bakımından zayıf kalır. Sodyum buharlı lambalar ile kullanılan durultucular arasında güç kaybı ve maliyeti en az olan durultucu tipidir (IESNA, 2000).

2. Manyetik Düzenleyici, Sabit Güç Otodönüştürücü (*Magnetic Regulator, Constant-Wattage Autotransformer; CWA*)

Bu durultucu, akım sınırlayıcı reaktör ile birlikte, gerilim düzenleyici ve başlatıcı devreden meydana gelir. Gerilim düzenleyici sayesinde, şebeke gerilimi ve lamba gerilimindeki değişmelere karşı iyi bir güç düzenlemesi sağlanır. Sabit güç durultucusu, güç kaybı ve maliyeti yüksek bir durultucu tipi olmasının yanı sıra, her koşulda iyi bir güç düzenleyicisidir (Lindsey, 1991; IESNA, 2000).

3. Lead Devre Durultucusu (*Lead Circuit Ballast*)

Bu devre lambaya seri bağlı bir indüktans (*inductance*) ve bir kapasitans (*capacitance*) ile oluşturulur. Genel olarak, civa buharlı lambalar ile kullanılan sabit güç otodönüştürücüsü (CWA) ile benzerdir. Bu durultucu lamba akımını sürekli sabit tutmaz. Lamba gerilimi yükseldiğinde lamba gücünü belli sınırlar içinde tutmak amacıyla akımı düşürür. Hem lamba gücü, hem de şebeke gerilimindeki değişimler için güç düzenlemesi sağlar. Güç kaybı ve maliyet açısından orta düzeyde olan durultucu, şebeke gerilimde ortaya çıkan değişimlerin %10 ve daha düşük oranda olduğu koşullarda kullanılmalıdır (Lindsey, 1991; IESNA, 2000).

4. Otodüzenleyici (*Autoregulator*)

Bir ototransformatör ve bir düzenleyicinin birlikte kullanılması ile oluşturulur. Boyut olarak ötekilerden daha küçüktür. Buna karşın, şebeke gerilimindeki değişmelere karşı iyi bir düzenleme sağlar. Bu tip bir durultucu, şebeke gerilimi değişimlerinin en fazla %10 olduğu koşullarda kullanılmalıdır (Lindsey, 1991).

5. Yüksek Frekanslı Elektronik Durultucu (*High Frequency Electronic Ballast*)

Açıklama için bölüm 4.3' e bakınız.

5.2 Çalışma Koşulları

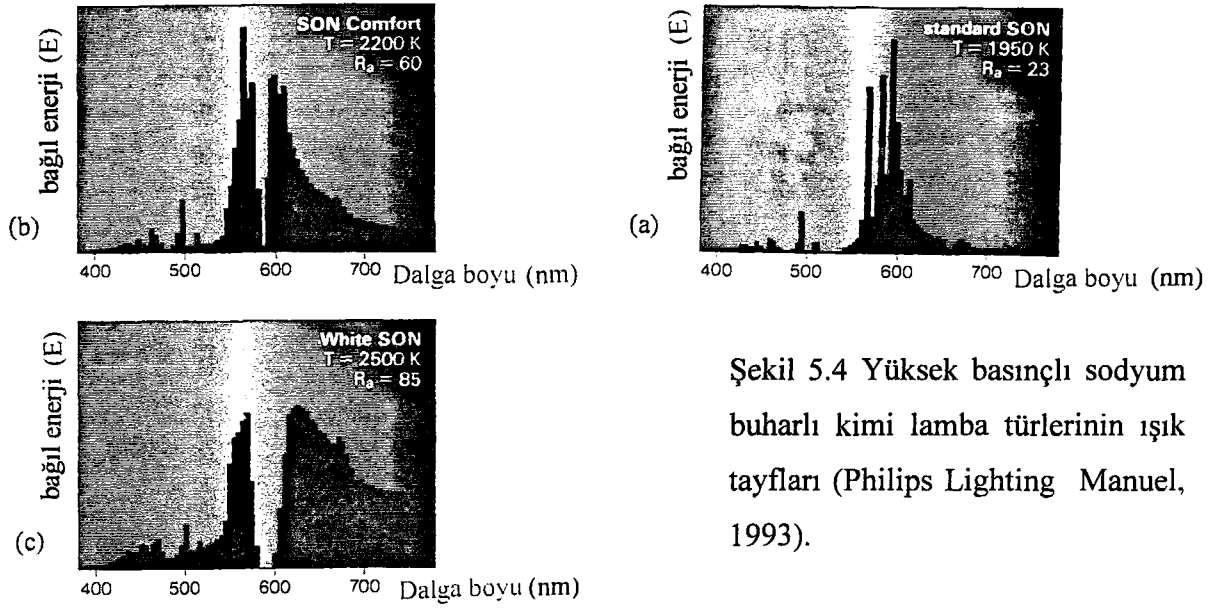
Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların tüm türleri durultucu ile birlikte kullanılır. Bir başlatma elektrotu olmadığından, başlatma gazını iyonize edecek bir yüksek gerilim

uygulanır. Lamba çalışmaya başladığında, ksenon gazı iyonlaşarak civa ve sodyumun buharlaşmasına yardım eder. Rejime girme süresi lamba türlerine göre yaklaşık 1,5 - 6 dakika arasındadır. Bu süre içinde lamba ısısal dengeye ve normal çalışma basıncına ulaşır ve buharlaşan sodyum, lamba rejime girene değin sürekli renk değiştirir. Bu lambaların, söndükten sonra tekrar yanması için geçen süre, 1 dakikadan uzun olmakla birlikte, civa buharlı lambalara göre çok daha kısadır. Yeniden yanma süresi, 1000 W ve daha yüksek güçteki lambalarda 3 dakikaya kadar çıkabilmektedir (CIBSE, 1994; IESNA, 2000).

Kimi iki dipli lamba türleri sıcakken tekrar ateşlenebilir. Bunlar aynı özellikte ve paralel yerleştirilmiş iki boşalma tüpü içerir. Ateşleyici ile yalnızca bir tüp çalışır ve güç aniden kesildiğinde, çift tüplü lamba yeniden gelen gücü hızla depolayarak bir dakika içinde tüm ışığını vermeye başlar.

5.3 Işık Rengi

Rejime girme süresi boyunca renk değiştiren yüksek basınçlı sodyum buharlı bir lambadan elektriksel boşalma başladığında yayımlanan ışık, ksenon ve civa buharının özelliklerine bağlı olarak mavimsi beyazdır. Sıcaklık artıp sodyum buharı ışımaya başladığında, ışık rengi tektürel sarıya dönüşür. Isının ve basıncın daha da yükselmesi ile lambadan sıcak, sarımsı beyaz renkte yayımlanmaya başlanan ışıklar tektüsellikten uzaklaşır, renk sıcaklığı yükselir ve renksel geriverim düzelir. Ancak, basıncın yükselmesi sonucunda renksel geriverimde iyileşme olurken, verimde düşme söz konusudur. Sodyum basıncı 5-10 kPa (40-75 Torr) olan standart yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların yayımladığı ışığın renk sıcaklığı 1900-2200 K arasında ve renksel geriverim indeksi ~20-23 tür (Şekil 5.4 (a)) Sodyum basıncı 27 kPa (200 Torr)'ın üzerinde olan, daha yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalarda renksel geriverim indeksi yaklaşık 60-65 olur ve renk sıcaklığı yükselir, ancak verim azalır ve ömür kısalmır (Şekil 5.4 (b)). Beyaz renkli ışık yayımlayan yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların renk sıcaklığı 2700-2800 K, renksel geriverim indeksi 70 ve üzerindedir (Şekil 5.4 (c)). Yayımlanan ışığın tayfsal dağılımını büyük ölçüde sodyumun buharı basıncı belirlediğinden, sodyum buharı basıncını değiştirerek ışığın renk özelliklerini değiştirmek mümkündür (IESNA, 2000).



Şekil 5.4 Yüksek basınçlı sodyum buharlı kimi lamba türlerinin ışık tayfları (Philips Lighting Manuel, 1993).

5.4 Lamba Türleri

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba türlerinin başlıcaları Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2' de gösterilmiştir. Çizelgede, Osram ve Philips firmalarının ürünlerine yer verilmiş, ortak olmayan özelliklerin hangi firmalara ait olduğu üst indislerle belirtilmiştir.

5.5 Öteki Özellikler

▪ Işık Akısı (*luminous flux*)

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların yayımladıkları ışık akısı niceliği, lamba gücüne bağlı olarak, 1300 - 130000 lümen arasında değişmektedir.

▪ Lamba Gücü (*lamp wattage*)

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların güçleri 35 - 1000 Watt arasında değişmekte iken, durultuculu güç gereksinimleri 45 - 1075 Watt arasındadır.

▪ Işık Verimi (*luminous efficacy*)

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların ışık verimi 37 lm/W ile 150 lm/W arasında değişmektedir.

▪ Yanma Konumu (*burning position*)

Lambaların yanma konumunun yayımlanan ışık akısı üzerinde önemli bir etkisi yoktur. Bu lambaların büyük çoğunluğu her konumda yanar. Az sayıdaki sınırlı konumda yakılabilen lamba türleri Çizelge 5.1 ve 5.2' de belirtilmiştir.

Çizelge 5.1 Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba türleri (Philips ve Osram Aydınlatma Ürünleri Katalogları).

Lamba türü	Ampul biçimi- özellikleri	Dip	Güç (W)	Durultuculu güç (W)	Işık akısı (lm)	Verim (lm/W)	Renk sıcaklığı (K)	Renksel geriver. sınıfı	Renksel geriverim indeksi;Ra	Lamba genişliği (mm)	Lamba uzunluğu (mm)	Işıklılık (cd/cm ²)	Ateşleyici
NAV-E ¹ SON-E ²	Elipsoit- kaplanmış	E 27	50	62 ¹	3500	70	2000	4	23 ²	70 ¹ 71 ²	156	4 ¹	Var
		E 27	70	83 ¹	5600	80	2000	4	23 ²	70 ¹ 71 ²	156	7 ¹	Var
		E 40	150	170 ¹	14000 ¹ 14500 ²	93 ¹ 97 ²	2000	4	23 ²	90 ¹ 91 ²	226	10 ¹	Var
		E 40	250	275 ¹	25000 ¹ 27000 ²	100 ¹ 108 ²	2000	4	23 ²	90 ¹ 91 ²	226	19 ¹	Var
		E 40	400	440 ¹	47000 ¹ 48000 ²	118 ¹ 120 ²	2000	4	23 ²	120 ¹ 122 ²	290	22 ¹	Var
		E 40	1000	1075 ¹	128000 ¹ 130000 ²	128 ¹ 130 ²	2000	4	23 ²	165 ¹ 165 ²	400	30 ¹	Var
NAV-T ¹ SON-T ²	Tüp- Saydam	E 27	70	83 ¹	5900 ¹ 6000 ²	84 ¹ 86 ²	2000	4	23 ²	37 ¹ 38 ²	156	210 ¹	Var
		E 40	150	170 ¹	14500 ¹ 15000 ²	97 ¹ 100 ²	2000	4	23 ²	46 ¹ 47 ²	211	300 ¹	Var
		E 40	250	275 ¹	27000 ¹ 28000 ²	108 ¹ 112 ²	2000	4	23 ²	46 ¹ 47 ²	257	400 ¹	Var
		E 40	400	440 ¹	48000	120	2000	4	23 ²	46 ¹ 47 ²	285 ¹ 283 ²	500 ¹	Var
		E 40	1000	1075 ¹	130000	130	2000	4	23 ²	65 ¹ 66 ²	400 ¹ 390 ²	600 ¹	Var
		FC2 ¹	250 ¹	275 ¹	25500 ¹	102 ¹	2000 ¹	4 ¹	23 ²	23 ¹	206 ¹	400 ¹	Var ¹
NAV-E ¹ SON I ² SON Icl ²	Elipsoit- saydam	FC2 ¹	400 ¹	440 ¹	48000 ¹	120 ¹	2000 ¹	4 ¹	23 ²	23 ¹	206 ¹	550 ¹	Var ¹
		E 27	50	62 ¹	3500 ¹ 3400 ²	70 ¹ 68 ²	2000	4	23 ²	70 ¹ 71 ²	156	4 ¹	Yok
		E 27	70	83 ¹	5600	80	2000	4	23 ²	70 ¹ 71 ²	156	7 ¹	Yok
		E 27 ²	50 ²		3400 ²	68 ²	2000 ²	4 ²	23 ²	71 ²	156 ²		Yok ²
		E 27 ²	70 ²		6000 ²	86 ²	2000 ²	4 ²	23 ²	71 ²	156 ²		Yok ²
		E 27 ¹	110 ¹	125 ¹	8000 ¹	73 ¹	2000	4		75	170	11 ¹	Yok
NAV-E Plug-in ^{**} SON-H ^{2**} SON-T Argo ²	Elipsoit- kaplanmış	E 40	210 ¹ 220 ²	232 ¹	18000 ¹ 20000 ²	86 ¹ 91 ²	2000	4	20 ²	90 ¹ 91 ²	226	13 ¹	Yok
		E 40	350	385 ¹	34000	97	2000	4	20 ²	120 ¹ 121.5 ²	290	16 ¹	Yok
		E 40 ²	400 ²		55000 ²	138 ²	1950 ²	4 ²	20 ²	47 ²	283 ²		Var ²
		E 40	100	115 ¹	9500 ¹ 10000 ²	95 ¹ 100 ²	2000	4	23 ²	75 ¹ 76 ²	186	15 ¹	Var
		E 40	150	176 ¹	17000 ¹ 16000 ²	109 ¹ 107 ²	2000	4	23 ²	90 ¹ 91 ²	226	11 ¹	Var
		E 40	250	285 ¹	32000 ¹ 30000 ²	123 ¹ 120 ²	2000	4	23 ²	90 ¹ 91 ²	226	23 ¹	Var
NAV-E ¹ SON Plus-E ²		E 40	400	450 ¹	54000	132	2000	4	23 ²	120 ¹ 121.5 ²	290	24 ¹	Var

¹ Osram ürünleri ² Philips ürünleri

* Özel ateşleme parçası ile sıcak lambanın hemen yeniden ateşlenmesi olanaklıdır. Yanma konumu: p 45 dir.

** Aydınlatma aygıtı ve elektrik bağlantılarında hiçbir değişiklik gerektirmeden cıva buharlı lambalar yerine kullanılabilir.

Çizelge 5.2 Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba türleri (Philips ve Osram Aydınlatma Ürünleri Katalogları).

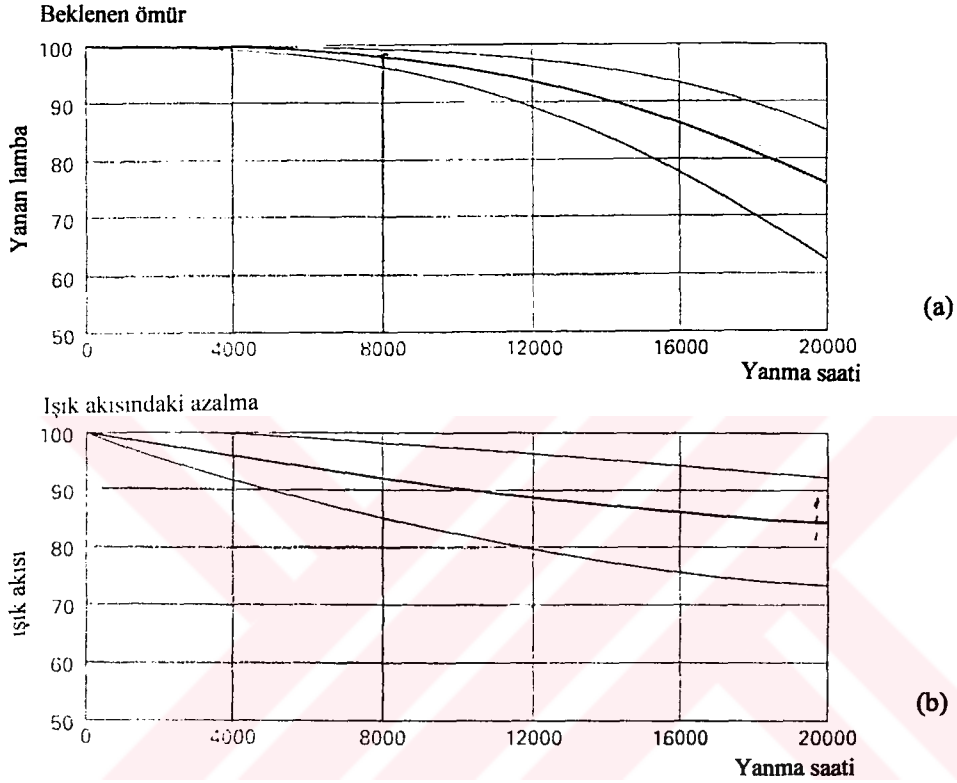
Lamba türü	Ampul biçimi- özellği	Dip	Güç (W)	Durultuculu güç (W)	Işık akısı (lm)	Verim (lm/W)	Renk sıcaklığı (K)	Renk geriver. sınıfı	Renk geriverim indeksi;Ra	Lamba genişliği (mm)	Lamba uzunluğu (mm)	Işıklılık (cd/cm ²)	Ateşleyici
NAV-T Super ¹ SON-T Plus-E ²	Tüp-saydam	E 27	50	66	4400	81	2000	4	23 ²	37 ¹ 38 ²	156	250 ¹	Var
		E 27	70	83	6500 ¹ 6600 ²	93 ¹ 94 ²	2000	4	23 ²	37 ¹ 38 ²	156	400 ¹	Var
		E 40	100	115	10000 ¹ 10500 ²	100 ¹ 105 ²	2000	4	23 ²	46 ¹ 47 ²	211	300 ¹	Var
		E 40	150	176	17500 ¹ 16500 ²	112 ¹ 110 ²	2000	4	23 ²	46 ¹ 47 ²	211	350 ¹	Var
		E 40	250	285	33000 ¹ 32000 ²	127 ¹ 128 ²	2000	4	23 ²	46 ¹ 47 ²	257	500 ¹	Var
		E 40	400	450	55500 ¹ 55000 ²	135 ¹ 138 ²	2000	4	23 ²	46 ¹ 47 ²	285 ¹ 283 ²	600 ¹	Var
NAV-TS Super ¹ , iki d.*	TS tüp- saydam ¹ Elipsoit- kaplanmış ¹ Tüp-saydam	E 40	600	645	90000	150	2000	4	23 ²	52 ¹ 47 ²	285 ¹ 283 ²	700 ¹	Var
		Rx7s ¹	70 ¹	83 ¹	6800 ¹	97 ¹	2000 ¹	4 ¹		20 ¹	114.2 ¹	400 ¹	Var ¹
		Rx7s ¹	150 ¹	170 ¹	15000 ¹	100 ¹	2000 ¹	4 ¹		23 ¹	132 ¹	300 ¹	Var ¹
		E 40	150	171 ¹	12000 ¹ 12500 ²	80 ¹ 83 ²	2200	2B	60 ²	90 ¹ 47 ²	226 ¹ 211 ²	8 ¹	Var
		E 40	250	275 ¹	22000	88	2200	2B	60 ²	90 ¹ 47 ²	226 ¹ 257 ²	23 ¹	Var
		E 40	400	428 ¹	37500 ¹ 37000 ²	97 ¹ 93 ²	2200	2B	60 ²	120 ¹ 47 ²	285 ¹ 283 ²	24 ¹	Var
NAV-T De Luxe ¹ SON-TCom-E ²	Tüp-saydam	E 40	150	170 ¹	12500 ¹ 13000 ²	83 ¹ 87 ²	2200	2B	60 ²	46 ¹ 47 ²	211	250 ¹	Var
		E 40	250	275 ¹	23000	92	2200	2B	60 ²	46 ¹ 47 ²	257	350 ¹	Var
		E 40	400	428 ¹	39000 ¹ 38000 ²	100 ¹ 95 ²	2200	2B	60 ²	46 ¹ 47 ²	285 ¹ 283 ²	400 ¹	Var
		E 27 ¹	50 ¹	58 ¹	2800 ¹	56 ¹	2800 ¹	3 ¹		70 ¹	156 ¹		Var-Elek ¹
		E 27 ¹	80 ¹	90 ¹	5600 ¹	70 ¹	2800 ¹	3 ¹		70 ¹	156 ¹		Var-Elek ¹
		PG12-3 ¹	50 ¹	58 ¹	3000 ¹	60 ¹	2800 ¹	3 ¹		32 ¹	149 ¹		Var-Elek ¹
DS-E Sody. ksenon ¹ DS-T Sody. ksenon ¹ SDW-T White Son ²	Tüp-saydam ¹ Tüp-saydam ² Tüp-buzlu ²	PG12-3 ¹	80 ¹	90 ¹	6000 ¹	75 ¹	2800 ¹	3 ¹		32 ¹	149 ¹		Var-Elek ¹
		HG12-1 ²	35 ²		1300 ²	37 ²	2500 ²	1B ²	83 ²	31.25 ²	149 ²		Var ²
		HG12-1 ²	50 ²		2300 ²	46 ²	2500 ²	1B ²	83 ²	31.25 ²	149 ²		Var ²
		HG12-1 ²	100 ²		4800 ²	48 ²	2550 ²	1B ²	83 ²	31.25 ²	149 ²		Var ²
		HG12-1 ²	50 ²		2200 ²	44 ²	2500 ²	1B ²	>80 ²	32 ²	149 ²		Var ²
		HG12-1 ²	100 ²		4650 ²	47 ²	2550 ²	1B ²	>80 ²	32 ²	149 ²		Var ²
DSX Sody. ksenon ¹	Tüp-saydam ¹	PG12-3 ¹	80 ¹	90 ¹	4500 ¹	56 ¹	2700 ¹ / 3100 ¹	1B ¹		32 ¹	149 ¹		Var-Elek ¹

¹ Osram ürünleri ² Philips ürünleri

* Özel ateşleme parçası ile sıcak lambanın hemen yeniden ateşlenmesi olanaklıdır, yanma konumu: p 45 dir.

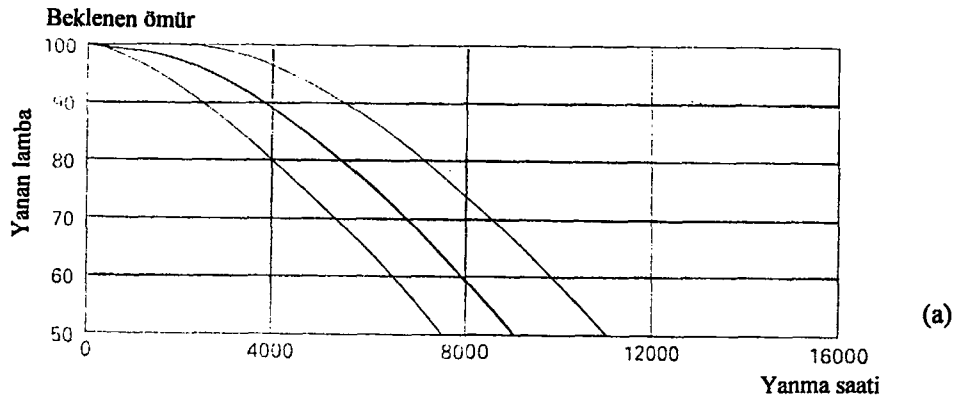
▪ Ömür ve Işık Akısında Azalma

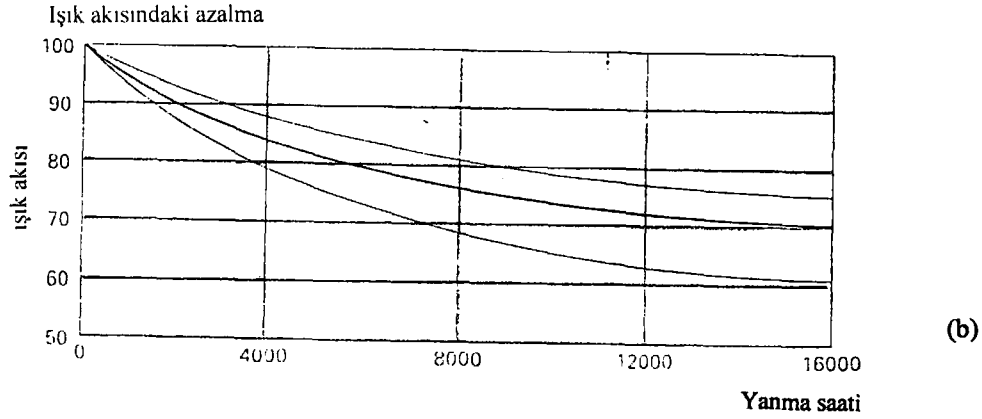
Yüksek basınçlı boşalmalı lambalarda genel olarak önerilen çalışma devresi 11 saat yanma, 1 saat söndürme biçimindedir. Lamba ömrü önerilen çalışma sürelerine dayanır. Ömrün yanı sıra ışık akısı da çalışma süresinin değişiminden etkilenir. Kimi yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba türleri için beklenen ömür ve çalışma süresi içinde ışık akısında meydana gelen azalma, Şekil 5.5 ve 5.6' da gösterilmiştir.



Şekil 5.5 SON-T Plus 100 W (Philips) için, beklenen ömür (a) ve ışık akısındaki azalma (b) (Philips Lighting A.Ş. Dökümanları).

Şekil 5.5 incelendiğinde, ölçün koşullarda test edilen lamba grubu içindeki lambaların, 8000 saat sonunda, % 2' sinin söndüğü, % 98' inin ise yanmaya devam ettiği; ışık akısının, nominal ışık akısının yaklaşık % 93' üne düştüğü görülmektedir.





Şekil 5.6 SDW-T 100 W (Philips) için, beklenen ömür (a) ve ışık akısındaki azalma (b) (Philips Lighting A.Ş. Dökümanları).

Şekil 5.6 incelendiğinde, ölçün koşullarda test edilen lamba grubu içindeki lambaların, 8000 saat sonunda, % 59' unun söndüğü, % 41' inin yanmaya devam ettiği; ışık akısının, nominal ışık akısının yaklaşık % 76' sına düştüğü görülmektedir.

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambanın ömrü, lambanın kullanım süresi içinde oluşan, çalışma geriliminin yükselmesindeki yavaşlama ile sınırlanır (IESNA, 2000). Buna, elektrotlardan olan madde kaybı nedeniyle boşalma tüpünün uçlarında oluşan kararma yol açar. Kararan bölümlerde ısının yutulmasından ötürü, boşalma tüpünün uçlarındaki ısı yükselir ve daha fazla sodyum buharlaşmaya başlar. Bu olay, boşalma tüpü basıncını ve boşalma gerilimini yükseltir. Boşalma tüpü geriliminin yükselmesinin öteki nedenleri, sodyumun boşalma tüpü içinde yayılması ve tüp içindeki, kararmaya yol açan maddelere birleşerek boşalma demetinden ayrılmasıdır. Durultucunun, boşalmayı yeniden başlatmak için yeterli gerilimi sağlayamaması durumunda lamba söner. Soğuduğunda yeniden ateşlenir ve durultucu boşalmayı destekleyemediğinden, yalnız boşalma gerilimi yükselinceye kadar ısınır. Bu döngü, lamba değiştirilinceye kadar devam eder.

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların ömürleri 10000-31000 saat arasında değişmektedir. Bunun yanı sıra, renksel geriverimi yüksek olan yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba türleri için [SDW (Philips), DSX (Osram) vb.] ortalama yanma süresi 6000 saate kadar inebilmektedir. Bunun nedeni de, renksel geriverimin önemli olduğu yerlerde kullanılan bu lambaların, renksel geriverimi, mekanın özelliklerine bağlı olarak kabul edilebilen sınırın altına düştüğü zaman, lamba ömrünün sona ermiş kabul edilmesidir (Helms, 1980; IESNA, 2000).

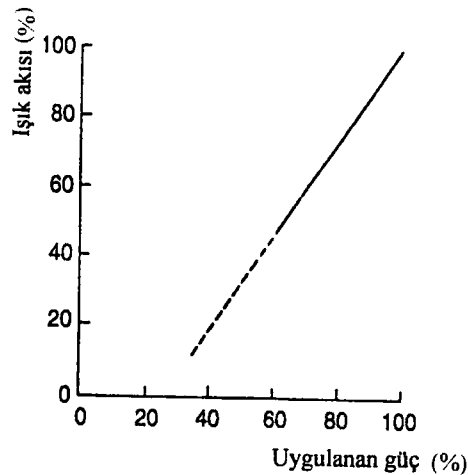
▪ Çevre Etkisi

Tümü koruma ampullü olan yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalardan yayımlanan ışık akısı çevre ısısından çok az etkilenir. Genelde, -40°C ' ye kadar olan sıcaklıklarda, ateşleme ya da çalışma bakımından bir problem olmamakla birlikte, sıcaklığın -40°C ' nin altında ve hava hareketlerinin yoğun olduğu durumlarda kimi ateşleme problemleri söz konusu olabilir. Bu gibi koşullarda lambanın çalışmaya başlayabilmesi için daha yüksek ateşleme gerilimine ihtiyaç vardır ve bu gerilimi sağlayabilecek türde uygun durultucular kullanılmalıdır (CIBSE, 1994; IESNA, 2000).

▪ Dimmerleme

Lamba için uygun dimmerleme elemanları kullanılarak, yüksek basınçlı sodyum buharlı bir lambanın yayımladığı ışık akısının, nominal ışık akısının % 10' una kadar azaltılabilmesi mümkündür, ancak nominal ışık akısının % 50' den daha fazla azaltılması durumunda lambanın yayımladığı ışığın renginde sarı rengin güçlenmesi biçiminde gözlenebilen bir bozulma söz konusu olur. Bu olumsuz durumdan ötürü, yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların, nominal ışık akısının yarısından daha fazla dimmerlenmesi sakıncalıdır. Dimmerlenen bir lambaya uygulanan güç ile yayımlanan ışık akısı arasındaki ilişki Şekil 5.7' de gösterilmiştir. Lambanın ışık akısı niceliğinin % 50 küçültülmesi, enerji tüketiminin % 65 oranında azalmasını sağlar.

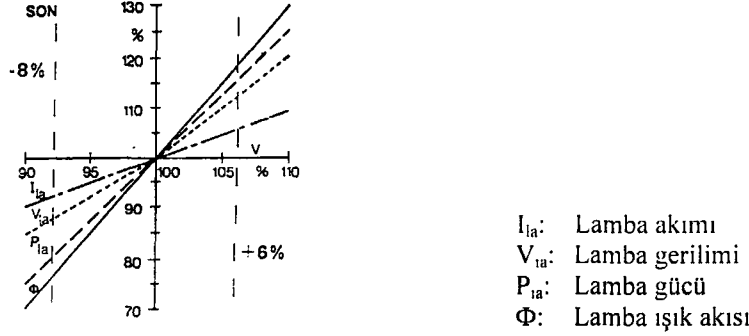
Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalarda dimmerleme işlemi, bir sürekli değişken dimmer (*thyristor dimmer*) ya da bir dimmerleme durultucusu (*dimming ballast*) yardımıyla gerçekleşir.



Şekil 5.7 Dimmerlenen bir yüksek basınçlı sodyum buharlı lambanın, güç girişine karşılık yayımladığı ışık akısı oranı (Kesik çizgi, algılanabilir renk değişim bölgesini gösterir), (IESNA, 2000).

▪ Şebeke Gerilimindeki Değişimlerden Etkilenme

Şebeke geriliminde ortaya çıkan değişimlerin, bir standart yüksek basınçlı sodyum buharlı lambanın akımı, gücü, gerilimi ve ışık akısı üzerindeki etkisi, Şekil 5.8’ de gösterilmiştir.



Şekil 5.8 Şebeke gerilimindeki değişimlerin lambaya etkisi (Ön görülen sınırlar kesik çizgili bant ile gösterilmiştir), (Philips Lighting Manuel, 1993).

▪ Stroboskopi Etkisi (*stroboscopic effect*)

Stroboskopi etkisini en aza indirmek için, ışık titreme indeksi 0,1 ve/ ya da daha az olan sistemler kullanılmalı ya da lamba üç ayrı faza bağlanmalıdır. Stroboskopi etkisi, yüksek frekanslı elektronik durultucu kullanılarak da büyük oranda önlenabilmekte ya da tamamen yok edilebilmektedir.

▪ Işık Titremesi (*flicker*)

Çizelge 5.3’ te, 60 Hz frekanslı kimi durultucular ile çalıştırılan yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar için ışık titreme indeksi değerindeki değişimler gösterilmiştir.

Çizelge 5.3 Kimi yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar için ışık titreme indeksleri (IESNA, 2000).

Lamba Tipi	Durultucu	Işık Titreme İndeksi
250 W, delüks sodyum lamba	Reaktör/ Sabit güç ototransformatörü	0.131
250 W, standart sodyum lamba	Reaktör/ Sabit güç ototransformatörü	0.200

Yüksek frekanslı elektronik durultucuların kullanılması ile ışık titremesinin oluşması önlenabilir.

6. YÜKSEK BASINÇLI CİVA BUHARLI LAMBALAR

Yüksek basınçlı civa buharlı lambalar,

- civa buharlı lambalar,
- karışık ışıklı lambalar ve
- metalik halojenürlü lambalar

olmak üzere başlıca üç lamba grubunu içerir. Aşağıdaki bölümlerde, her üç lamba türüne ilişkin temel özellikler verilmiştir.

6.1 Civa Buharlı Lambalar

Işığı, dolaylı ya da dolaysız olarak en çok civa buharının ışıınımı ile oluşmuş olan ve yanma durumunda, bölümsel (kısmi) buhar basıncı 100.000 paskal üzerinde bulunan yüksek yağınlıklı boşalmalı lamba türü, civa buharlı lamba olarak adlandırılır (CIE, 1987; Sirel, 1997). Çalışma süresince, boşalma tüpü içindeki gazın yanma durumundaki basınç düzeyine göre, yüksek basınçlı ve alçak basınçlı olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Yanma durumunda, boşalma tüpü içindeki bölümsel buhar basıncı,

- 1 at (101325 Pa) ve üzerinde ise, yüksek basınçlı civa buharlı lamba (*high pressure mercury (vapour) lamp*),
- 100 Paskalın altında ise, alçak basınçlı civa buharlı lamba (*low pressure mercury (vapour) lamp*),

olarak adlandırılırlar (CIE, 1987; Sirel, 1997). Bu bölümde, yüksek basınçlı civa buharlı lambaların parçaları ve temel özellikleri incelenmiştir.

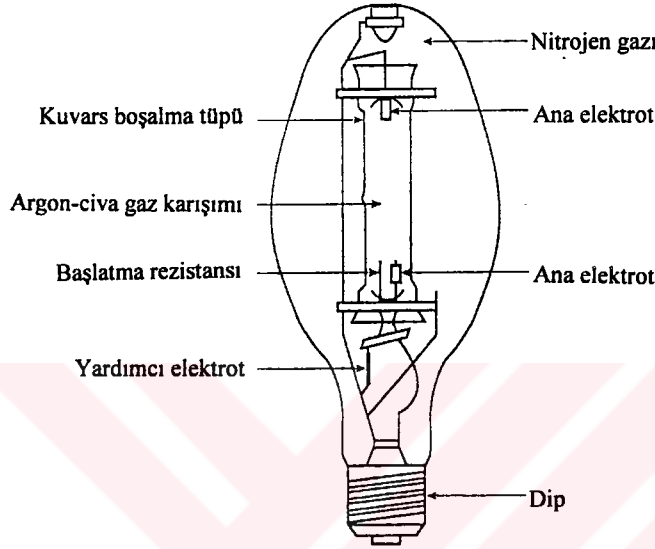
6.1.1 Lamba Parçaları

Yüksek basınçlı civa buharlı bir lambanın temel parçaları, Şekil 6.1' de bir civa buharlı lamba türü üzerinde gösterilmiştir.

▪ Boşalma Tüpü

Yüksek basınçlı civa buharlı lambaların boşalma tüpleri genellikle, yüksek çalışma sıcaklığına (1000 °C), (Lindsey, 1991) dirençli, morüstü ve görünür ışıınımları küçük oranda yutan kuvars camdan yapılmıştır. Tüpün iki ucunda, yardımcı elektrot ve ana elektrotların tespit edildiği yüksek ısıya dayanıklı, ince molibdenyum şeritler bulunur. Bu iletken molibdenyum şeritler,

besleme devresi (*feed-through*) olarak da adlandırılırlar. Boşalma tüpü, yüksek sıcaklığa karşı esnekliği sağlanmış yay ve çubuklardan oluşan bir düzenek ile desteklenmiştir. Bu düzenek aynı zamanda, başlama rezistansı aracılığıyla ana elektrot ve yardımcı elektrot arasındaki elektrik bağlantısını da sağlar. Günümüzde yüksek basınçlı civa buharlı lambaların boşalma tüpleri, ilk üretilen lambalara göre daha küçüktür. Tüp boyutları, lamba gücüne, dolayısıyla lambanın dış ampulünün boyutuna göre değişmektedir.



Şekil 6.1 Yüksek basınçlı civa buharlı lamba (IESNA, 2000).

▪ Elektrotlar

Yüksek basınçlı civa buharlı lambalarda boşalma tüpünün iki ucunda, elektrik akımını lambaya ileterek lambanın çalışmaya başlamasını sağlayan bir yardımcı elektrot (*auxiliary electrode; starting electrode*) ve çalışmanın devamını sağlayan iki ana elektrot (*main electrodes*) bulunur. Ana elektrotlardan birine çok yakın duran yardımcı elektrotun, ateşleme sırasında lambanın başlamasına yardımcı olmasından ötürü, yüksek basınçlı civa buharlı lambalarda ayrıca bir ateşleyiciye ihtiyaç yoktur. Elektrotlar, yüksek basınçlı sodyum buharlı lambada olduğu gibi, tungsten –molibden– bir çubuğun ucuna elektron yayıcı bir madde ile doyurulmuş tungsten bobin bağlanmasıyla elde edilirler ve tüpün iki ucundaki molibdenyum şeritlere lehimlenerek tespit edilmişlerdir.

▪ Dış Ampul

Dış ampul, lambanın gücüne göre farklı malzemelerden yapılır. 125 W ve daha düşük güçteki lambalar için soda-kireç cam kullanılırken, daha yüksek güçte lambalar yüksek ısıya dayanıklı

bor-silikat camdan yapılır. Koruyucu dış ampul, lamba parçalarını dış ortam etkilerinden korur ve oksitlenmeyi önler. Boşalma tüpü içinde ısı kaybını azaltarak, lambanın çalışması için gerekli yüksek sıcaklığı korumaya yardımcı olurken, lambanın öteki parçalarının dış etkenlerden zarar görmesini de önler. Yüksek basınçlı civa buharlı lambalarda, genişliği 55 - 219 mm ve uzunluğu 130-399 mm arasında değişen dış ampul, elipsoit (ovoid), küre ya da mantar (paraboloit) biçiminde olabilir. Fosfor kaplamalı ve / ya da yansıtıcı olan koruyucu dış ampulün boyutları, lamba gücü arttıkça, büyür.

▪ Dış Ampul Kaplaması

Saf civanın yayımladığı görünür ışınım, ışık tayfının sarı, yeşil, mavi ve mor bölgelerinde ve tektürel ışınımlardır. Lambadan yayımlanan morüstü ışınımın büyük bölümü de uzun dalga boyludur. Bu yüzden saydam ampullü lamba, mavimsi beyaz görünür. Kırmızı ışık üretilmediğinden, kırmızı yüzeyler civa buharlı lamba ışığı altında türsüz ya da çok düşük değerde turuncu (kahverengi) algılanır. Dolayısıyla renksel geriverim düşüktür. Bu kusurun giderilmesi amacıyla, dış ampulün iç yüzeyine morüstü ışınımını görünür ışınımına, özellikle kırmızı ışığa dönüştüren ve aynı zamanda, lambanın yüksek ışıklılığını azaltan kimi fosforlar sürülür. Yüksek basınçlı civa buharlı lambalarda kullanılan fosfor tabaka, boşalma tüpünde üretilen morüstü (*ultraviolet*) ışınımın, % 11' ini görünür ışınım, % 68' ini kızılaltı ışınımına çevirir (Philips Lighting Manuel, 1993). Yüksek basınçlı civa buharlı lambalarda, üç tip ampul kaplaması kullanılır.

Standart Fosfor Kaplama (*Standard phosphor coating*)

Yüksek basınçlı civa buharlı lambaların çoğunda kullanılan beyaz (standart) fosfor, üretilen morüstü ışınımın çoğunu görünür ışınımına, özellikle kırmızı ışığa dönüştürerek lambanın renksel geriverimini belli oranda düzeltir ve ışık verimini yükseltir.

Özel Kaplama (*Special coating*)

Dış ampule uygulanan flüoresan tozlar, filtreler gibi kimi özel kaplamalar, lambanın renksel geri verimini ve ışık verimini yükseltir. Elde edilen ışığın rengi, standart fosfor kaplamalı lambalara oranla daha sıcak renklidir.

Yansıtıcı Kaplama (*Reflector*)

Yansıtıcı lambalarda, ampul iç yüzeyi ve fosfor kaplama arasına ayrıca bir tabaka olarak bir paraboloit yansıtıcı konur. İç yansıtıcı, genelde mantar (paraboloit), nadir olarak da ovoid

(elipsoit) biçimindeki ampullere uygulanır. Bu uygulama, yansıtıcı lambanın her hangi bir aydınlatma aygıtı olmadan tek başına kullanılmasına olanak verir.

▪ Doldurulan Gazlar

Boşalma tüpü içinde, belli oranda damıtılmış civa ve az oranda asal gaz (genellikle argon) bulunur. Civa, ışıltı olarak ışık üretiminin büyük bölümünü gerçekleştiren, argon ise boşalmanın başlamasına yardımcı olan gazdır. Civanın oda sıcaklığında buhar basıncı düşük olduğundan, boşalma tüpüne civa ile birlikte, daha kolay iyonize olabilen ve tüp içindeki öteki bileşenlerle (elektrotları oluşturan tungsten -molibden- çubuk ve elektron yayıcı madde ile kaplanmış tungsten bobin) tepkimeye girmeyen argon gazı konur. Dış ampul içinde, argon ya da argon-nitrojen gazlarının karışımı bulunur. Nitrojen, ampul içindeki destek telleri (*supporting wires*) arasında ortaya çıkabilecek parlamaları (*flash-over*) ve parçaların oksitlenmesini önlemeye, aynı zamanda ampulün iç ısını düzenlemeye yardımcı olur.

▪ Lamba Dipleri

Yüksek basınçlı civa buharlı lambaların tümü tek diplidir. 125 W ve daha düşük güçteki lambalar için süngü (*bayonet*) ya da vidalı –Edison– (*screw*) dipler kullanılırken, daha yüksek güçteki lambalar için, yalnız vidalı dipler kullanılır. Bunlar, lamba gücüne göre, genelde E27 ve E40 diplerdir. Lambanın elektrik bağlantısını sağlayan parça olan dip, pirinç, nikel ya da paslanmaya karşı dirençli öteki maddelerden yapılır (Şekil 5.2).

▪ Ek Parçalar

Durultucu (*ballast*)

Farklı güçlerdeki lambalar arasında, lamba geriliminin hemen hemen aynı olduğu yüksek basınçlı civa buharlı lambalar ile kullanılan başlıca durultucu devreleri aşağıda verilmiştir.

1. Lag Reaktör (*Lag Reactor*)

En basit durultucu devresidir. Bir demir çubuk üzerine sarılmış bakır tel bobinlerden oluşur ve lamba ile seri bağlanır. Reaktörün tek görevi, lambaya gelen akımı sınırlamaktır. Bu tür bir reaktör yalnızca, şebeke gerilim değerinin, lambanın belirli başlama gerilimi (anma gerilimi) sınırları içinde olduğu durumlarda kullanılabilir. Devrenin güç faktörü %50 küçültülmüş olduğundan, genelde normal ya da düşük güç faktörü görevi görür. Devreye eklenen bir kondansatör (*capacitor*), sistemin güç faktörünü %90' ın üzerine çekebilir. Reaktör ayrıca, başlama ve çalışma koşulları altında, lambaya gelen akımı yarı

yarıya azaltıp devreden tam verimle yararlanmayı sağladığından ötürü, yeğlenen bir sistemdir. Tek işlevi, akımı kontrol etmek olan, bu ekonomik ve etkin durultucu, şebeke gerilimindeki değişimlere karşı gerektiği ölçüde düzenleyici değildir; gerilimdeki $\pm \%3$ büyüklüğünde bir değişim, lamba gücünde $\pm \%6$ oranında bir değişime yol açar. Bu yüzden, şebeke gerilimindeki değişimlerin $\pm \%5$ ' den büyük olduğu koşullarda reaktörün kullanımı pek uygun değildir (IESNA, 2000).

2. Yüksek Tepkili Otodönüştürücü (*High-Reactance Autotransformator*)

Şebeke geriliminin, lambanın anma geriliminin altında –üstünde– olduğu koşullarda lambaya düzenli başlama gerilimi sağlamak amacıyla, bir reaktör ile birlikte bir transformatör kullanılır. Böylece, devrenin güç faktörü $\%50$ küçültülmüş olur ve devre, normal güç faktörlü bir reaktör görevi görür. Devreye eklenen bir kondansatör, sistemin güç faktörünü $\%90$ ' ın üstüne çekebilir ve yüksek güç faktörü elde edilebilir (IESNA, 2000).

3. Sabit-güç Ototransformatörü (*Constant-wattage autotransformator; CWA*)

Yüksek basınçlı civa buharlı lambalarda en yaygın olarak kullanılan durultucu tipidir. Lamba ile seri bağlı bir otodönüştürücü (*high-reactance autotransformator*) ve bir kondansatörden oluşur. Kondansatör, sisteme daha iyi bir güç dengesi (*wattage stability*) sağlar. Bu durultucu, şebeke gerilimi değişimlerinin $\pm \%5$ ' den büyük olduğu durumlarda kullanılabilir; şebeke gerilimindeki $\pm \%10$ ' luk bir değişim, lamba gücünü yalnızca $\pm \%1-2$ oranında etkiler. Bir yüksek güç faktörü olan CWA, yüksek basınçlı civa buharlı lamba sistemlerinde verimli ve ekonomiktir (Lindsey, 1991; IESNA, 2000).

4. Sabit-Güç (*Constant-wattage; CW*)

Bu durultucu, çalışma özellikleri açısından CWA ile benzerdir. Şebeke gerilimindeki $\pm \%13$ ' lük bir değişimden, bu durultucunun kullanılması durumunda lamba verimi $\pm \%2$ ' den daha az oranda etkilenir. CWA' den farkı, lamba devresinin birincil bobinden tamamen izole edilmiş olmasıdır (IESNA, 2000).

5. Çift Lamba Lead-Lag Devresi (*Two-lamp lead-lag circuit*)

Bu durultucu, genellikle iki bağımsız devrede, 250, 400 ya da 1000 W gücünde iki lambayı çalıştırmak için kullanılır. Akım sınırlayıcı reaktör lambaların birini, seri bağlı reaktör ve kondansatör ise ötekini çalıştırır. Lambaların birinin çalışmasında ortaya çıkabilecek

sorunun öteki lambayı etkilememesi için, lambalar birbirinden bağımsızdır. Kondansatör ve reaktöre söz konusu olan akım girdisi, her birinin çalışma akımlarının toplamından daha azdır. Bunların birlikte çalışmaları, yüksek güç faktörü sağlar ve ışık titremesini azaltır. Bu devre yalnızca, şebeke geriliminin, lambanın anma geriliminde olduğu durumlarda kullanılabilir ve en ekonomik ikili lamba sistemidir (IESNA, 2000).

6. Çift Lamba Serisi İçin Sabit Güç (*Two-lamp series (isolated) constant wattage*)

Bu devrenin özellikleri, seri bağlanmış iki lamba için kullanılması dışında, tek lamba için kullanılan sabit güç durultucusu ile aynıdır. Ortam sıcaklığının -18°C (0°F)' den yüksek olduğu koşullarda etkilidir. Daha çok, iç mekanda kullanılan ve 400W gücündeki lambalar ile kullanılır (IESNA, 2000).

7. İki Düzeyli Civa Durultucusu (*Two-level mercury ballast*)

Bu durultucu devresinde, kondansatöre etkiyerek 125, 250 ya da 400 W' lık bir yüksek basınçlı civa buharlı lambayı, iki ayrı güç düzeyinde çalıştırmak olanaklıdır. Örneğin, 400 W' lık bir yüksek basınçlı civa buharlı lamba, hem 400 W, hem de 300 W güçte çalıştırılabilir. Enerji arttırımı için kullanılan bu tekniği uygulama koşulları, 10°C (50°F)' nin üzerindeki ortam sıcaklığı ve lambanın yatay çalışma konumu ile sınırlıdır. Düşük düzeyde lambanın rejime girme süresi, %50 daha uzundur (IESNA, 2000).

8. Yüksek Frekanslı Elektronik Durultucu (*High Frequency Electronic Ballast*)

Açıklama için Bölüm 4.3' e bakınız.

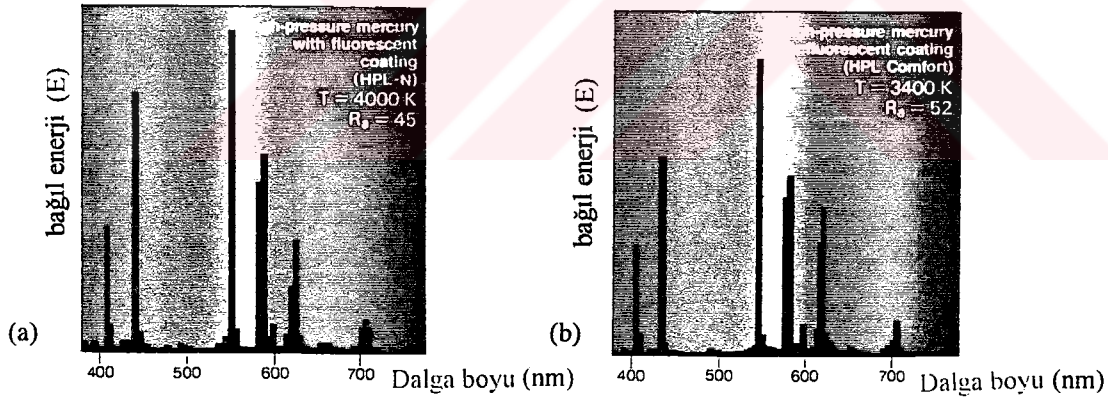
6.1.2 Çalışma Koşulları

Yüksek basınçlı civa buharlı lambaların tümü durultucu ile birlikte kullanılır. Ateşleme, ana elektrotlardan birine çok yakın yerleştirilmiş başlatıcı –yardımcı– elektrot yardımıyla gerçekleşir. Çünkü lambaya elektrik akımı verildiğinde ana elektrotlar arasındaki gerilim çok yüksektir ve elektriksel boşalma başlayamaz. Lamba yakıldığında ana elektrot ve yardımcı elektrot arasında oluşan yüksek gerilim, elektrotların bulunduğu bu bölgedeki gazın iyonize olmasını sağlar. Rejime girme süresi (*run-up time*) yaklaşık 2-5 dakikadır. Bu süre içinde hızla yükselen sıcaklık ve buhar basıncı, süre sonunda lambanın ısısal dengeye ve normal çalışma basıncına (genellikle 200 - 400 kPa) erişmesini sağlar ve ampule mavimsi beyaz bir görünüm kazandırır. Lamba söndürüldükten ortalama 4-7 dakika sonra (*restrike time*) buhar

basıncı düşer ve lamba yeterince soğuyarak tekrar ateşlenmeye hazır duruma gelir (CIBSE, 1994; IESNA, 2000).

6.1.3 Işık Rengi

Yüksek basınçlı civa buharlı lambadan yayımlanan ışığın tayfı çizgisel olup, 404.7, 435.8, 546.1, 577, ve 579 nm dalga boylarındadır. Bu tayf yapısı nedeniyle, saydam ampullü bir lamba yeşilimsi mavi bir görünümündedir ve lamba verimi, durultucunun tükettiği enerji dışında 30-65 lm/W' dır. Bu renk ışık, mavi, yeşil ve sarı renklerin belli oranda doğru algılanmasını sağlarken, turuncu ve kırmızının görünen renklerinin kahverengimsi olmasına yol açar. Saydam ampullü bir lambanın renksel geriverim indeksi (R_a) ortalama 15' tir ve renk sıcaklığı 5000 Kelvin' in üzerindedir. Fosfor kaplamalı lambalarda, renksel geriverim değeri daha yüksek, ancak verim daha düşüktür. Standart fosfor kaplamalı bir lambanın renksel geriverim indeksi ortalama 55 ve renk sıcaklığı 3000 - 4200 K arasındadır (Şekil 6.2 (a)). Özel fosfor kaplamalı bir civa buharlı lambada renksel geriverim indeksi ~60-70 olur ve renk sıcaklığı 3000 K ve üzerindedir (Şekil 6.2 (b)).



Şekil 6.2 Yüksek basınçlı civa buharlı kimi lamba türlerinin ışık tayfları (Philips Lighting Manuel, 1993).

6.1.4 Lamba Türleri

Yüksek basınçlı civa buharlı lamba türleri Çizelge 6.1' de gösterilmiştir. Çizelgede, Osram ve Philips firmalarının ürünlerine yer verilmiş, ortak olmayan özelliklerin hangi firmalara ait olduğu üst indislerle belirtilmiştir.

Çizelge 6.1 Yüksek basınçlı cıva buharlı lamba türleri (Philips ve Osram Aydınlatma Ürünleri Katalogları).

Lamba türü	Ampul biçimi- özellikleri	Dip	Güç (W)	Durultuculu güç (W)	Işık akısı (lm)	Verim (lm/W)	Renk sıcaklığı (K)	Renksel geriver. sınıfı	Renksel geriverim indeksi;Ra	Lamba genişliği (mm)	Lamba uzunluğu (mm)	Işıklılık (cd/cm ²)
HQL ¹ HPL-N ²	Elipsoit- kaplanmış	E 27	50	59 ¹	1800	36	4200	3 ¹		55 ¹ 56 ²	130	4 ¹
		E 27	80	89 ¹	3800 ¹ 3700 ²	48 ¹ 46 ²	4100 ¹ 4300 ²	3 ¹		70 ¹ 71 ²	156 ¹ 155 ²	5 ¹
		E 27	125	137 ¹	6300 ¹ 6200 ²	51 ¹ 50 ²	4000 ¹ 4100 ²	3 ¹		75 ¹ 76 ²	170 ¹ 173 ²	7 ¹
		E 40	250	266 ¹	13000 ¹ 12700 ²	52 ¹ 50 ²	3900 ¹ 4100 ²	3 ¹		90 ¹ 91 ²	226 ¹ 228 ²	10 ¹
		E 40	400	425 ¹	22000	55	3800 ¹ 3900 ²	3 ¹		120 ¹ 121.5 ²	290	10.5 ¹
		E 40	700	735 ¹	38500	55	3550 ¹ 3900 ²	3 ¹		140 ¹ 141.5 ²	330 ¹ 328 ²	13 ¹
HQL De Luxe ¹ HPL-Com ²	Elipsoit- kaplanmış	E 40	1000	1045 ¹	58000 ¹ 58500 ²	58 ¹ 59 ²	3550 ¹ 3900 ²	3 ¹		165 ¹ 166.5 ²	390 ¹ 399 ²	16 ¹
		E 27	50	59 ¹	2000	40	3300 ¹ 3500 ²	3 ¹	55 ²	55 ¹ 56 ²	130	4 ¹
		E 27	80	89 ¹	4000	50	3200 ¹ 3500 ²	3 ¹	55 ²	70 ¹ 71 ²	156 ¹ 155 ²	5 ¹
		E 27	150	137 ¹	6500 ¹ 6700 ²	52 ¹ 53 ²	3200 ¹ 3400 ²	3 ¹	55 ²	75 ¹ 76 ²	170 ¹ 173 ²	7 ¹
		E 40	250	266 ¹	14000 ¹ 14200 ²	56 ¹ 57 ²	3100 ¹ 3300 ²	3 ¹	55 ²	90 ¹ 91 ²	226 ¹ 228 ²	10 ¹
		E 40	400	425 ¹	24000 ¹ 24200 ²	60 ¹ 61 ²	3000 ¹ 3500 ²	3 ¹	55 ²	120 ¹ 121.5 ²	290	10.5 ¹
HQL Super De Luxe ¹ HQL-B ¹ Super DeLuxe	Elipsoit- kaplanmış	E 27 ¹	50 ¹	59 ¹	1600 ¹	32 ¹	3000 ¹	2B ¹		55 ¹	130 ¹	3 ¹
		E 27 ¹	80 ¹	89 ¹	3400 ¹	43 ¹	3000 ¹	2B ¹		70 ¹	156 ¹	4 ¹
		E 27 ¹	125 ¹	137 ¹	5700 ¹	56 ¹	3000 ¹	2B ¹		75 ¹	170 ¹	6 ¹
	Küresel- kaplanmış	E 27 ¹	50 ¹	59 ¹	1600 ¹	32 ¹	2900 ¹	2B ¹		126 ¹	190 ¹	<1.1 ¹
		E 27 ¹	80 ¹	89 ¹	3000 ¹	38 ¹	2900 ¹	2B ¹		126 ¹	190 ¹	<2.2 ¹
		E 27 ¹	80 ¹	89 ¹	3000 ¹	38 ¹	3500 ¹	3 ¹		125 ¹	168 ¹	6 ¹
HQL-R ¹ HPL-R ²	Mantar- yanstırıcı	E 27	125	137 ¹	5000 ¹ 5700 ²	40 ¹ 46 ²	3400 ¹ 4200 ²	3 ¹		125 ¹ 126.5 ²	168 ¹ 186 ²	10 ¹
		E 40	250	266 ¹	11500 ¹ 12000 ²	46 ¹ 48 ²	3500 ¹ 4100 ²	3 ¹		165 ¹ 162.5 ²	260 ¹ 259 ²	13 ¹
		E 40	400	425 ¹	20500	51	3550 ¹ 3900 ²	3 ¹		180 ¹ 178 ²	300 ¹ 299 ²	18 ¹
		E 40 ²	700 ²		36000 ²	51 ²	3900 ²			202 ²	328 ²	
		E 40 ³	1000 ²		54000 ²	54 ²	3900 ²			219 ²	380 ²	

¹ Osram ürünleri ² Philips ürünleri

Bu lambalarda ateşleme cihazına gerek yoktur

6.1.5 Öteki Özellikler

- **Işık Akısı**

Yüksek basınçlı civa buharlı lambaların yayımladıkları ışık akısı niceliği, lamba gücüne bağlı olarak, 1600 - 5400 lümen arasında değişmektedir.

- **Lamba Gücü**

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların güçleri 50 - 1000 Watt arasında değişmekte iken, durultuculu güç gereksinimleri 59 - 1045 Watt arasındadır.

- **Işık Verimi**

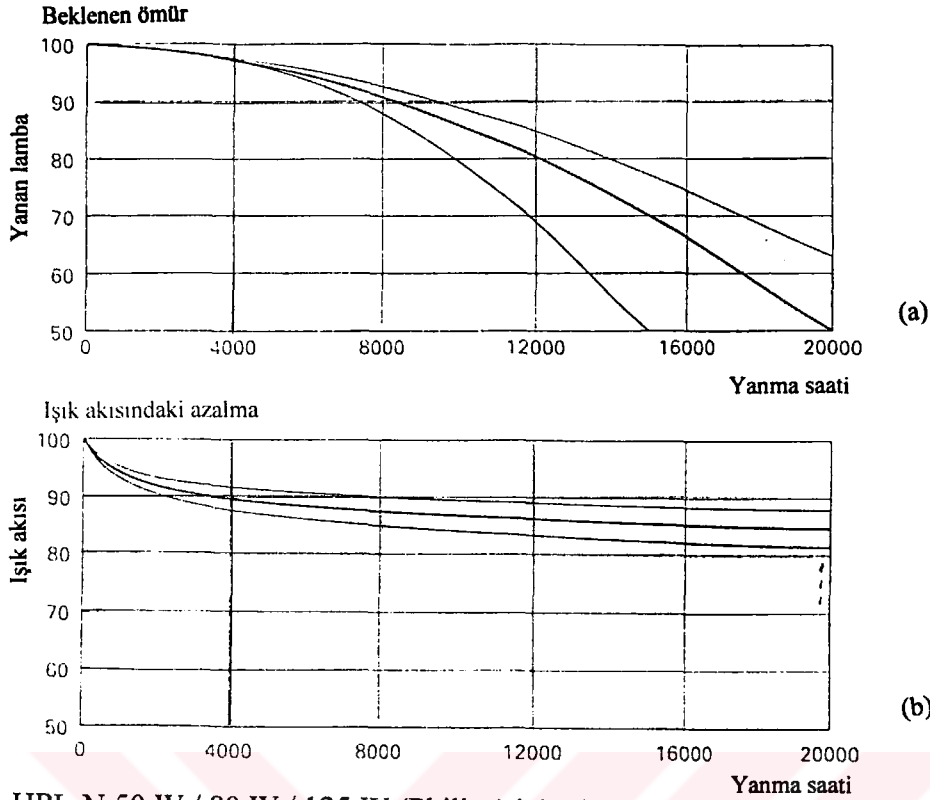
Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların ışık verimi 32 lm/W ile 61 lm/W arasında değişmektedir.

- **Yanma Konumu**

Lambaların yanma konumunun yayımlanan ışık akısı üzerinde önemli bir etkisi yoktur. Lambaların tümü her konumda yanar.

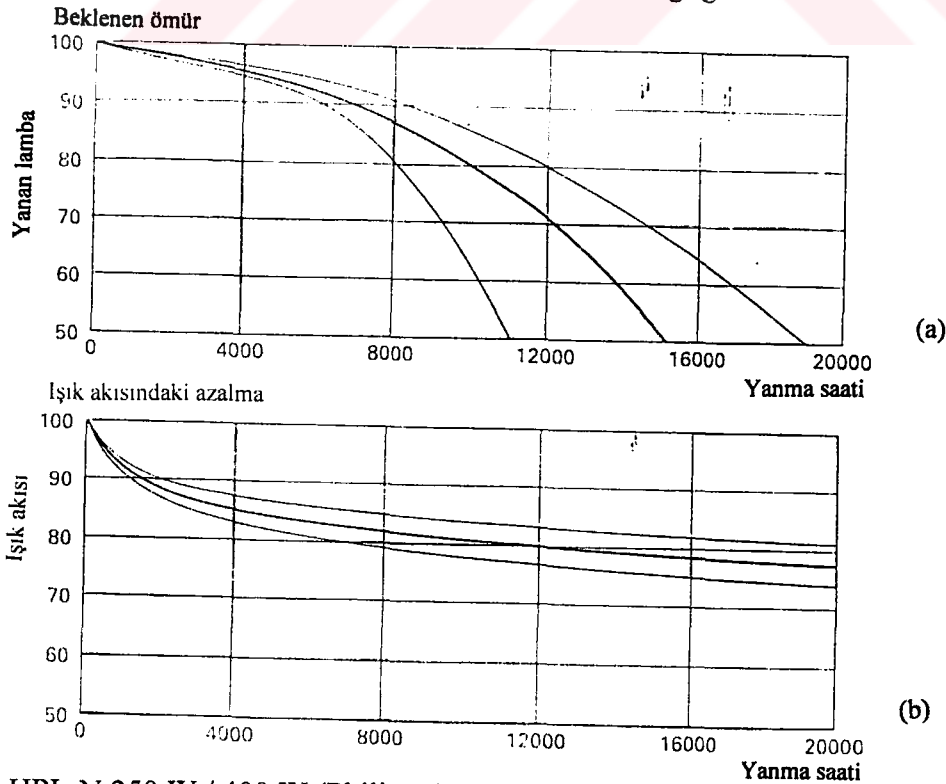
- **Ömür ve Işık Akısında Azalma**

Yüksek basınçlı civa buharlı lambalarda, çalışma süresi içinde lambanın nominal ışık akısında oldukça oranlı bir azalma gözlenir. Lambanın boşalma tüpünde bulunan elektrotlar elektron yayımlayıcı bir madde ile kaplanmıştır. Lambanın çalışma süresi boyunca bu madde çok yavaş bir biçimde buharlaşır -elektrotdan kopar- ve boşalma tüpünün iç yüzeyinde önce beyaz bir tabaka halinde birikir daha sonra tüpün zamanla kararmasına yol açar. Belli bir süre sonra, elektrotlardaki, sürekli aşınıp azalan elektron yayıcı madde tükenir ve lambanın ateşlenmesi için gereken gerilim durultucu tarafından karşılanamayacak duruma gelir. Bu durumda lamba ömrü bitmiş olur. Yüksek basınçlı civa buharlı lambaların ömürleri 14000 - 28000 saat arasında değişmektedir (Lindsey, 1991; CIBSE, 1994). Kimi yüksek basınçlı civa buharlı lamba türleri için beklenen ömür ve çalışma süresi içinde ışık akısında meydana gelen azalma, Şekil 6.3 ve 6.4' te gösterilmiştir.



Şekil 6.3 HPL-N 50 W / 80 W / 125 W (Philips) için, beklenen ömür (a) ve ışık akısındaki azalma (b) (Philips Lighting A.Ş. Dökümanları).

Şekil 6.3 incelendiğinde örneğin, ölçün koşullarda test edilen lamba grubu içindeki lambaların, 12000 saat sonunda, % 20' sinin söndüğü, % 80' inin ise yanmaya devam ettiği; ışık akısının, nominal ışık akısının yaklaşık % 86' sına azaldığı görülmektedir.



Şekil 6.4 HPL-N 250 W / 400 W (Philips) için, beklenen ömür (a) ve ışık akısındaki azalma (b) (Philips Lighting A.Ş. Dökümanları).

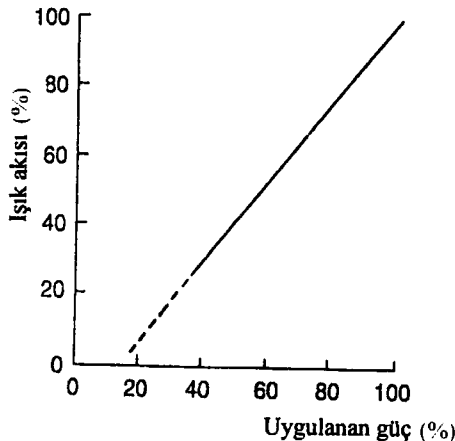
Şekil 6.4' te örneğin, ölçün koşullarda test edilen lamba grubu içindeki lambaların, 12000 saat sonunda, % 72' sinin yanmaya devam ettiği; ışık akısının, nominal ışık akısının yaklaşık % 80' ine azaldığı görülmektedir.

▪ Çevre Etkisi

Yüksek basınçlı civa buharlı lambaların tümünde, boşalma tüpünü dış etkilerden koruyan bir dış ampul bulunur. Dış ampul, yapısal özellikleri ve içindeki gazlar (nitrojen) yardımıyla lamba iç ısını korur ve -20°C ' ye kadar olan sıcaklıklarda boşalma tüpünün dış ortamdan ısısından etkilenmesini önler (CIBSE, 1994). Bununla birlikte, sıcaklığın -20°C ' nin altında ve hava hareketlerinin yoğun olduğu koşullarda, ateşleme problemleri söz konusu olabilir. Bu gibi durumlarda lambanın çalışmaya başlayabilmesi için daha yüksek ateşleme gerilimine gereksinimi vardır ve bu gerilimi sağlayabilecek türde uygun durultucular kullanılmalıdır. Ayrıca, dış mekanlardaki kullanımlarda ve soğuk iklimlerde lambalar, aydınlatma aygıtları içinde kullanılmalıdır.

▪ Dimmerleme

Yüksek basınçlı civa buharlı bir lambanın ışık akısı, lambaya seri ya da paralel bağlanabilen bir dimmerleme durultucusu kullanılarak % 50 oranında azaltılabilmekte ve enerji tüketimi % 65 oranında düşürülebilmektedir. Sisteme ayrıca eklenen bir devre bobini ile lambanın nominal ışık akısını % 50' den daha büyük oranda azaltmak da olanaklı olabilmekte, ancak bu durumda lambanın ışık renginde bozulmalar ortaya çıkmaktadır. Saydam ampullü bir yüksek basınçlı civa buharlı lambada, nominal ışık akısının %25' ine değin dimmerlenmesi durumunda, lamba renginde önemli bir değişim olmaz iken, fosfor kaplamalı türlerinde, nominal ışık akısı niceliğinin yaklaşık %30' dan daha fazla azaltılması durumunda, ışık renginde algılanabilir değişimler olabilmektedir.



Şekil 6.5 Dimmerlenen bir yüksek basınçlı civa buharlı lambanın, güç girişine karşılık yayımladığı ışık akısı oranı. (Kesik çizgi, algılanabilir renk değişim bölgesini gösterir.), (IESNA, 2000).

▪ Şebeke Gerilimindeki Değişimlerden Etkilenme

Yüksek basınçlı civa buharlı lambalar, şebeke gerilimindeki değişimlerden çok az etkilenmekte, koşullara göre yayımlanan ışık akısı niceliğinde değişiklikler ve ışık titremesi (*flicker*) ortaya çıkabilmektedir.

▪ Stroboskopi Etkisi

Öteki yüksek basınçlı boşalmalı lambalarda olduğu gibi yüksek basınçlı civa buharlı lambalarda stroboskopi etkisi söz konusudur. Bu etkinin sorun olduğu durumlarda ışık titreme indeksi 0,1 ve / ya da daha az olan sistemlerin kullanılması ya da lambanın üç ayrı faza bağlanması ile sorun giderilebilir. Yüksek frekanslı elektronik durultucuların kullanılması ile de stroboskopi etkisi önemli ölçüde önlenilmekte ya da tamamen yok edilebilmektedir.

▪ Işık Titremesi (*flicker*)

60 Hz frekanslı kimi durultucular ile çalıştırılan yüksek basınçlı civa buharlı lambalar için söz konusu ışık titreme indeksi değerlerindeki değişimler Çizelge 6.2' de gösterilmiştir.

Çizelge 6.2 Kimi yüksek basınçlı civa buharlı lambalar için ışık titreme indeksleri (IESNA, 2000)

Lamba Tipi	Durultucu	Işık Titreme İndeksi
250 W, ılık delüks	Reaktör	0.127
250 W, soğuk delüks	Reaktör	0.137
250 W, delüks beyaz	Reaktör	0.131
250 W, delüks beyaz	Sabit güç ototransformatörü	0.172
100 W, delüks beyaz	Sabit güç durultucusu	0.142
100 W, delüks beyaz	Sabit güç durultucusu	0.183
400 W, delüks beyaz	Reaktör	0.121
400 W, delüks beyaz	Sabit güç ototransformatörü	0.124

Işık titremesinin oluşması, yüksek frekanslı elektronik durultucuların kullanılması ile önlenabilir.

6.2 Karışık Işıklı Lambalar

İçinde, ışınlımların tayfsal bileşenleri birbirinden çok ayrı olan iki ya da daha çok ışık kaynağı bulunan lamba karışık ışıklı lamba (*blended-light lamp*) olarak adlandırılır (Sirel, 1984a). Aynı ampul içinde, seri bağlanmış civa buharlı bir boşalma tüpü ve bir akkor lamba teli içeren karışık ışıklı lamba ise civalı karışık ışıklı lamba (*blended-light mercury lamp; self-ballasted mercury lamp*) olarak adlandırılır (CIE, 1987; Sirel, 1997). Civalı karışık ışıklı lambalar, temelde her biri farklı yöntemler ile ışık üreten, üç değişik ışık kaynağının bir araya gelmesinden oluşurlar. Bunlar;

- boşalma tüpü içinde bulunan “ısılışır civa buharı”,
- ampul iç yüzeyine sürülen “fosforışır tozlar” ve
- boşalma tüpü çevresinde bulunan “ısılışır tungsten tel” dir.

Bu bölümde, karışık ışıklı lambaların parçaları ve temel özellikleri ele alınmıştır.

6.2.1 Lamba Parçaları

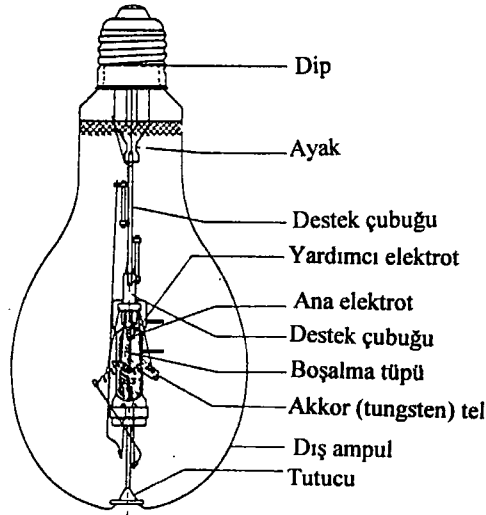
Karışık ışıklı bir lambanın temel parçaları, tungsten filaman ve dış ampul içinde kullanılan gazlar dışında yüksek basınçlı civa buharlı bir lambada olduğu gibidir. Karışık ışıklı bir lambanın temel parçaları, Şekil 6.6’ da bir karışık ışıklı lamba türü üzerinde gösterilmiştir.

▪ Boşalma Tüpü

Karışık ışıklı lambaların boşalma tüpleri, yüksek çalışma sıcaklığına dayanıklı, morüstü ve görünür ışınlımları az miktarda yutan kuvars camdan yapılmıştır. Tüpün iki ucunda, yardımcı elektrot ve ana elektrotların tespit edildiği yüksek ısıya dayanıklı, ince molibdenyum şeritler bulunur. Boşalma tüpü, yüksek sıcaklığa karşı esnekliği sağlanmış yay ve çubuklardan oluşan bir düzenek ile desteklenmiştir. Bu düzenek aynı zamanda, başlama rezistansı aracılığıyla ana elektrot ve yardımcı elektrot arasındaki elektrik bağlantısını da sağlar.

▪ Tungsten Tel

Karışık ışıklı lambada tungsten tel (filaman), boşalma tüpü ile seri bağlıdır. Boşalma tüpündeki civa buharının rejime girmek için belli bir süreye gereksinim duymasına karşın, akkor lambada olduğu gibi bükümlü olan tungsten filaman hemen ışık vermeye başlar. Ayrıca lamba için durultucu görevi görerek, kullanımı kolaylaştırır ve maliyeti azaltır.



Şekil 6.6 Karışık ışıklı lamba (Handbuch für Beleuchtung, 1992).

▪ Elektrotlar

Boşalma tüpünün iki ucunda, elektrik akımını lambaya ileterek lambanın çalışmaya başlamasını sağlayan bir yardımcı elektrot ve çalışmanın devamını sağlayan iki ana elektrot bulunur. Yardımcı elektrot, ana elektrotlardan birine çok yakın durur ve ateşleme sırasında lambanın yanmaya başlaması için yeterlidir. Bundan ötürü karışık ışıklı lambalarda, yüksek basınçlı civa buharlı lambalarda olduğu gibi ayrıca bir ateşleyiciye gereksinim yoktur. Elektrotlar, tungsten –molibden– bir çubuğun ucuna elektron yayıcı bir madde emdirilen bir tungsten bobin bağlanarak oluşturulmuş ve tüpün iki ucundaki molibdenyum şeritler ile lehimlenerek tespit edilmişlerdir.

▪ Dış Ampul

Dış ampul, yüksek ısıya dayanıklı bor-silikat camdan yapılır. Koruyucu dış ampul, lamba parçalarını dış ortam etkilerinden korur ve oksitlenmeyi önler. Bu ampul, ısı kaybını azaltarak boşalma tüpü içinde, lambanın çalışması için gerekli yüksek sıcaklığı korumaya yardımcı olur. Karışık ışıklı lambalarda dış ampul, elipsoit (ovoid) ya da mantar –paraboloit– biçiminde olabilir. Mantar ampullü lambalar yansıtıcı, elipsoit ampullü lambaların tümü fosfor kaplamalıdır. Dış ampulün genişliği 71 - 126.5 mm, uzunluğu ise 153.5 - 290 mm arasında değişmektedir.

▪ Doldurulan Gazlar

Boşalma tüpü, yüksek basınçlı civa buharlı lambada olduğu gibi, belli oranda damıtılmış civa ve az oranda asal gaz (genellikle argon) karışımını içermektedir. Dış ampul içinde ise, akkor

lambada olduğu gibi argon ve bir miktar nitrojen gazı bulunur. Nitrojen, tungsten filamanın parlamasını (*flash-over*) önler. Dış ampul içindeki basınç, akkor telin olabildiğince az buharlaşmasını sağlamak amacıyla yüksek basınçlı civa buharlı lambada olduğundan daha yüksek tutulur.

▪ Lamba Dipleri

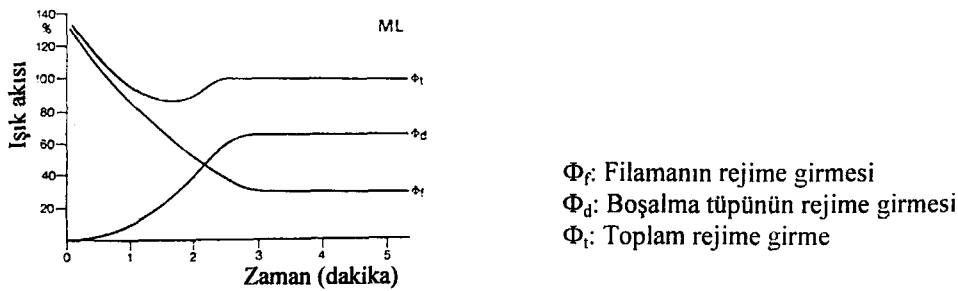
Karışık ışıklı lambaların tümü, E 27 ve E 40 vidalı –Edison– diplidir (Şekil 5.2).

▪ Ek Parçalar

Karışık ışıklı lambalarda yardımcı elektrot lambanın başlaması için yeterlidir ve ayrı bir ateşleme elemanı kullanmaya gerek yoktur. Dış ampul içinde, boşalma tüpü ile seri bağlanan tungsten tel de lamba için durultucu görevi gördüğünden ayrıca bir durultucuya gereksinim olmamaktadır. Buna bağlı olarak bu lambalar, kendinden durultuculu civa buharlı lambalar (*self-ballasted mercury lamp*) olarak da adlandırılırlar.

6.2.2 Çalışma Koşulları

Lambanın tam ışık verimine ulaşması, lambanın içerdiği ışık kaynaklarından biri olan, boşalma tüpü içindeki civa buharının rejime girme süresine bağlıdır. Tungsten tel, elektrik akımı verildiği anda ısıma yapma özelliğindeyken, civanın tam verimi ile ışık yayımlayabilmesi için yaklaşık 4 dakika süreye gereksinimi vardır. Karışık ışıklı bir lambanın rejime girme süresi, boşalma tüpü ve tungsten tele bağlı olarak Şekil 6.7’ de gösterilmiştir.



Şekil 6.7 Karışık ışıklı lambanın rejime girme süresi (Philips Lighting Manuel, 1993).

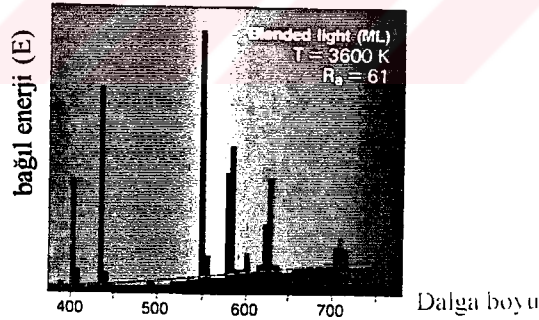
Lamba ateşlendikten hemen sonra, boşalma tüpündeki gerilim düşük olup, ortalama 30 V’ dur. Bu sırada filamanın, 190 V gibi yüksek bir gerilimi vardır. Bu değer, lambanın denge halindeki çalışma geriliminden yüksektir. Bu noktada, filaman en yüksek ışık üretimini gerçekleştirirken, boşalma tüpünün verimi oldukça düşüktür. Rejime girme süresince tüpün

gerilimi hızla artar, tel üzerindeki gerilim küçülür. Akım dengelendiğinde, boşalma sonucu üretilen ışık, tungsten filamanın ürettiğinden ortalama iki kat daha fazladır. Karışık ışıklı lambaların tam verimle yeniden yanabilmeleri için, söndükten sonra 5-10 dakika arasında bir süre geçmesi gerekir (Philips Lighting Manuel, 1993). Boşalma tüpünün çalışma basıncı, yüksek basınçlı civa buharlı lambaya göre daha yüksektir ($\sim 8 \times 10^4$ Pa).

Karışık ışıklı bir lambadan yayımlanan görünür ışınımın, % 4,7' si elektriksel boşalma, % 3,4' ü filamanın ışıması, % 0,9' u fosfor tabakanın morüstü ışınımın bir bölümünü görünür ışınımlara dönüştürmesi sonucunda üretilir (Philips lighting manuel, 1993).

6.2.3 Işık Rengi

Karışık ışıklı lambada, boşalma tüpünün yayımladığı ışığın yeşilimsi mavi rengi ile, tungsten telinden yayımlanan ışığın sarımsı kırmızı rengi karışarak, sürekli ve düzgün olmayan bir ışık tayfı ortaya çıkar (Şekil 6.8). Karışık ışıklı lamba tayfı, yüksek basınçlı civa buharlı lamba tayfına çok benzer olmakla birlikte, karşılaştırıldığında, daha düzgün olduğu söylenebilir. Tungsten tel, renksel geriverimi düşük olan madensel buharların tayfındaki eksiklikleri giderir ve gün ışığına yakın bir renk karışımı elde edilir. Renk sıcaklığı 3200 - 4100 K, renksel geriverim indeksi 48-63 arasında değişir. Renksel geriverim sınıfı 3, 2A veya 2B' dir.



Şekil 6.8 Karışık ışıklı lambanın ışık tayfı (Philips lighting manuel, 1993).

6.2.4 Lamba Türleri

Karışık ışıklı lamba türlerinin başlıcaları Çizelge 6.3' te gösterilmiştir. Çizelgede, Osram ve Philips firmalarının ürünlerine yer verilmiş, ortak olmayan özelliklerin hangi firmalara ait olduğu üst indislerle belirtilmiştir.

Çizelge 6.3 Karışık ışıklı (*self-ballasted*) lamba türleri (Philips ve Osram Aydınlatma Ürünleri Katalogları).

Lamba türü	Ampul biçimi-özellikleri	Dip	Güç (W)	Durultuculu güç (W)	Işık akısı (lm)	Verim (lm/W)	Renk sıcaklığı (K)	Renkssel geriverim sınıfı	Renkssel geriverim indeksi;Ra	Lamba genişliği (mm)	Lamba uzunluğu (mm)	Işıklılık (cd/cm ²)
HWL ¹ ML ²	Elipsoit-kaplanmış	E 27 ²	100 ^{2*}	100 ²	1100 ²	11 ²	3300 ²	2A ²	72 ²	71 ²	155 ²	
		By22d ²	100 ^{2*}	100 ²	1100 ²	11 ²	3300 ²	2A ²	72 ²	71 ²	153.5 ²	
		E 27	160 [*]	160	3100 ¹ 3150 ²	19 ¹ 20 ²	3600	2B	61 ²	75 ¹ 76 ²	173 ¹ 177 ²	3 ¹
		By22d ²	160 ^{2*}	160 ²	3150 ²	20 ²	3600 ²	2B ²	61 ²	76 ²	173 ²	
		E 27 ²	250 ^{2**}	250 ²	5500 ²	22 ²	3400 ²	2B ²	63 ²	91 ²	217 ²	
		E 40	250 ^{**}	250	5600 ¹ 5500 ²	23 ¹ 22 ²	3800 ¹ 3400 ²	2B	63 ²	90 ¹ 91 ²	226 ¹ 230 ²	5 ¹
HWL-R ¹ ML-R ²	Mantar-yanıttıcılı	E 40	500 ^{**}	500	14000 ¹ 13000 ²	28 ¹ 26 ²	4100 ¹ 3700 ²	2B ¹ 3 ²	48 ²	120 ¹ 121.5 ²	275 ¹ 290 ²	6 ¹
		E 27	160 [*]	160	2500 ¹ 2800 ²	16 ¹ 18 ²	3200 ¹ 3400 ²	2A ¹ 2B ²	62 ²	125 ¹ 126.5 ²	168 ¹ 187 ²	5 ¹

¹ Osram ürünleri ² Philips ürünleri

* Yanma konumu : hs30'dur.

** Her konumda yanabilirler.

(Bu lambaların çalışması için herhangi bir durultucu ya da ateşleyiciye gerek yoktur.)

6.2.5 Öteki Özellikler

▪ Işık Akısı

Karışık ışıklı lambaların yayımladıkları ışık akısı niceliği, lamba gücüne bağlı olarak, 1100 - 14000 lümen arasında değişmektedir.

▪ Lamba Gücü

Karışık ışıklı lambaların güçleri 100 - 500 Watt arasında değişmektedir.

▪ Işık Verimi

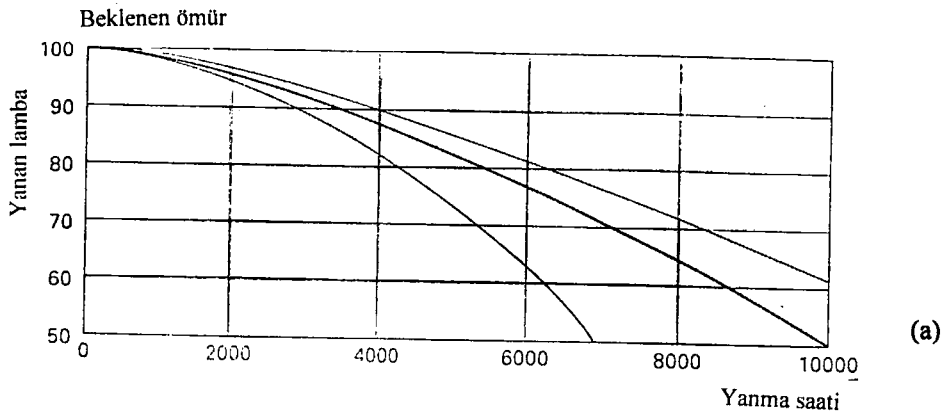
Karışık ışıklı lambaların ışık verimi 11 lm/W ile 28 lm/W arasında değişmektedir.

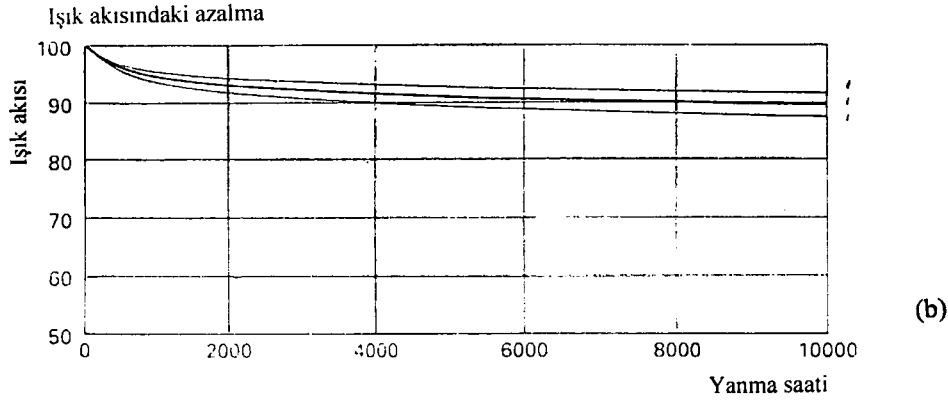
▪ Yanma Konumu

Karışık ışıklı lambalar, her konumda yanabilmekle birlikte, tam verimle çalışabilmeleri için lamba üreticilerince önerilen kimi yanma konumlarında çalıştırılmalıdırlar. 100 ve 160 W' lık düşük güçteki lambalar, 250 ve 500 W' lık yüksek güçteki lambalara göre önerilen yanış konumu konusunda daha duyarlıdırlar. Bu lambaların türlerine göre yanma konumları, Çizelge 6.3' te belirtilmiştir.

▪ Ömür ve Işık Akısında Azalma

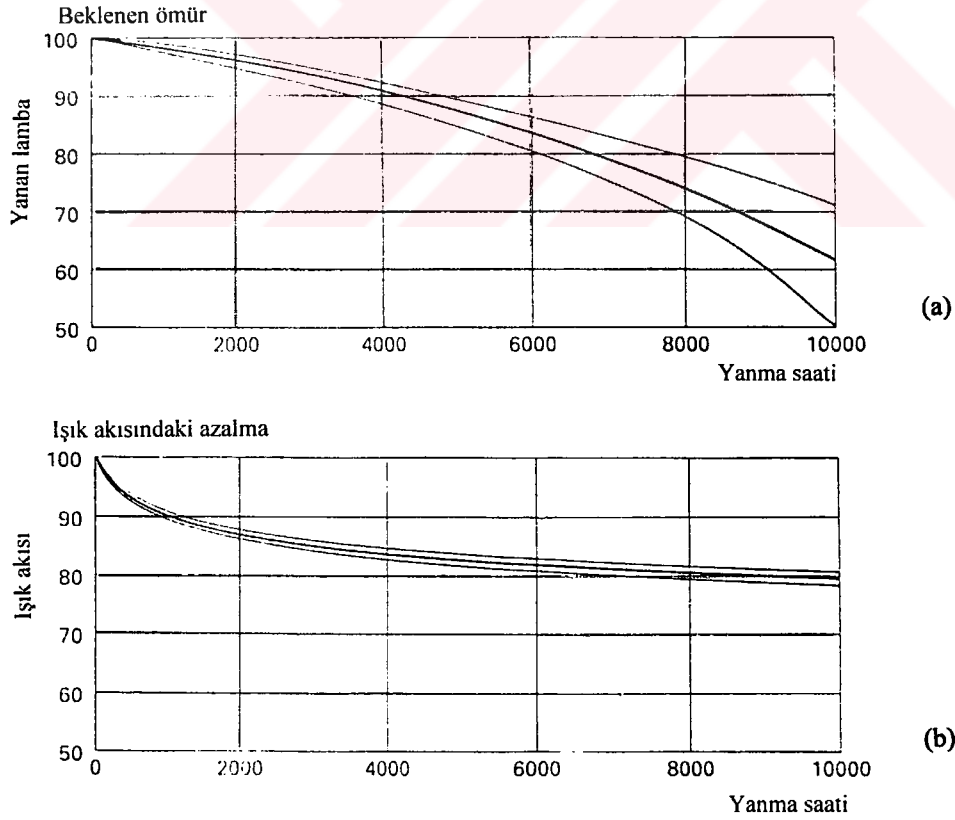
Karışık ışıklı lambalarda ömrün sona ermesi, akkor lambalara benzer biçimde tungsten telin kopması ile olabileceği gibi, civa buharlı lambalara benzer biçimde, elektrotlardaki elektron yayıcı maddenin tükenmesi ile de olabilir. Filamanın ömrünü uzatmak için ampul içine argon ile birlikte yüksek basınçta konan nitrojen gazı, tel yüzeyine basınç yapar ve telin madde kaybını bir ölçüde önler. Filamanın, dolayısıyla lambanın ömrü şebeke gerilimindeki değişimlerden ve yanlış konumda yanmadan etkilenir. Farklı güçlerdeki karışık ışıklı lambalar için beklenen ömür ve çalışma süresi içinde ışık akısında meydana gelen azalma, şekil 6.9 ve 6.10' da gösterilmiştir.





Şekil 6.9 ML 100 W / 250 W / 500 W (Philips) için, beklenen ömür ve ışık akısındaki azalma (Philips Lighting A.Ş. Dökümanları).

Şekil 6.9 incelendiğinde, örneğin, ölçün koşullarda test edilen lamba grubu içindeki lambaların, 6000 saat sonunda, % 23' ünün söndüğü, % 77' sinin ise yanmaya devam ettiği; ışık akısının, nominal ışık akısının yaklaşık % 91' ine düştüğü görülmektedir.



Şekil 6.10 ML 160 W (Philips) için, beklenen ömür ve ışık akısındaki azalma (Philips Lighting A.Ş. Dökümanları).

Şekil 6.10 incelendiğinde, örneğin, ölçün koşullarda test edilen lamba grubu içindeki lambaların, 6000 saat sonunda, % 83' ünün yanmaya devam ettiği; ışık akısının, nominal ışık akısının yaklaşık % 82' sine düştüğü görülmektedir.

Karışık ışıklı lambaların 6000 - 13000 saat arasında değişen ömürleri, akkor lambalara göre 6-8 kat daha uzun, yüksek basınçlı civa buharlı lambalara göre ortalama 2 kat daha kısadır.

▪ Çevre Etkisi

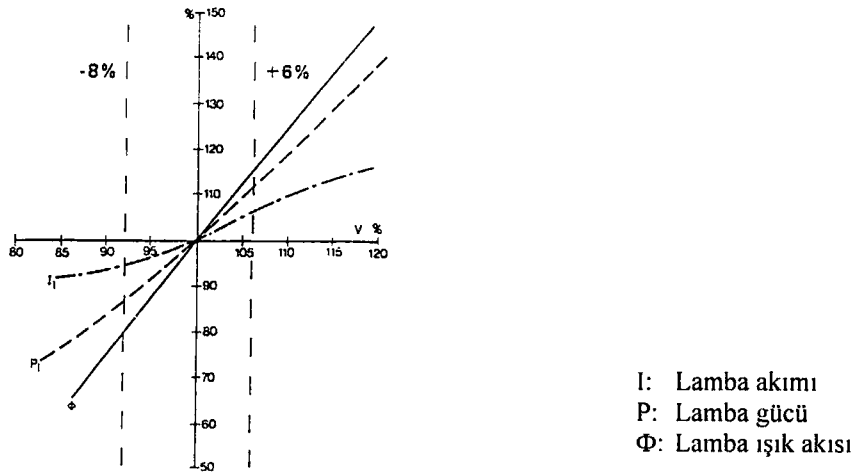
Sert camdan yapılan koruyucu dış ampul ve içindeki gazlar, karışık ışıklı lambaların, dış etkiler ve ısı değişimlerine karşı tungsten telli akkor lambalara göre oldukça dirençli olmasını sağlar. Bu nedenle lamba, dış ortamda oluşabilecek ısı değişimlerinden oldukça az etkilenir.

▪ Dimmerleme

Karışık ışıklı lambalar dimmerlenemezler.

▪ Şebeke Gerilimindeki Değişimlerden Etkilenme

Karışık ışıklı lambalarda elektrik akımı, bir rezistans görevi gören tungsten filaman tarafından sınırlanır. Şebeke geriliminde ortaya çıkan değişimleri dengelemek için filamanın ısısı daha da yükselir. Bu da, lamba ömrünün kısalmasına neden olur. Bu nedenle, şebeke gerilimindeki değişimlerin fazla olduğu koşullar ve bölgelerde kullanımları pek uygun değildir. Şebeke geriliminde söz konusu olan değişmelerin, karışık ışıklı lambanın akımı, gücü, gerilimi ve ışık akısı üzerindeki etkisi, grafikte gösterilmiştir.



Şekil 6.11 Karışık ışıklı bir lambada, şebeke gerilimi değişimlerinin etkisi (Öngörülen sınırlar kesik çizgili bant ile gösterilmiştir.), (Philips lighting manuel, 1993).

▪ Stroboskopi Etkisi ve Işık Titremesi

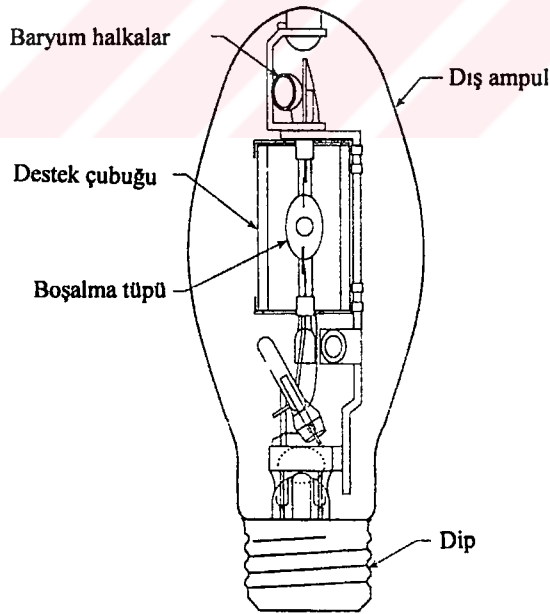
Ayrıca bir durultucu gerektirmeyen karışık ışıklı lambalarda, belirgin bir ışık titremesi söz konusu olmamakla birlikte, stroboskopi etkisi, yüksek basınçlı civa buharlı lambalarda olduğu gibidir. Gerekğinde, lambanın üç ayrı faza bağlanması ile stroboskopi etkisi en aza indirilebilir.

6.3 Metalik Halojenürlü Lambalar

Işığının büyük bölümü, bir metal buharı ve halojenür ayrışması ürünleri karışımının ışınlımından oluşan yüksek yeğnikli boşalmalı lamba türü, metalik halojenürlü lamba (*metal halide lamp*) olarak adlandırılır (CIE 1987; Sirel, 1997). Bu bölümde, metalik halojenürlü lambaların parçaları ve temel özellikleri ele alınmıştır.

6.3.1 Lamba Parçaları

Metalik halojenürlü bir lambanın temel parçaları, Şekil 6.12’ de bir metalik halojenürlü lamba türü üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 6.12 Metalik halojenürlü lamba (IESNA, 2000).

▪ Boşalma Tüpü

Boşalma tüpü, genelde saf kuvarstan yapılır. Kimi metalik halojenürlü lambalarda, boşalma tüpünün elektrotların bulunduğu bölgelerinde ısının yükselerek, daha fazla metal tuzunun buharlaşmasını sağlamak amacıyla, tüpün dış yüzeyine beyaz bir zirkonyum oksit tabakası

sürülür. Son yıllarda tüp yapımında, yüksek sıcaklıklara daha dayanıklı ve lambanın renksel geriverimini lamba ömrü süresince koruyan bir tür saydam seramik kullanılmaya başlanmıştır. Seramik boşalma tüplü lamba türleri Çizelge 6.8' de belirtilmiştir. Metalik halojenürlü lambaların boşalma tüpleri, eşdeğer güçteki yüksek basınçlı civa buharlı lambalara göre daha küçüktür ve yüksek sıcaklığa karşı esnekliği sağlanmış yay ve çubuklardan oluşan bir düzenek ile desteklenmiştir.

Metalik halojenürlü lambaların çoğunda ışık akısı ve lamba ömrü, düşey çalışma konumuna göre belirlenir. Çünkü her konumda yanan bir lambanın verimi, düşey çalışma konumunda en yüksek olur. Her konumda yanabilen bir lambanın örneğin, yatay konumda yakılması durumunda, tüp içindeki gazların ısınarak hafiflemesinden ötürü yukarı doğru eğilerek yay biçimini alan boşalma yayı, tüpün merkezine doğru hareket eden sıvı metal tuzlarından uzaklaşarak tuzların soğumasına neden olur. Bu durumda, buhar basıncı, dolayısıyla üretilen ışık akısı da azalır. Ayrıca boşalma yayı, boşalma tüpünün bu yöndeki ampul ısınısını artırır. Tüp üzerinde oluşan bu ısısal artış, lamba ömrünü ortalama %25 oranında azaltır. Metalik halojenürlü lambalarda kullanılan boşalma tüpleri, lambaların yanma konumları esas alınarak dört ayrı biçimde üretilmektedirler.

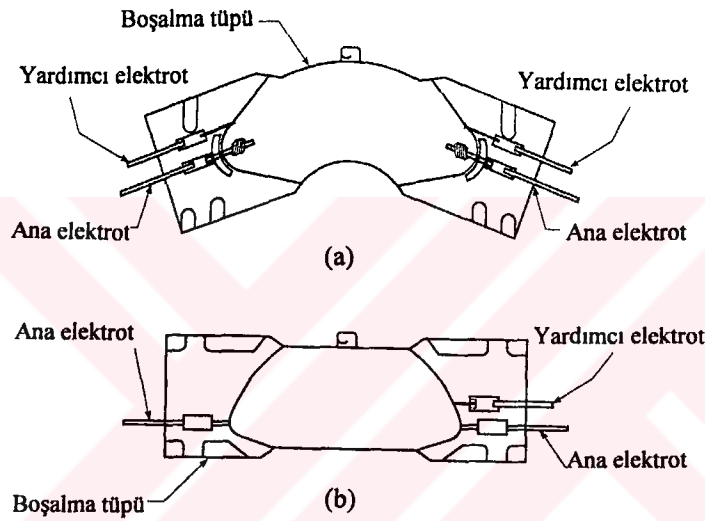
Yay biçimli boşalma tüpü (*bowed arc tube*) ve asimetrik boşalma tüpü (*asymmetric arc tube*)

Yay biçimli ve asimetrik boşalma tüpleri, yatay konumda kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Yay biçimli boşalma tüpü, yatay konumda, boşalma yayının tüp içindeki gazların ısınarak hafiflemesinden ötürü yukarı doğru oluşturduğu yay esas alınarak aynı oranda yukarı doğru yay biçiminde yapılmıştır ve tüpün iki ucunda birer yardımcı ile birer ana elektrot bulunur. (Şekil 6.13 (a)) Tüpün bu biçimi, içindeki kimyasal maddelerin belli bir bölgede toplanmasını önler. Asimetrik boşalma tüpünde ise bir yardımcı elektrot ile iki ana elektrot bulunur ve elektrotlar, boşalma yayının tüp merkezine değin eğileceği düşünülerek, merkezden daha aşağıdaki bir düzeyde tutulmuştur. (Şekil 6.13 (b)) Bu iki tip boşalma tüpünün kullanıldığı lambalarda, yatay konumda yakılan öteki boşalma tüplerine oranla lamba ömrü (~%33) daha uzun ve ışık akısı (~%25) daha yüksektir (IESNA, 2000).

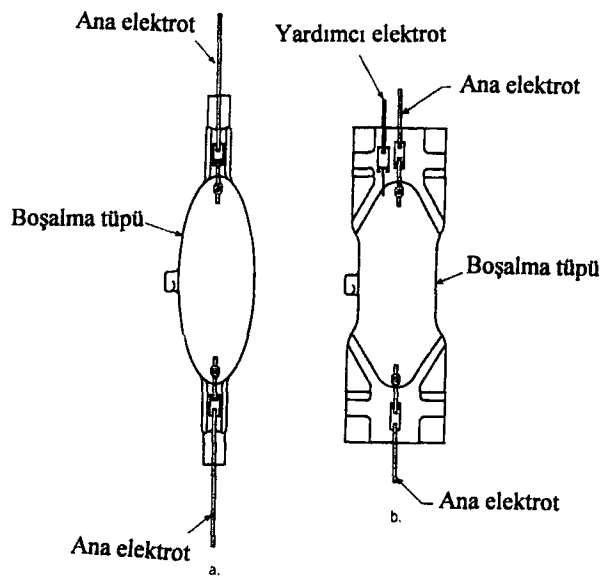
Elipsoit boşalma tüpü (*ovoid arc tube*) ve daraltılmış boşalma tüpü (*pinched body arc tube*)

Basınçlı gaz kullanılarak biçimlendirilen ve her konumda çalışmaya uygun olan bu tüpler, yapım tekniğinden dolayı, daha kolay ve hatasız üretilebilmektedir. Daraltılmış boşalma tüpünde elektrotların bulunduğu gizli bölümler geniştir (Şekil 6.14 (a)) ve iki ana elektrotla

birlikte bir yardımcı elektrot bulunur. Elipsoit boşalma tüpünde elektrotların bulunduğu bölmeler daha küçüktür (Şekil 6.14 (b)). Bundan dolayı, metal tuzlarının niceliğinde ve tüp ısısındaki azalma, daraltılmış tüpte olduğundan daha düşüktür. Tüp içinde ana elektrotlarla birlikte ayrıca bir yardımcı elektrot bulunmaz. Buna bağlı olarak, lambanın başlaması için gerekli yüksek gerilim (genellikle min. 3000 V), bir ateşleyici kullanılarak, doğrudan ana elektrotlar aracılığı ile uygulanır. Ateşleyici, lambanın daha hızla çalışmaya başlamasını ve tüp basıncının artmasını sağlar. Basıncın artması ile, tüp çeperinde birikerek ışık akısının zamanla azalmasına yol açan tungsten maddesinin buharlaşması yavaşlar. Elipsoit tüpün her yanındaki ısı hemen hemen birbirine eşittir ve bu durum, elektrikli boşalmayı olumlu etkiler. Elipsoit tüp içindeki metal tuzları, daraltılmış tüplerdekine oranla yaklaşık üç kat daha hızlı ısınır.



Şekil 6.13 Yay biçimli (a) ve asimetrik (b) boşalma tüpleri (IESNA, 2000).



Şekil 6.14 Elipsoit (a) ve daraltılmış (b) boşalma tüpleri (IESNA, 2000).

▪ Elektrotlar

Metalik halojenürlü lambaların çoğunda iki ana ve bir yardımcı elektrot bulunur. Yalnız elipsoit boşalma tüplerinde yardımcı elektrot yoktur. Ana elektrotlar yüksek basınçlı civa buharlı lambalarda olduğu gibi tungsten bir çubuğun ucuna, elektron yayıcı bir madde emdirilmiş bir tungsten bobin bağlanmasıyla elde edilir. Lambanın çalışmaya başlamasına yardımcı olan elektrotun özellikleri de temelde aynı olup, yapımında tungsten ya da molibden kullanılır. Çoğu metalik halojenürlü lambada yardımcı elektrot, lambanın başlaması için yeterli değildir.

▪ Dış Ampul

Metalik halojenürlü lambaların çoğunda bir dış ampul bulunmakla birlikte, koruyucu dış ampulü olmayan lamba türleri de vardır. Bu lambalarda dış ampul, elipsoit (ovoid) veya tüp biçimindedir. Tek dipli lambalarda ampul, tüp ya da elipsoit biçimindedir ve civa buharlı lambalarda olduğu gibi sert camdan yapılır. Çift dipli olanlarda ise dış ampul tüp biçimindedir ve kuvarstan yapılır. Ampulsüz lambalar tüp şeklindedir. Elipsoit ampulü lambalar saydam ya da kaplamalı olabilirken, tüp ampullü olanların çoğu saydamdır. Öte yandan metal tuzlar, çok az oranda morüstü ışınım üretirler. Bunlar genelde uzun dalga boylu morüstü ışınımlardır ve görünür ışınım dönüşme olanakları oldukça sınırlıdır. Işık üretimindeki en büyük pay metal tuzlarına aittir. Bu nedenle, tüp ampullü lambaların tümü ve elipsoit ampullü lambaların çoğu saydam camdan yapılır. Metalik halojenürlü lambalarda dış ampulün genişliği 19 - 165 mm, uzunluğu ise 84 - 482 mm arasındadır.

▪ Dış Ampul Kaplaması

Kimi metalik halojenürlü elipsoit ampullü lambaların ampul iç yüzeyi, renksel geriverimi yükseltmek, ışık kaynağı boyutunu büyütmek ya da boşalma tüpünün yüksek ışıklılığını azaltmak amacıyla, beyaz renkte ve ışığı yayıcı bir tür fosfor ile kaplanır.

▪ Doldurulan Gazlar

Metalik halojenürlü lambanın boşalma tüpünde, belirli miktar civa ile birlikte asal gaz olarak neon-argon ya da kripton-argon gazlarının karışımları ve çeşitli metal tuzları bulunur. Işık üretiminin büyük bölümünü metal tuzları gerçekleştirir. Dış ampul içine konulan gazlar, boşalma tüpünde bulunan gazlara göre belirlenir. Boşalma tüpü neon-argon gaz karışımı ile dolu olan lambanın dış ampulü içine boşalma tüpü içindeki ve dışındaki neon gazı basıncının eşit olması gerektiği için, yine neon gazı konur. Boşalma tüpü kripton-argon gaz karışımı ile

dolu olan bir metalik halojenürlü lambanın dış ampulü içine ise, nitrojen gazı konur ya da ampulün havası tamamen boşaltılır.

▪ Lamba Dipleri

Metalik halojenürlü lambalar, tek ya da çift dipli olabilirler. Tek ve çift sonlu lambalarda kullanılan dipler birbirlerinden farklıdır. Tek dipli lambalarda E27, E40 (vidalı), G12, PG12-2 (çift pinli) ve fişli dip, çift dipli lambalarda Rx7S, Rx7S-24, FC2, SFC20-6 ve kablolu dipler kullanılır (Şekil 5.2).

▪ Ek Parçalar

Ateşleyici (ignitor)

Metalik halojenürlü lambalarda, lambanın başlaması için 3-5 kV arasında bir yüksek gerilim gereklidir. Boşalma tüpünde bulunan yardımcı elektrot, çoğu zaman bu gerilimi sağlamak için yeterli değildir ve bir ateşleme elemanı kullanmak gerekir. Günümüzde, başlıca dört tip ateşleyici kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygın kullanılanları elektronik ateşleyici (*electronic ignitor*) ve ateşleme atımı için bir durultucu bobini kullanan paralel ateşleyici (*parallel ignitor; impulser*)' dir. Öteki, durultucu bobinlerinden bağımsız bir transformatör bulunduran seri ateşleyici (*series ignitor; superimposed*)' dir. Sonuncusu ise lamba uçlarına doğrudan, daha düşük bir gerilim sağlayan çift tel ateşleyici (*two-wire ignitor*)' dir.

Durultucu (Ballast)

Tüm metalik halojenürlü lambalar bir durultucu ile birlikte kullanılır. Bu lambalar ile birlikte kullanılan çeşitli durultucu devreleri vardır. Durultucu seçimi, bulunulan bölgedeki şebeke gerilimine ve lamba gücüne bağlı olarak yapılır. Örneğin 150 W gücün üzerindeki lambalar için Amerika' da kullanılan durultucu tipi "lead peaked ototransformatörü" (*lead peaked autotransformer*)' dür. Şebeke geriliminde olabilecek $\pm \%10$ ' luk bir değişimde, lambanın, gücünde $\pm \%7-10$ ' luk bir değişimle çalışmasına izin veren bu durultucunun, iyi bir gerilim düzenleyicisi olduğu söylenebilir. Şebeke geriliminin daha yüksek olduğu Avrupa ve öteki bir çok ülkede ise yaygın olarak kullanılan durultucu, bir ateşleyici ile birlikte çalışan "lag reaktör" (*lag reactor*)' dür.

175 W gücün altındaki metalik halojenürlü lambalar için en yaygın olarak kullanılan durultucu tipi, bir "lag reaktör" ya da "yüksek tepkili otodönüştürücü" (*high reactance autotransformer*)' dür (Bölüm 6). Devreye genelde güç düzeltici bir kondansatör eklenir.

Reaktör kullanıldığında, gerilimdeki $\pm \%5$ ' lik bir değişme, lamba gücünde $\pm \%12$ ' lik bir değişimle sonuçlanır. Metalik halojenürlü lambalarda kullanılan öteki durultucu devreleri şunlardır:

- Çift Lamba Lead-lag Devresi (*Two-lamp lead-lag circuit*)
- İki Düzeyli Civa Durultucusu (*Two-level mercury ballast*)
- Yüksek Frekanslı Elektronik durultucu (*High frequency electronic ballast*)

Açıklama için Bölüm 6 ve 4' e bakınız.

6.3.2 Çalışma Koşulları

Metalik halojenürlü lambaların boşalma tüpünde civa ve asal gazlara ek olarak metal tuzları (iyot grubu) bulunur. Lamba normal çalışma sıcaklığına eriştiğinde, metal tuzları kısmen buharlaşır, daha sonra tüpün sıcak merkezine ulaşan tuz buharları metal ve halojen olarak ayrılırlar. Ayrılan metaller ısısal ışımaya yaparlar. Bu ışınım, ısılaşır civa buharının ışınımına eklenir ve civa buharının tektürel (monokromatik) tayfsal yapısını sürekli, ancak düzgün olmayan bir tayfa dönüştürür. Halojen ve metal atomları, tüpün daha soğuk bölgelerine geldiklerinde tekrar birleşirler ve bu dönüşüm sürekli tekrarlanır. Rejime girme süresi lamba türlerine göre yaklaşık 1-2 dakika arasındadır. Söndükten sonra tekrar yanması için geçen süre ise 5-15 dakika arasında değişir (Philips Lighting Manuel, 1993; CIBSE, 1994).

Boşalma tüpünde metal tuzlarının kullanılmasının olumlu yanı, metal tuzlarının, boşalma tüpünün normal çalışma ısısında saf metallere göre daha kolay buharlaşabilmeleridir. Bu da, normal çalışma sıcaklığında istenilen özellikte ışımaya yapan metalin, boşalmaya katılabilmesini sağlar. Bunun yanı sıra, çalışma sırasında boşalma tüpü içindeki metal tuzlarının tümüyle buharlaşmamasından ötürü boşalma tüpünde oluşan ısı artışı, ışık rengini ve lamba ömrünü olumsuz etkiler. Metalik halojenürlü lambalarda kullanılan metal tuzları,

- üç bant ışıyıcıları (*three band colour radiators*),
- çok çizgili ışıyıcılar (*multi-line radiators*),
- moleküler ışıyıcılar (*molecular radiators*)

olmak üzere üç tür ışıyıcıdan oluşur. Her bir ışıyıcı için kullanılan metal tuzu karışımları Çizelge 6.4' te gösterilmiştir.

6.3.3 Işık Rengi

Lambadan yayımlanan ışık, metal tuzlarının ısınması, buharlaşması ve boşalmaya katılması için geçen süre içinde renk değiştirir. Isısal dengeye erişildiğinde ışık rengi de değişmez olur. Metalik halojenürlü lambaların ışık rengi, büyük ölçüde kullanılan metal tuzlarına bağlıdır. Farklı metal tuzları ve bunların karışımları ile çeşitli renk sıcaklıklarında ve renksel geriverim değerinde lambalar elde edilebilmektedir. Metalik halojenürlü lambaların renksel geriverim indeksleri 65-90 arasında ve renk sıcaklıkları 2900 - 6100 K arasında değişmektedir.

Çizelge 6.4 Metalik halojenürlü lambalarda kullanılan metal tuzları (Philips lighting manuel, 1993)

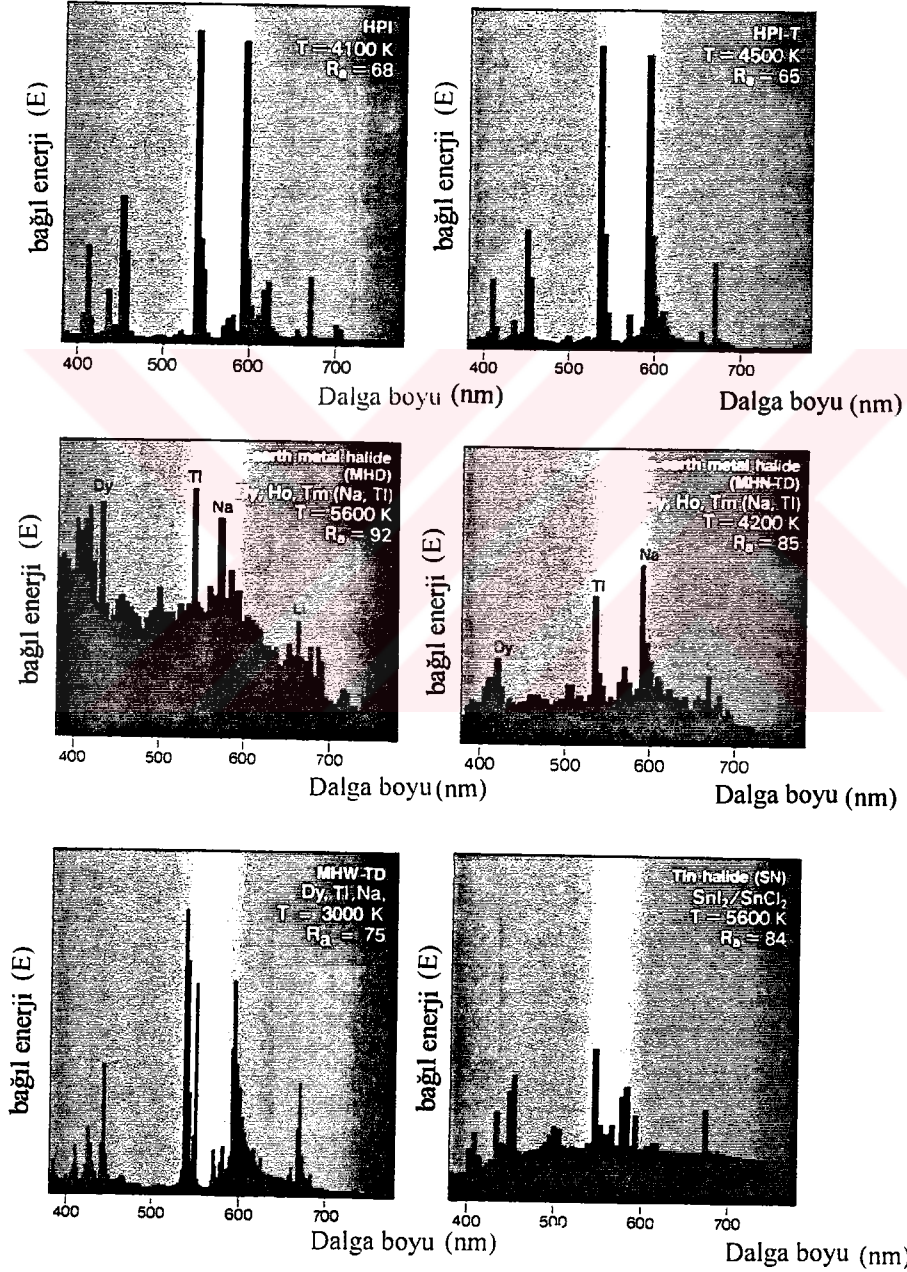
Işık türü	Metal tuzları	Ra	Renk sıcaklığı (K)
Üç bant ışık	In, Tl, Na	65-68	4100-4500
Çok çizgili ışık	Dy, Ho, Tm	92	5600
	Tl, Na	85	4200
	Dy, Tl, Na	75	3000
Moleküler ışık	SnCl ₂ / SnI ₂	85	5500

Metalik halojenürlü lambaların ışık renkleri, renk sıcaklıklarına göre aydınlatma literatüründe başlıca dört grupta toplanmaktadır:

- Sıcak beyaz; renk sıcaklığı 3000 K ve altında olanlar,
- Ilık beyaz; renk sıcaklığı 3000 - 3300 K arasında olanlar,
- Soğuk –doğal– beyaz; renk sıcaklığı 3300 - 5000 K arasında olanlar,
- Gün ışığı beyazı; renk sıcaklığı 5000 K' nin üzerinde olanlar (Osram Aydınlatma Ürünleri Kataloğu)

Metalik halojenürlü lambalar, yüksek basınçlı boşalmalı lambalar arasında, renksel geriverim ve ışıksal verim dengesi en iyi kurulmuş olan lamba türüdür. Dış ampulün iç yüzeyine uygulanan fosforlar ayrıca, renksel geriverimin yükselmesine de neden olurlar. Bu fosforlar, lambanın renk sıcaklığını yaklaşık 300 K düşürmektedirler. Metalik halojenürlü lambaların tayfları sürekli, ancak düzgün değildir. Metalik halojenürlü kimi lamba türlerinin ışık tayfları Şekil 6.15' te gösterilmiştir.

Renksel açıdan en önemli olumsuz yanları, aynı tip lambalar arasında görülebilen ışık rengi ayrımlarıdır. Bu ayrımlar, şebeke gerilimine ve kullanılan durultucunun özelliklerine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, lamba ışığının, yanma süresine bağlı olarak renk değiştirmesi de söz konusudur.



Şekil 6.15 Metalik halojenürlü kimi lamba türlerinin ışık tayfları (Philips Lighting Manuel, 1993)

6.3.4 Lamba Türleri

Metalik halojenürlü lamba türlerinin başlıcaları Çizelge 6.5, 6.6, 6.7 ve 6.8’ de gösterilmiştir. Çizelgede, Osram ve Philips firmalarının ürünlerine yer verilmiş, ortak olmayan özelliklerin hangi firmalara ait olduğu üst indislerle belirtilmiştir.

6.3.5 Öteki Özellikler

▪ Işık Akısı

Metalik halojenürlü lambaların yayımladıkları ışık akısı niceliği, lamba gücüne bağlı olarak, 3400 - 320000 lümen arasında değişmektedir.

▪ Lamba Gücü

Metalik halojenürlü lambaların güçleri 35 - 3500 Watt arasında değişmekte iken, durultuculu güç gereksinimleri 48 - 3650 Watt arasındadır.

▪ Işık Verimi

Metalik halojenürlü lambaların ışık verimi 67 lm/W ile 113 lm/W arasında değişmektedir.

▪ Yanma Konumu

Çoğu metalik halojenürlü lambanın özel çalışma konumu vardır ve lambanın ömrü ve renk özelliklerinin korunması açısından, doğru konumda çalıştırılması çok önemlidir. Önerilen yanma konumuna uyulmadığında ışık renginin değişmesi ve lamba ömrünün kısalması kaçınılmazdır. Bu lambalarda boşalma tüpleri, lambanın yanma konumuna göre farklı özelliklerde üretilmiştir. Metalik halojenürlü lambaların yanma konumları, Çizelge 6.5, 6.6, 6.7 ve 6.8’ de belirtilmiştir.

Çizelge 6.5 Metalik halojenlülü lamba türleri (Philips ve Osram Aydınlatma Ürünleri Katalogları).

Lamba türü	Ampul biçimi- özellği	Dip	Güç (W)	Durul'lu güç (W)	Işık akısı (lm)	Verim (lm/W)	Renk sıcaklığı (K)	Renksel geriver. sınıfı	Ra Renksel Geriver. indeksi	Renk izlenimi	Lamba genişliği (mm)	Lamba uzunluğu (mm)	Işıklılık (cd/cm ²)
HQI-E ¹	Elipsoit- saydam	E 27 ¹	70 ¹	89 ¹	5200 ¹	74 ¹	4000 ¹	1B ¹		Soğuk beyaz ¹	54 ¹	141 ¹	1600 ¹
				96 ¹	5500 ¹	79 ¹	3200 ¹	1B ¹		Ilık beyaz ¹	54 ¹	141 ¹	1500 ¹
		E 27 ¹	100 ¹	115 ¹	7800 ¹	78 ¹	4000 ¹	1B ¹		Soğuk beyaz ¹	54 ¹	141 ¹	1800 ¹
				115 ¹	8500 ¹	85 ¹	3000 ¹	1B ¹		Sıcak beyaz ¹	54 ¹	141 ¹	1700 ¹
		E 27 ¹	150 ¹	170 ¹	11400 ¹	76 ¹	4000 ¹	1B ¹		Soğuk beyaz ¹	54 ¹	139 ¹	
HQI-E ¹ HPI ^{2***}	Elipsoit- kaplanmış	E 40 ^{1***}	400 ¹	420 ¹	45000 ¹	113 ¹	3800 ¹	2A ¹		Soğuk beyaz ¹	120 ¹	290 ¹	
		E 27 ¹	70 ¹	96 ¹	4900 ¹	70 ¹	3100 ¹	1B ¹		Ilık beyaz ¹	54 ¹	141 ¹	21 ¹
				89 ¹	4900 ¹	70 ¹	3800 ¹	1B ¹		Soğuk beyaz ¹	54 ¹	141 ¹	25 ¹
		E 27 ¹	100 ¹	115 ¹	8000 ¹	80 ¹	2900 ¹	1B ¹		Sıcak beyaz ¹	54 ¹	141 ¹	28 ¹
				115 ¹	7300 ¹	73 ¹	3800 ¹	1B ¹		Soğuk beyaz ¹	54 ¹	141 ¹	30 ¹
		E27 ¹	150 ¹	170 ¹	12000 ¹	80 ¹	2900 ¹	1B ¹		Sıcak beyaz ¹	54 ¹	139 ¹	
				170 ¹	10500 ¹	70 ¹	3800 ¹	1B ¹		Soğuk beyaz ¹	54 ¹	139 ¹	
		E40	250	275 ¹	19000 ¹ 17000 ²	76 ¹ 68 ²	5200 ¹ 4300 ²	1A ¹	65 ²	Gün ışığı ¹	90 ¹ 91 ²	226	20 ¹
		E40 ^{1****}	400 ¹	460 ¹	32000 ¹	76 ¹	5900 ¹	1A ¹		Gün ışığı ¹	120 ¹	290 ¹	17 ¹
				460 ¹	43000 ¹	107 ¹	3800 ¹	2A ¹		Soğuk beyaz ¹	120 ¹	290 ¹	
HQI-E ¹ HPI-BUS ^{2*} HPI-BU ^{2***2}	Elipsoit- kaplanmış	E40 ²	400 ²		26600 ²	67 ²	4700 ²	2B ²	65 ²		122 ²	290 ²	
		E40 ^{1**}	1000	1065 ¹	90000 ¹	90 ¹	4700 ¹	2B ¹		Soğuk beyaz ¹	165 ¹	380 ¹	23 ¹
		E40	400	460 ¹	34000 ¹ 32500 ²	85 ¹ 81 ²	3600 ¹ 4300 ²	2B	65 ²	Soğuk beyaz ¹	120 ¹ 122 ²	290	

¹ Osram ürünleri ² Philips ürünleri

* Ateşleme cihazına gerek yoktur, yanma konumu p 5'tir.

** Yanma konumu: h 45'tir.

*** Yanma konumu p 5'tir.

**** Sodyum buharlı lamba (NAV)¹ balastı ile çalıştırılabilir.

Çizelge 6.6 Metalik halojenürlü lamba türleri (Philips ve Osram Aydınlatma Ürünleri Katalogları).

Lamba türü	Ampul biçimi-özelligi	Dip	Güç (W)	Durul'lu güç (W)	Işık akısı (lm)	Verim (lm/W)	Renk sıcaklığı (K)	Renkssel geriver. sınıfı	Ra Renkssel Geriver. indeksi	Renk izlenimi	Lamba genişliği (mm)	Lamba uzunluğu (mm)	Işıklılık (cd/cm ²)
HQI-T ¹ MHN-T ²	Tüp-Saydam	G12 ^{1*}	70 ¹	91 ¹	5500 ¹	79 ¹	4200 ¹	1B ¹		Soğuk beyaz ¹	25 ¹	84 ¹	5300 ¹
		G12 ^{1*} PG12 ²	70	91 ¹	5200 ¹ 5100 ²	74 ¹ 73 ²	3000 ¹	1B ¹	>80 ²	Sıcak beyaz ¹	25 ¹ 32 ²	84 ¹ 149 ²	5000 ¹
		G12 ^{1*}	150 ¹	170 ¹	12500 ¹	83 ¹	4200 ¹	1B ¹		Soğuk beyaz ¹	25 ¹	84 ¹	8300 ¹
		G12 ^{1*} PG12 ²	150	170 ¹	12000 ¹ 11000 ²	80 ¹ 73 ²	3000 ¹	1B ¹	>80 ²	Sıcak beyaz ¹	25 ¹ 37 ²	84 ¹ 149 ²	8000 ¹
		E40	250	275 ¹	20000 ¹ 17000 ²	80 ¹ 68 ²	5300 ¹ 4600 ²	1A ¹ 2B ²	65 ²	Gün ışığı ¹	46 ¹ 46.5 ²	225 ¹ 257 ²	1100 ¹
HQI-T ¹ HPI-T ^{2****}	Tüp-Saydam	E40	400	420 ¹	34000 ¹ 30500 ²	85 ¹ 76 ²	3800 ¹ 4500 ²	2B	65 ²	Soğuk beyaz ¹	46 ¹ 46.5 ²	275 ¹ 283 ²	
		E40 ¹	400 ¹	400 ¹						Mavi			
				400 ¹						Yeşil			
		E40	1000	1065 ^{1**}	80000 ¹ 82000 ²	80 ¹ 82 ²	6000 ¹ 4300 ²	1A ¹ 2B ²	65 ²	Gün ışığı ¹	76 ¹ 66 ²	340 ¹ 382 ²	810 ¹
		E40	2000	2070 ^{1**}	210000 ¹ 189000 ²	105 ¹ 95 ²	4500 ¹ 4900 ²	2B	65 ²	Soğuk beyaz ¹	100 ¹ 101.5 ²	430	530 ¹
HQI-T ¹ Super	Tüp-Saydam	E40 ^{1***}	2000	2070 ¹	200000 ¹	100 ¹	4500 ¹	2B ¹		Soğuk beyaz ¹	100 ¹	430 ¹	530 ¹
		E40 ¹	3500	3650 ^{1**}	320000 ¹	91 ¹	6000 ¹	1A ¹		Gün ışığı ¹	100 ¹	430 ¹	880 ¹
		E40 ¹	2000	2080 ¹	240000 ¹	120 ¹	4000 ¹	2B ¹		Soğuk beyaz ¹	100 ¹	430 ¹	800 ¹
		E 40 ¹	400 ¹	400 ¹ 460 ^{1*****}	25000 ¹ 32000 ¹	69 ¹ 76 ¹	6100 ¹ 5200 ¹	1A ¹ 1A ¹		Gün ışığı ¹ Gün ışığı ¹	62 ¹ 62 ¹	275 ¹ 275 ¹	650 ¹ 1400 ¹

¹ Osram ürünleri ² Philips ürünleri

* UV etkisi azaltılmıştır.

** Yanma konumu: p 65'tir.

*** Ateşleme cihazına gerek yoktur.

**** Yanma konumu: p 5'tir.

***** Sodyum buharlı lamba (NAV)¹ balastı ile çalıştırılabilir.

Çizelge 6.7 Metalik halojenürtü lamba türleri (Philips ve Osram Aydınlatma Ürünleri Katalogları).

Lamba türü	Ampul biçimi-özelligi	Dip	Güç (W)	Durul'lu güç (W)	Işık akısı (lm)	Verim (lm/W)	Renk sıcaklığı (K)	Renksel geriver. sınıfı	Ra Renksel Geriver. indeksi	Renk izlenimi	Lamba genişliği (mm)	Lamba uzunluğu (mm)	Işıklılık (cd/cm ²)
HQI-R ¹	Kristal konik yansıtıcı	Fiş ¹	150 ¹	170 ¹	11000 ¹	73 ¹	4200 ¹	1B ¹		Soğuk beyaz ¹	95 ¹	120 ¹	
HQI-TS ^{1*} MHN-TD ² İki dipli	Tüp-Saydam	RX7s	70	89 ¹	5500	79	4000 ¹	1B ¹	>80 ²	Soğuk beyaz ¹	20 ¹ 21 ²	114.2 ¹ 119.63 ²	1650 ¹
		RX7s ¹	70 ¹	95 ¹ 94 ¹	5000 ¹ 5000 ¹	71 ¹ 71 ¹	5200 ¹ 3000 ¹	1B ¹ 1B ¹		Gün ışığı ¹ Sıcak beyaz ¹	20 ¹ 20 ¹	114.2 ¹ 114.2 ¹	1500 ¹ 1500 ¹
		RX7s-24	150	89 ¹	11250 ¹ 12100 ²	75 ¹ 81 ²	4200 ¹	1B ¹	>80 ²	Soğuk beyaz ¹	23 ¹ 24 ²	132 ¹ 137.4 ²	1500 ¹
		RX7s-24 ¹	150 ¹	170 ¹ 170 ¹	11000 ¹ 11000 ¹	73 ¹ 73 ¹	5200 ¹ 3000 ¹	1B ¹ 1B ¹		Gün ışığı ¹ Sıcak beyaz ¹	23 ¹ 23 ¹	132 ¹ 132 ¹	1500 ¹ 2400 ¹
		Fc2	250	275 ¹	20000 ¹ 19500 ²	80 ¹ 78 ²	4200 ¹	1B ¹	>80 ²	Soğuk beyaz ¹	25 ¹ 27.5 ²	163 ¹ 161.6 ²	1350 ¹
		Fc2 ¹	250 ¹	275 ¹	20000 ¹	80 ¹	5100 ¹	1A ¹		Gün ışığı ¹	25 ¹	163 ¹	1500 ¹
		Fc2 ¹	400 ¹	385 ¹	28000 ¹	80 ¹	5600 ¹	1A ¹		Ilık beyaz ¹	25 ¹	163 ¹	1600 ¹
		Fc2 ¹	400 ¹	440 ¹	35000 ¹	88 ¹	4200 ¹	1B ¹		Gün ışığı ¹	31 ¹	206 ¹	1100 ¹
		RX7s ²	70 ²		5000 ²	71 ²			>80 ²	Soğuk beyaz ¹	31 ¹	206 ¹	1200 ¹
		RX7s-24 ²	150 ²		13000 ²	87 ²			>80 ²		21 ²	119.63 ²	
HQI-TS ^{1*} MHD-TD ² ** İki dipli	Ampulsüz Kısa arklı	Kablo	2000	2030 ¹	200000 ¹ 190000 ²	103 ¹ 95 ²	5800 ¹ 5600 ²	1A ¹ 1B ²	80 ²	Gün ışığı ¹	36 ¹ 40 ²	187 ¹ 482 ²	7000 ¹
MHN-TD ² **İki dipli	Ampulsüz Kısa arklı	Kablo ¹	1000	1065 ¹ 1065 ¹	95000 ¹ 90000 ¹	95 ¹ 90 ¹	5900 ¹ 4200 ¹	1A ¹ 1B ¹		Gün ışığı ¹ Soğuk beyaz ¹	36 ¹ 36 ¹	187 ¹ 187 ¹	2600 ¹
		Kablo ²	2000		220000 ²	110 ²	5600 ²	1B ²	80 ²		40 ²	482 ²	

¹ Osram ürünleri ² Philips ürünleri

*Sıcak lamba özel ateşleme cihazı ile hemen tekrar ateşlenebilir. UV etkisi azaltılmıştır ve yanma konumu: p45'tir.

**Yanma konumu: p 15 ve UV etkisi azaltılmıştır.

Çizelge 6.8 Metalik halojenürlü lamba türleri (Philips ve Osram Aydınlatma Ürünleri Katalogları).

Lamba türü	Ampul biçimi-özelliği	Dip	Güç (W)	Durul'lu güç (W)	Işık akısı (lm)	Verim (lm/W)	Renk sıcaklığı (K)	Renksel geriver. sınıfı	Ra Renksel Geriver. indeksi	Renk izlenimi	Lamba genişliği (mm)	Lamba uzunluğu (mm)	Işıkılık (cd/cm ²)
MHD ² *** İki dipli	Ampulsüz Kısa arklı	SFc20-6 ²	1800		160000 ²	89 ²	5600 ²	1A ²	90 ²		39.5 ²	365 ²	
HCl-T ¹ * CDM-T ² *	Tüp- Saydam	G12	35	48 ¹	3400	97	3000	1B ¹	>80 ²	Sıcak beyaz ¹	19	100 ¹ 90 ²	2800 ¹
		G12	70	88 ¹	6600 ¹ 6400 ²	94 ¹ 91 ²	3000	1B ¹	83 ²	Sıcak beyaz ¹	19	100 ¹ 90 ²	3100 ¹
		G12	150	167 ¹	14000 ¹ 13500 ²	93 ¹ 90 ²	3000	1B ¹	85 ²	Sıcak beyaz ¹	19	105 ¹ 90 ²	
HCl-TS ¹ * CDM-TD ² * İki dipli	Tüp- Saydam	RX7s	70	86 ¹ ***	6300	90	3000	1B ¹	>80 ²	Sıcak beyaz ¹	21	114 ¹ 119.6 ²	
		RX7s-24	150	167 ¹ **	13500	90	3000	1B ¹	>80 ²	Sıcak beyaz ¹	24	132 ¹ 135.4 ²	
CDM-R ² *	Konik	E 27 ²	35 ²				3000 ²		>80 ²		65 ²	95-125 ²	
	Yansıtıcı	E 27 ²	35 ²				3000 ²		>80 ²		97 ²	95-125 ²	

¹ Osram ürünleri ² Philips ürünleri

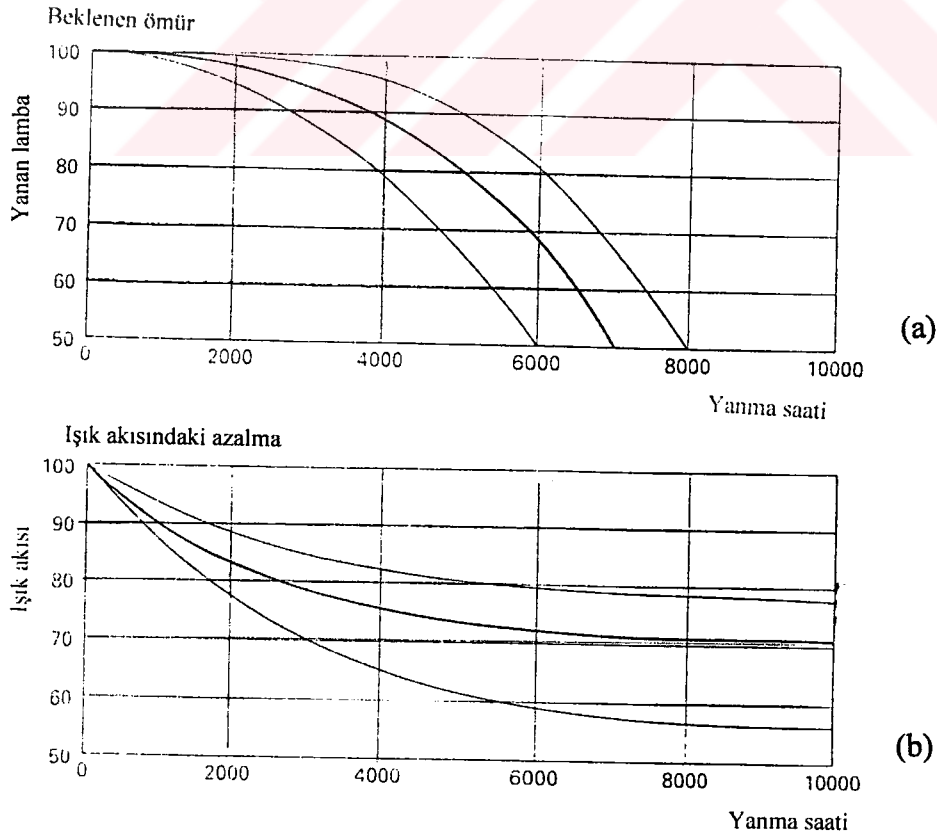
*Boşalma tüpü seramiktir, UV etkisi azaltılmıştır.

**Yanma konumu: p 45 UV etkisi azaltılmıştır.

***Yanma konumu: p 5 ve UV etkisi azaltılmıştır.

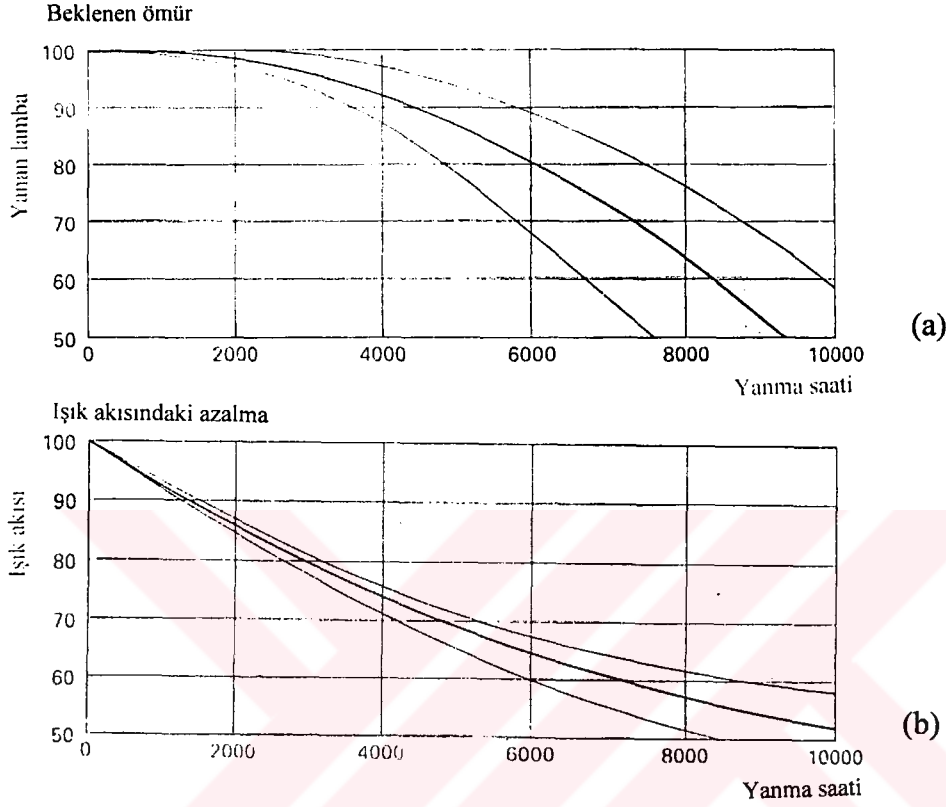
■ Ömür ve Işık Akısında Azalma

Metalik halojenürlü bir lambada bulunan metal tuzları ve civa buharlı lamba elektrotlarındaki elektron yayıcı maddeler arasında oluşan kimyasal tepkimeler, bu lambada, yüksek basınçlı civa buharlı lambadaki civa elektrotlarının kullanılmasını önler. Metalik halojenürlü lambada kullanılan elektrotlar, civa buharlı lamba elektrotlarından daha hızlı buharlaşır. dolayısıyla ömürleri daha kısadır. Ayrıca, öteki yüksek basınçlı boşalmalı lambalarda olduğu gibi tam ışık verimine ulaşma süresi içindeki elektrotlardaki aşınma, lambanın normal çalışma süresi içinde olduğundan daha hızlıdır. Yani lambanın ömrü boyunca, açılıp kapanma sayısı arttıkça lamba ömrü de kısalmır. Örneğin, 5 saatte bir yeniden yakılan bir lambanın ömrü sürekli çalışan bir lambaya göre beş kat daha hızlı azalır. Bununla birlikte, çok uzun süreli kullanımların da lamba üzerinde olumsuz etkileri olabilir ve kimi önlemler almak gerekir. Haftanın her günü, 24 saat boyunca yanan bir metalik halojenürlü lambada boşalma tüpünün kırılabilirliğinin artma olasılığı söz konusudur. Böyle bir durumda, örneğin lambanın haftada bir kez 15 dakika süreyle kapatılması bu olasılığı azaltır (Lindsey, 1991). Kimi metalik halojenürlü lamba türleri için beklenen ömür ve çalışma süresi içinde ışık akısında meydana gelen azalma, Şekil 6.16 ve 6.17' de gösterilmiştir.



Şekil 6.16 MHN-T 70 W (Philips) için, beklenen ömür (a) ve ışık akısındaki azalma (b) (Philips Lighting A.Ş. Dökümanları).

Şekil 6.16 incelendiğinde, örneğin, ölçün koşullarda test edilen lamba grubu içindeki lambaların, 6000 saat sonunda, % 32' sinin söndüğü, % 68' inin ise yanmaya devam ettiği; ışık akısının, nominal ışık akısının yaklaşık % 72' sine düştüğü görülmektedir.



Şekil 6.17 CDM-T 70 W (Philips) için, beklenen ömür (a) ve ışık akısındaki azalma (b) (Philips Lighting A.Ş. Dökümanları).

Şekil 6.17 incelendiğinde, örneğin, ölçün koşullarda test edilen lamba grubu içindeki lambaların, 6000 saat sonunda, % 80' inin yanmaya devam ettiği; ışık akısının, nominal ışık akısının yaklaşık % 64' üne düştüğü görülmektedir.

Metalik halojenürlü lambalar, şebeke gerilimindeki değişimlerden ve yanlış yanma konumlarında çalıştırılma durumundan etkilenirler. Gerilimin çok düşmesi –yükselmesi- ve önerilen yanma konumlarının dışında uygulamalar lamba ömrünün azalmasına ve ışık renginin değişmesine neden olur. Öte yandan, bazı metalik halojenürlü lambalar doğru yanma konumlarında da kullanım süresi içinde önemli renk değişimlerine uğrayabilirler. Renksel algılamanın önemli olduğu ortamlarda, renk değişimi olumsuz bir düzeye ulaştığında, lambanın yararlanılabilir ömrü sona ermiş kabul edilir. Metalik halojenürlü lambaların yanma süreleri, 5600 - 13000 saat arasında değişmektedir (CIBSE, 1994).

▪ Çevre Etkisi

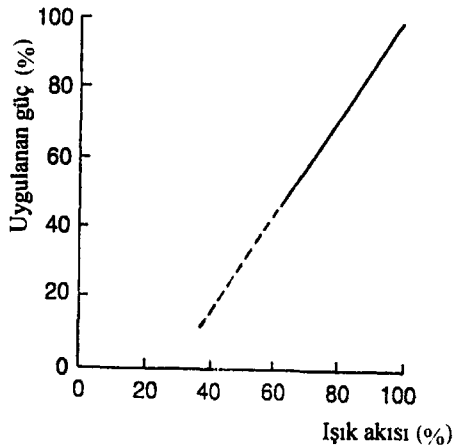
Dış ortam ısı değişimlerinin koruyucu dış ampullü metalik halojenürlü lambalar üzerindeki etkisi, yüksek basınçlı civa ve sodyum buharlı lambalarda olduğu gibidir. Yani, -20°C ' ye kadar olan dış ortam ısı değişimlerinin lambanın ışık verimine veya ömrüne etkisi oldukça azdır. Metalik halojenürlü lambalarda ayrıca bir ateşleyici kullanıldığından, çok düşük sıcaklıklarda yüksek basınçlı civa buharlı lambalarda görülen ateşleme problemleri de genellikle söz konusu değildir. Öte yandan, koruyucu dış ampulü olmayan tiplerinin 0°C ' nin altında çalıştırılmaları pek uygun olmaz. Özellikle hava hareketlerinin yoğun olduğu koşullarda ampulsüz lambalar, 0°C ' den düşük sıcaklıklarda tam verimle çalışamazlar.

▪ Dimmerleme

Metalik halojenürlü lambalar dimmerlenmeye karşı, öteki yüksek basınçlı boşalmalı lambalara göre daha duyarlıdır. Çoğu metalik halojenürlü lambada dimmerleme işleminin, pratikte gözlenebilen,

- ışık renginde sapma,
- ışık veriminde azalma,
- boşalma tüpü yüzeyinin kararması ile ışık akısında azalma,
- ampul ömründe kısalmama,
- ışık titremesi,

gibi bazı olumsuz yanları vardır. Düşük güçteki kimi saydam ampullü metalik halojenürlü lambaların ışık renkleri ve renksel geriverimlerinin, ışık akısının % 80' ini yayımlamaya başlamasından itibaren değişmeye başladığı görülür. Yüksek güçteki saydam ampullü lambalarda ise, yayımlanan ışık akısının yaklaşık % 60' a düşürülmesi durumunda, ışık rengi, yüksek basınçlı civa buharlı lamba özelliklerine benzer biçimde yeşilimsi maviye doğru değişmeye başlar. Fosfor kaplamalı lambalarda bu değişim daha azdır. Elektronik dimmer kullanılarak dimmerlenebilen metalik halojenürlü lambaların, özellikle renk konusunun önemli olduğu koşullarda dimmerlenmesi sakıncalı olabilmektedir.



Şekil 6.18 Dimmerlenen bir metalik halojenürlü lambada güç girişine karşılık yayımlanan ışık akısı oranı. (Kesik çizgi, algılanabilir renk değişim bölgesini göstermektedir.), (IESNA, 2000)

▪ Şebeke Gerilimindeki Değişimlerden Etkilenme

Metalik halojenürlü lambalar, şebeke geriliminde ortaya çıkan değişimlerden, öteki yüksek basınçlı boşalmalı lambalara oranla çok daha fazla etkilenirler. Gerilimde meydana gelebilecek $\pm \%10$ ' luk bir değişme, lambanın ışık renginde önemli değişmelere yol açabilir; düşük gerilim, ışık rengini genellikle yeşile doğru değiştirir, çok yüksek gerilim de lamba ömrünün kısılmasına neden olur.

▪ Stroboskopi Etkisi

Öteki yüksek basınçlı boşalmalı lambalarda olduğu gibi metalik halojenürlü lambalarda da stroboskopi etkisi söz konusudur. Gerektiğinde, ışık titreme indeksi 0.1 ve/ya da daha az olan sistemlerin kullanılması ya da lambanın üç ayrı faza bağlanması ile stroboskopi etkisi azaltılabilir. Bu etki, ayrıca, yüksek frekanslı elektronik durultucu kullanılarak da büyük oranda önlenabilir ya da tamamen yok edilebilir.

▪ Işık Titremesi (*Flicker*)

60 Hz frekanslı bazı durultucular ile çalıştırılan metalik halojenürlü lambalar için söz konusu ışık titreme indeksi değerlerindeki değişimler Çizelge 6.6' da gösterilmiştir.

Çizelge 6.9 Kimi metalik halojenürlü lambalar için ışık titreme indeksleri (IESNA, 2000)

Lamba Tipi	Durultucu	Işık Titreme İndeksi
250 W, yüksek renk kalitesi	Reaktör	0.080
250 W, yüksek renk kalitesi	Sabit güç ototransformatörü	0.102
175 W, kaplamalı	Sabit güç ototransformatörü	0.083
175 W, saydam, dikey konum	Sabit güç ototransformatörü	0.078
175 W, saydam, yatay konum	Sabit güç ototransformatörü	0.092
250 W, kaplamalı	Sabit güç ototransformatörü	0.070
250 W, saydam, dikey konum	Sabit güç ototransformatörü	0.102
250 W, saydam, yatay konum	Sabit güç ototransformatörü	0.121
400 W, saydam, dikey konum	Sabit güç ototransformatörü	0.086
400 W, saydam, yatay konum	Sabit güç ototransformatörü	0.095
1000 W, saydam, dikey konum	Sabit güç ototransformatörü	0.067

Işık titremesinin oluşması, yüksek frekanslı elektronik durultucuların kullanılması ile önlenabilir.

5. ve 6. bölümlerde temel özellikleri incelenen yüksek basınçlı boşalmalı lambalar, söz konusu özellikleri açısından aşağıda kısaca karşılaştırılmıştır.



7. YÜKSEK BASINÇLI BOŞALMALI LAMBALARIN TEMEL ÖZELLİKLERİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde, çalışma içinde ele alınan yüksek basınçlı boşalmalı lambalar, lamba seçiminde belirleyici olan verim, ömür, renk gibi temel özellikleri açısından karşılaştırılmıştır. Burada ayrıca, Osram ve Philips firmalarının söz konusu lambaları tanımlamak için kullandığı simgelere de yer verilmiştir.

7.1 Kullanılan Simgeler

Yüksek basınçlı boşalmalı lambaların değişik türleri için, Osram ve Philips firmalarınca kullanılan simgeler, Çizelge 7.1’ de gösterilmiştir.

Çizelge 7.1 Lambalar için kullanılan simgeler (Philips ve Osram aydınlatma ürün katalogları).

Lamba türü		Osram	Philips	
Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba	Klasik sodyum buharlı lamba	NAV	SON	
	Beyaz sodyum buharlı lamba	-	SDW	
	Sodyum ksenon lamba	DS, DSX	-	
Yüksek basınçlı cıva buharlı lamba		HQL	HPL	
Karışık ışıklı lamba		HWL	ML	
Metalik halojenürlü lamba	Kuars boşalma tüplü	Dış ampullü	HQI	HPI
		Dış ampullü, düşük gerilimde çalışır (87-98V)	HQI	MHN, MHW
		Dış ampulsüz	HQI	MHN, MHD
	Seramik boşalma tüplü		HCI	CDM

Lamba türünü gösteren temel simgelere, aynı türün ampul biçimi, kaplaması vb. açılardan farklı tipleri için başka simgeler de eklenmektedir. Belli bir lamba türünün tam olarak isimlendirilmesinde de buna benzer simgeler kullanılarak bir kodlama yapılır. Kimi yüksek basınçlı boşalmalı lambalara ilişkin simgelerin açıklamaları aşağıda verilmiştir.

- NAV-E¹, SON-E² (*diffuse elipsoidal outer bulb, single-ended*) kaplamalı elipsoit dış ampullü, tek dipli yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba.

- NAV-TS¹, SON-TD² (*clear tubular outer bulb, double-ended*) saydam tüp ampullü, iki dipli yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba.
- NAV-T Super¹ SON-T Plus² (*NAV-T, SON-T with increased efficacy*) verimi arttırılmış, saydam tüp ampullü, tek dipli yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba.
- SDW-TF² (*white SON, frosted tubular outer bulb, single-ended*) buzlu tüp ampullü, tek dipli yüksek basınçlı beyaz sodyum buharlı lamba.
- HQL¹, HPL-N² (*high pressure mercury with standard phosphor coated*) standart fosfor kaplamalı dış ampullü, yüksek basınçlı civa buharlı lamba.
- HQL De Luxe¹, HPL Comfort² (*high pressure mercury with improved color rendering -with special phosphor coated- and efficacy*) renksel geriverimi ve verimi arttırılmış -standart fosfor kaplamalı dış ampullü-, yüksek basınçlı civa buharlı lamba.
- ML-R¹, HWL-R² (*blended with internal reflector*) yansıtıcı karışık ışıklı lamba.
- HQI¹, HPI² (*clear or diffuse outer bulb, single-ended*) saydam ya da kaplamalı dış ampullü, tek dipli metalik halojenürlü lamba.
- HQI-TS¹, MHN-TD² (*double-ended tubular, low wattage, cool appearance*) düşük gerilimde çalışan, ışık rengi soğuk, tüp ampullü, çift dipli metalik halojenürlü lamba.
- HQI-TS¹, MHW-TD² (*double-ended tubular, low wattage, warm appearance*) düşük gerilimde çalışan, ışık rengi sıcak, tüp ampullü, çift dipli metalik halojenürlü lamba.
- HCI-T¹, CDM-T² (*single-ended tubular metal halide with ceramic arc tube*) seramik boşalma tüplü, tüp ampullü, tek dipli metalik halojenürlü lamba (Anon, CIBSE, 1994; Osram ve Philips Aydınlatma Ürünleri Katalogları).

¹ Osram ürünleri

² Philips ürünleri

7.2 Enerji Kullanımı

Yüksek basınçlı boşalmalı bir lamba, aldığı elektrik enerjisini, değişik oranlarda görünür ışınım, morüstü ışınım, kızılaltı ışınım olarak yayımlar. Kullanılan enerjinin bir bölümü de elektrotlarda ve boşalma tüpünde harcanır (*power losses*). Bu ışınımın oranları, farklı lamba türlerinde, farklı etkenlere bağlıdır.

Değişik lamba türlerine ilişkin birer örnek ele alınarak, elektrik enerjisinin hangi oranda görünür ışınımına dönüştürüldüğü Çizelge 7.2' de gösterilmiştir. Ancak, görünür ışınım oranı, tek başına bir lambadan yayımlanan ışık akısı niceliğinin, yani lamba veriminin ölçüsü değildir. Bir lambanın ürettiği ışık akısı niceliği, kullanılan enerjinin ışık enerjisine dönüşen

bölümü çoğaldıkça ve görünür ışınımın görsel etkinlik değeri büyüdükçe artar. Görsel etkinlik değerinin büyük olması ise, lambadan yayımlanan ışıkların daha çok tayfın sarı-yeşil bölgesinde kalmasına bağlıdır. Görsel etkinliğin büyük olmasını sağlayan bu koşul, lambanın önemli bir başka özelliği olan renksel geriverimi açısından olumsuzdur. Bu nedenle, çok yüksek ışıksal verim ve çok iyi renksel geriverime ancak belirli sınırlar içinde ulaşılabilir.

Çizelge 7.2 Yüksek basınçlı boşalmalı kimi lambalarda enerji kullanımı (Philips Lighting Manuel, 1993).

Lamba türü	%			
	Elektrotlar ve boşalma tüpünde harcanan enerji	Kızılaltı Işınım	Işık ışıınımı	Morüstü ışıınım
Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba Güç=400W	15	55,25	29,5	0,25
Yüksek basınçlı civa buharlı lamba Güç=400W	23	56,5	16,75	3,75
Karışık ışıklı lamba Güç=160W	20,2	70,5	9	0,3
3 bant-Metalik halojenürlü lamba Güç=400W	15,1	59,3	24,3	1,3

Çizelge 7.2' de açıkça görüldüğü gibi, en yüksek oranda ışık ışıınımı yayımlayan lamba türü yüksek basınçlı sodyum buharlı lambadır. Karışık ışıklı lambanın ışık ışıınımı üretimi ise öteki yüksek basınçlı boşalmalı lambalara göre en düşük orandadır.

7.3 Lamba Ömrü

4. bölümde anlatıldığı gibi, üretilen her lamba türünün ortalama yanma süresi, laboratuvarlarda çeşitli lamba grupları üzerinde yapılan testler sonucunda belirlenir.

Lambaların ortalama yanma süreleri, bir başka deyişle lamba ömrü, her yüksek basınçlı boşalmalı lamba türü için Çizelge 7.4' te verilmiştir.

Çizelge 7.3 Yüksek basınçlı boşalmalı lambaların ortalama yanma süreleri –ömürleri- (Helms, 1980; Lindsey, 1991; CIBSE, 1994).

Lamba türü	Ortalama yanma süresi –ömür- (saat)
Sodyum buharlı lamba	10000 (6000)*-31000
Civa buharlı lamba	14000-28000
Karışık ışıklı lamba	6000-12000
Metalik halojenürlü lamba	5600-13000

* Lambanın ışık renginde kullanım süresi içinde ortaya çıkan değişimlere bağlı olarak belirlenen ömür.

Yüksek basınçlı boşalmalı lambaların, ölçün test koşulları altında belirlenen ortalama yanma sürelerine bakıldığında, en uzun ömürlü lambaların sırasıyla, yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar, yüksek basınçlı civa buharlı lambalar, metalik halojenürlü lambalar ve karışık ışıklı lambalar olduğu görülmektedir. Kullanım koşullarına göre uzayan –kısalan- yanma sürelerindeki değişimlere neden olan dış etkenlere, 5-6. bölümlerde değinilmiştir.

7.4 Lamba Verimi

Yüksek basınçlı boşalmalı lambalarda, verimin lamba türüne göre değişimi Çizelge 7.4' te gösterilmiştir. Çizelge 7.4, ele alınan her lamba türünün verimine ilişkin alt ve üst sınır değerleri içermektedir.

Yüksek basınçlı boşalmalı lambalar verimleri açısından karşılaştırıldığında, verimi en yüksek lambanın, 150 lm/W' a ulaşan, yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba olduğu görülmektedir. Karışık ışıklı lambaların verimleri ise 11-28 lm/W arasında olup, verimi en düşük olan lambalardır. Bunun yanı sıra, 4-6. bölümlerde belirtildiği üzere, çalışma sırasında her lamba türünün ışıksal verimini belli oranlarda etkileyen türlü etkenler de söz konusudur.

Çizelge 7.4 Yüksek basınçlı boşalmalı lambaların verimleri (Philips ve Osram aydınlatma ürün katalogları).

Lamba Türü	Güç (W)	Işık akısı (lm)	Verim (lm/W)
Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba	35-1000	1300-130000	37-150
Yüksek basınçlı civa buharlı lamba	50-1000	1600-58500	32-61
Karışık ışıklı lamba	100-500	1100-14000	11-28
Metalik halojenürlü lamba	35-3500	3400-320000	67-113

Lambaların verimleri bakımından daha duyarlı bir karşılaştırma, değişik tür lambaların eşit güçte olanları ele alınarak yapılmış ve Çizelge 7.5' te verilmiştir. Çizelge 7.5' te ayrıca, ele alınan örnek lambaların renksel geriverim sınıfları da belirtilmiş ve böylece lamba türlerini iki önemli özellikleri açısından karşılaştırarak değerlendirmek olanaklı olmuştur.

Çizelge 7.5 Yüksek basınçlı boşalmalı lambaların renksel geriverim ve ışıksal verim değerlerinin karşılaştırması (Philips Lighting Manuel, 1993; Philips ve Osram aydınlatma ürün katalogları).

Verim	Renksel geriverim sınıfı	Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba			Yüksek basınçlı civa buharlı lamba		Karışık ışıklı lamba	Metalik halojenürlü lamba		
		SON-T ² Plus	DS-T ¹ Sodyum ksenon	SDW-T ² White son	HPL-N ²	HQL ¹ Super de lükse		HQI-T ¹	HQI-TS ¹	CDM-T ²
Güç (W)	35	-	-	37	-	-	-	-	-	97
	50	81	60	46	36	32	-	-	-	-
	70	94	-	-	-	-	-	-	71	91
	80	-	75	-	46	43	-	-	-	-
	100	105	-	48	-	-	11	-	-	-
	125	-	-	-	50	56	-	-	-	-
	150	110	-	-	-	-	-	-	73	90
	250	128	-	-	50	-	22	80	80	-
	400	138	-	-	55	-	-	85	88	-
	1000	-	-	-	59	-	-	80	-	-

¹ Osram ürünleri

² Philips ürünleri

Çizelge 7.5' te yer alan,

- aynı lamba türünün eşit güçteki çeşitli tipleri kendi içinde karşılaştırıldığında,
 - sodyum buharlı lambalarda verim yükseldikçe, renksel geriverimin kötüleştiği,
 - civa buharlı lambalarda verim ve renksel geriverim açısından önemli ayrımlar bulunmadığı,
 - metalik halojenürlü lambalarda ise, renksel geriverimden ödün vermeden, verimi daha yüksek olan tiplerinin elde edilebildiği,
- değişik lamba türlerinin eşit güç ve renksel geriverimdeki tipleri birbirleri ile karşılaştırıldığında, verimin, en yüksek metalik halojenürlü lambada, en düşük civa buharlı lambada olduğu,
- değişik lamba türlerinin eşit güçteki tipleri, renksel geriverimleri dikkate alınmadan birbirleri ile karşılaştırıldığında, en yüksek verimin sodyum buharlı lambada, en düşük verimin ise civa buharlı lambada söz konusu olduğu,

görülmektedir. Öte yandan, karışık ışıklı lambalar, verimi en düşük olan lambalardır.

7.5 Renksel Özellikler

Yüksek basınçlı boşalmalı lambaların renksel özellikleri, yani renk sıcaklığı, renksel geriverim sınıfı ve renksel geriverim indeksi ile renk sıcaklığına bağlı olarak oluşan renk izlenimi Çizelge 7.6' da gösterilmiştir.

Yüksek basınçlı boşalmalı lambalar arasında renksel geriverimi en iyi olanlar sırası ile, metalik halojenürlü lambalar, yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar, karışık ışıklı lambalar, ve yüksek basınçlı civa buharlı lambalardır. Bunların içinde, ışığı en sıcak renkli olan lambalar yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar, ışığı en soğuk renkli olanlar ise metalik halojenürlü lambalardır. Ele alınan lambaların, renksel geriverim ve ışıksal verim açılarından karşılaştırılması 7.4. bölümde yapılmıştır (Çizelge 7.5).

Bundan sonraki bölümde, temel özellikleri yukarıda kısaca karşılaştırılan yüksek basınçlı boşalmalı lambaların iç mekanlarda kullanımlarına değinilmiştir.

Çizelge 7.6 Yüksek basınçlı boşalmalı lambaların renksel özellikleri (Philips Lighting Manuel, 1993; Philips ve Osram aydınlatma ürün katalogları).

Lamba türü	Renksel geriverim indeksi (Ra)	Renksel geriverim sınıfı	Renk sıcaklığı (Kelvin)	Genel renk izlenimi
Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba	Klasik sodyum buharlı lamba (NAV ¹ , SON ²)	4-2B	1950-2200	sıcak
	Beyaz sodyum buharlı lamba (SDW) ²	1B ²	2500-2550 ²	sıcak
	Sodyum-ksenon lamba (DS, DSX) ¹	3-1B ¹	2700-3100 ¹	sıcak
Yüksek basınçlı civa buharlı lamba	Standart fosfor kaplamalı (HPL-N) ²	3 ¹	3550-4300	ılık
	Özel fosfor kaplamalı (HPL-com) ²	3 ¹ -2B	2900-3500	sıcak-ılık
	Karışık ışıklı lamba (HWL ¹ , ML ²)	3-2A	3200-4100	ılık
Metalik halojenürlü lamba	Üç-bant ışıyıcı (HPL, HPL-T) ²	2B ²	4100-4500 ²	ılık
	Çok çizgili ışıyıcı (MHN-TD, MHD, MHW-TD) ²	2A-1A ²	3000-5600 ²	Sıcak-ılık-soğuk
	Moleküler ışıyıcı	1B ²	5500 ²	soğuk

¹ Osram ürünleri

² Philips ürünleri

8. YÜKSEK BASINÇLI BOŞALMALI LAMBALARIN İÇ MİMARİDE KULLANIMI

Bir mekanda, iyi görme koşullarını sağlayabilmek için oluşturulan aydınlatma tasarımının,

- yapının ve hacmin işlevsel, mimari ve yapımsal özelliklerinin incelenmesi,
 - yapıdaki işlev, tefriş ve iç mimari açısından farklı her hacim için aydınlığın nitelik ve niceliğinin belirlenmesi,
 - gerekli aydınlık niteliklerini sağlayacak aydınlatma düzenlerinin kurulması ve bu düzenlerin, iç mimari anlatım, mekan özellikleri, yapımsal gereçlere uyumunun sağlanması,
 - gerekli aydınlık niceliklerini sağlayacak hesapların yapılması,
- olarak sıralanabilen değişik aşamaları vardır (Ünver ve Öztürk, 1998).

Aydınlatma tasarımının, gerekli aydınlık niteliklerini sağlayacak aydınlatma düzenlerinin kurulması olarak belirtilen üçüncü aşaması, uygun lamba, buna bağlı olarak aygıt seçiminin –tasarımının- yapılması ve aygıt yerleşim düzeninin oluşturulmasını içerir. Lamba seçiminde, ışık rengi ve renksel geriverim, lamba verimi, ömrü, boyutu, kullanım ve bakım harcamaları, ilk döşem giderleri gibi etkenler belirleyicidir. Ancak, aydınlatma düzeninin kurulmasında temel araç, aydınlatma aygıtıdır. Aydınlatma düzeninde kullanılacak aydınlatma aygıtı, tasarım yolu ile oluşturulabilir, ya da hazır aygıtlar arasından amaca uygun olanı seçilerek belirlenebilir. Her iki durumda da aydınlatma aygıtının özellikleri,

- aygıtta yer alacak yansıtıcı türünün, yansıtıcının geometrik özelliklerine bağlı olarak saptanması,
- saptanan yansıtıcı türünün biçim, boyut gibi niteliklerinin görsel algılama konusunun verilerine uygun duruma getirilmesi,

biçiminde açıklanabilen iki aşamada belirlenebilir.

Öte yandan, aydınlatma aygıtları, mekanın tavan, duvar ve döşeme yüzeylerine gömülü, bu yüzeylere takılı ya da mobilya gibi hacmin içinde bulunabildikleri gibi, ışıklı tavan vb. örneklere benzer biçimde, mimari ile bütünleşerek hacmin içinde birer yapı elemanı olarak da yer alabilirler. Aydınlatma aygıtlarının hacmin neresinde ve hangi biçimde kullanılacağını, mekanın mimari ve yapımsal özellikleri, işlevi ve gerekli aydınlık nicelik ve nitelikleri belirler. Bu bölümde, yüksek basınçlı boşalmalı lambaların,

- iç mimaride kullanım yerleri,
- kullanıldıkları aydınlatma aygıtları ve

- bu aygıtların iç mimari düzende yer alış biçimleri, ele alınmıştır.

8.1 Yüksek Basınçlı Boşalmalı Lambaların İç Mimaride Kullanım Yerleri

İç mimaride sıklıkla kullanılan akkor ve flüoresan lambalar ile karşılaştırıldığında, yüksek basınçlı boşalmalı lambaların iç mekanda kullanımlarının kimi özelliklerinden ötürü daha sınırlı olduğu görülmektedir. Bu lambaların, temel özelliklerine bağlı olarak uygulamada karşılaşılan olumsuz yanları, iç mekanda yeğlendikleri yerler konusunda bilgi verebilir.

Yüksek basınçlı boşalmalı lambaların olumlu yanları,

- yüksek ışık verimi,
- renksel geriverimi iyi olan türlerinin olması,
- uzun ömür,
- dimmerlenebilmeleri,
- dip ve lamba türü açısından çeşitli seçeneklerin olması,
- çoğunun hemen her konumda yanabilmesi,

olumsuz yanları,

- genelde, durultucu ve ateşleyici gibi ek parçalar ile birlikte kullanıldıklarından, ilk yatırım giderlerinin yüksek olması,
- yakıldıktan sonra tam ışık verimine ulaşmak ve söndükten sonra tekrar yanmak için belli bir süreye gereksinimleri,
- normal durultucular ile kullanıldıklarında belirgin ışık titremesi ve stroboskopi etkisi oluşturmaları,
- şebeke geriliminde ortaya çıkan değişimlerden etkilenmeleri,
- saydam ampullü türlerinin ışıklılığının yüksek olması,
- kimi türlerinin büyük oranda morüstü ışıınım yayımlamaları,
- yanarken ısınmaları ve mekana ısı yükü getirmeleri,

olarak sıralanabilir. Bu özelliklerine bağlı olarak, yüksek basınçlı boşalmalı lambaların genel olarak kullanıldıkları yerler,

- insanların, yaşamlarının uzun bir bölümünü geçirdikleri, konut, büro, derslik gibi iç mekanlara göre tavan yüksekliği (~3m) daha fazla olan, mağaza, spor salonu, alışveriş merkezleri, fuayeler vb. yüksek tavanlı,

- lambanın çok sık açılıp kapatılmadığı, hacmin gün içinde uzun bir süre ya da sürekli kullanıldığı, fabrikalar, atölyeler, kapalı otoparklar, hangarlar, şantiyeler, vb. ortalama kullanım süresi uzun,
 - yine büro, derslik vb. işlevli mekanlarda sağlanması gereken aydınlık düzeyine ($\sim 300 \text{ lm/m}^2$) göre daha yüksek aydınlık düzeyine gereksinim duyulan. spor alanları. fabrika ve atölyeler, süper marketler vb. yüksek aydınlık düzeyine gereksinim duyulan,
- mekanlar olduğu söylenebilir. Söz konusu lambaların, özellikle renksel geriverimi oldukça iyi olan türlerinin iç mimaride kullanımları giderek daha yaygın hale gelmektedir.

Yüksek basınçlı lamba türlerinin kullanılması önerilen yerler, lamba türlerine göre aşağıda ayrı ayrı verilmiştir. Kullanım yerleri ortak olan lambalar ise gruplandırılmıştır (Nuckolls, 1983; Sorcar, 1987; IESNA, 1992, 2000; Philips ve Osram Aydınlatma Ürünleri Katalogları).

8.1.1 Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı Lambalar

▪ Sodyum Ksenon Lambası; DSX (Osram)

Sodyum ksenon lambası, yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar içinde, iç mimaride kullanımı en yaygın lambalardan biridir. Bu lambaların iç mekanda kullanıldıkları yerler arasında,

- küçük hacimli bürolar (hücre tipi bürolar), koridor ve geçiş mekanları,
- alışveriş merkezleri, dolaşım alanları, mağazalar, süper marketler, gıda ürünlerinin sergilediği yerler vb.,
- fuayeler, kuaförler ve
- morüstü ışınım içeriklerinin çok düşük olmasından ötürü, müzeler, sanat galerileri, sergi ve fuar alanları vb.

mekanlar sayılabilir.

▪ Beyaz Sodyum Buharlı Lamba; SDW (Philips)

İç mimaride kullanımı yaygın olan bir başka yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba, beyaz sodyum buharlı lambadır. Bu lambanın iç mekanda kullanım yerleri arasında,

- alışveriş merkezleri, süper marketler, gıda ürünlerinin sergilendiği yerler, mağazalar (ayakkabı, tekstil ürünleri, mobilya, deri, çiçek, ahşap ürünler),
- fuayeler, restoranlar ve

- morüstü ışınlam içeriklerinin çok düşük olmasından ötürü, müzeler, sanat galerileri, sergi ve fuar alanları vb.

mekanlar sayılabilir. Bu lambanın, kimi nesnelerin aydınlatılmasına uygunluğu Çizelge 8.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 8.1 Philips firmasına ait kimi yüksek basınçlı boşalmalı lambaların farklı özellikteki nesnelerin aydınlatılmasına uygunluğu (Philips Lighting A.Ş. Dökümanları).

Nesne	SDW (Sodyum buharlı lamba)	MHN (Metalik halojenürlü lamba)	CDM (Metalik halojenürlü lamba)
Çiçek	++	+	+
Meyve	++	+	+
Ekmek	++	+	+
Et	++	+	–
Şekerleme/ çikolata	++	–	++
Sebze	+	+	+
Peynir	+	++	++
Balık	–	++	++
Donmuş yiyecekler	–	+	++
Şarap	+	–	++
Ayakkabı	++	–	+
Moda	++	+	++
Spor malzemeleri	–	++	++
Jean	–	++	++
Kozmetik	+	–	+
Mücevher	+	–	+
Cam/ kristal	+	++	++
Seramik	+	–	++
Mobilya	++	–	++
Halı	+	–	+
Araba	+	++	++
Kitap	+	–	+
Dergi	+	–	+
Plak, CD	+	–	++
Fotoğraf	–	–	+
Fotoğraf makinesi	+	+	++
Deri	++	–	+
Ahşap	++	–	+
Audio/video	+	+	++
Beyaz eşya	–	++	++

++ çok uygun / + uygun / – uygun değil

▪ NAV De Lukse (Osram), SON Comfort (Philips) Lambaları

İç mimaride kullanımı, sodyum ksenon ve beyaz sodyum buharlı lambalara göre daha sınırlı olan bu lambaların kullanım yerleri arasında,

- sanayi ve ticari kuruluşlar; kimya ve sentetik sanayii, ağaç ve kağıt sanayii, oto ve makine imalatı, endüstriyel, elektrik ve ısı santralleri, çimento fabrikaları vb. ile,

- depolar, sevk firmaları vb.

mekanlar sayılabilmektedir.

▪ NAV Süper (Osram), SON Plus (Philips) ve Öteki Lambalar

Bu lambaların iç mimaride kullanımı, ağır sanayi ve kimi endüstriyel uygulamalar ile birlikte, daha çok,

- fabrika, hangar,
- depo, otopark, sera vb.

mekanlar ile sınırladır.

8.1.2 Yüksek Basıncılı Civa Buharlı Lambalar

▪ HQL Süper De Lukse (Osram) Lambası

Renksel geriverimi öteki yüksek basınçlı civa buharlı lambalara göre daha yüksek olan bu lambanın,

- alışveriş mekanları,
- fuayeler, iç bahçeler vb.

iç mekanlarda kullanılması önerilmektedir.

▪ HQL De Lukse (Osram), HPL Comfort (Philips) ve Öteki Lambalar

Bu lambaların iç mekanlarda kullanım yerleri arasında,

- sanayi ve ticari kuruluşlar; kimya ve sentetik sanayii, oto ve makine imalatı, şantiyeler, rafineriler, atölyeler, depolar vb.,
- laboratuvarlar,
- otoparklar, garajlar vb.

iç mekanlar sayılabilmektedir.

8.1.3 Metalik Halojenürlü Lambalar

▪ HCI (Osram), CDM (Philips) Lambaları

İç mimaride kullanımı en yaygın olan metalik halojenürlü lambalardan olan bu lamba türü iç mimaride,

- büro ve idari mekanlar, koridorlar,
- eğitim yapıları.; amfiler, konferans salonları,

- alışveriş merkezleri, dolaşım alanları, süper marketler, gıda ürünlerinin sergilendiği yerler, mağazalar; fotoğraf, sanat, mücevher, kozmetik ürünleri, çiçek vb. mağaza vitrinleri,
- fuayeler, restoranlar, kuaförler ve
- morüstü ışınım oranının büyük oranda azaltılmış olmasından ötürü, galeriler, müzeler, sergi ve fuar alanları vb.,

mekanlarda kullanılmaktadırlar. Bu lambaların, kimi nesnelerin aydınlatılmasına uygunluğu Çizelge 8.1’de gösterilmiştir.

▪ **HQI (Osram), MHN, MHW (Philips) Lambaları**

İç mimaride kullanımı yaygın olan bir başka metalik halojenürlü lamba türü olan bu lambaların, iç mekanda kullanım yerleri arasında,

- büro ve idari binalar; büyük bürolar, koridorlar, hava alanlarının hizmet birimleri,
- eğitim yapıları; konferans salonları, amfiler, dinlenme ve okuma salonları, spor salonları, çok amaçlı salonlar,
- alışveriş mekanları; gıda, tekstil, deri, fotoğraf, saat, kozmetik ürünlerinin vb. mağaza vitrinleri,
- fuayeler, restoranlar,
- morüstü ışınım oranının büyük oranda azaltılmış olmasından ötürü, galeriler, müzeler, sergi ve fuar alanları vb.,
- sanayi ve ticari kuruluşlar; kimya ve sentetik sanayii, plastik sanayii, elektronik sanayii, ağaç ve kağıt sanayii, tekstil ve deri sanayii, otomobil ve makine sanayii, matbaalar,
- laboratuvarlar vb.

mekanlar sayılabilmektedir. Bu lambaların kimi nesnelerin aydınlatılmasına uygunluğu, Çizelge 8.1’de gösterilmiştir.

▪ **Yüksek güçte HQI (Osram), MHD (Philips) Lambaları**

Yüksek güçte (1000 W-3500 W) çalışan bu lambalar, çok yüksek tavanlı ve geniş hacimlerin aydınlatılmasında yeğlenir. Bu lambaların iç mimaride kullanım alanları arasında,

- spor salonları, büyük spor kompleksleri vb.

sayılabilir.

▪ HQI (Osram), HPI (Philips) Lambaları

Bu lambaların iç mimaride kullanımları, yukarıda ele alınan metalik halojenürlü lambalar kadar yaygın değildir. Sıklıkla kullanıldıkları yerler,

- bürolar, okullar,
- fuayeler, spor salonları,
- alışveriş merkezleri, dolaşım alanları,
- sanayi ve ticari kuruluşlar; kimya ve sentetik sanayii, ağaç ve kağıt sanayii, gıda ve meşrubat sanayii, oto ve makine imalatı, basımevleri,
- laboratuvarlar,
- depolar, hangarlar vb.

mekanlar ile sınırlıdır.

8.1.4 Karışık Işıklı Lambalar

Karışı ışıklı lambalar genel olarak, akkor lambaların yer aldığı aydınlatma düzenlerinde kullanılabileceği düşünülebilir. Ancak, renksel geriverimlerinin akkor lambaya göre kötü olması nedeniyle, yüksek lamba verimi ve uzun lamba ömrünün ön planda tutulduğu yerlerde yeğlenmektedirler. Bunun yanı sıra, yüksek basınçlı karışık ışıklı lambalardan yararlanan yerlere örnek olarak,

- fabrika, rafineri
- garaj, depo vb.

mekanlar verilebilir.

8.2 Yüksek Basınçlı Boşalmalı Lambaların Kullanıldıkları Aydınlatma Aygıtları

Lamba ışığının özelliklerini çeşitli amaçlara uydurmak üzere kullanılan bir aydınlatma aygıtı, iç mimaride, küre, silindir vb. yalın bir yayıcı olarak bulunabildiği gibi, ışıklı tavan, ışıklı korniş gibi yapı bölümleri ile bütünleşmiş karmaşık biçimlerde de yer alabilir. Buna bir de, aygıt yapımında kullanılan değişik gereçler ve yansıtıcıların biçimlenişi konusundaki sayısız seçenekler eklenince, aygıt türlerinin değişik açılardan sınıflandırılması gereği doğar. Nitekim, aygıtlar, birbirinden farklı özellikleri dikkate alındığında, genel olarak,

- aydınlatma özelliklerine (ışık yeğinlik dağılımı, ışık akısı dağılımı, ışıklılık dağılımı, geriverim ve aydınlık düzeyi dağılımı),
- yapım özelliklerine (aygıtın ışığı yansıtma-geçirme ve geometrik özellikleri),

- içinde kullanılan lamba türüne (akkor halojen lamba aygıtları, flüoresan lamba aygıtları vb.),
 - içindeki lamba sayısına (bir lambalı aygıtlar, çok lambalı aygıtlar vb.),
 - kullanım yerine (iç aydınlatma aygıtları, dış aydınlatma aygıtları),
 - korunum biçimine (kuru hacimler, nemli hacimler, tozlu hacimler için aygıtlar),
 - tespit biçimine (taşınmaz aygıt, taşınır aygıt, gömülü aygıt, asılı aygıt vb.)
- göre sınıflandırılabilir.

Sıralanan özellikler arasında, lamba ışığının biçimlendirilmesi ve gerekli yerlerde istenen nitelik ve niceliklerde aydınlıkların oluşturulmasında belirleyici olan, aydınlatma aygıtının aydınlatma özellikleridir. Bir aygıtın aydınlatma özellikleri, yani ışık yeğinlik, ışık akısı, aydınlık dağılımları, aygıt geriverimi gibi büyüklükler ise doğrudan doğruya aygıtın yapım nitelikleri ile ilgilidir. Bir aygıtın yapım nitelikleri, genelde aygıtta yer alan yansıtıcının,

- ışığı yansıtma biçimi, ve
- geometrik özellikleri,

olarak iki başlık altında toplanabilir. Buna bağlı olarak, yüksek basınçlı boşalmalı lambaların kullanıldığı aygıtlar, belirtilen iki başlık altında aşağıda kısaca ele alınmıştır.

a) Yansıtıcının Işığı Yansıtma Biçimi

Lamba ışığını belirli doğrultulara yönlendirmek amacıyla kullanılan bir yansıtıcının saydamsız olması, yani üzerine düşen ışığın yalnızca yansıma yolu ile aygıttan dışarı çıkmasını sağlaması gereklidir. Bu durumda, saydamsız yansıtıcının ışığı yansıtma biçimi önem kazanır. Yansıtıcı yüzeyinin yayınlık, izotrop yayınlık ya da karışık yansıma yapması durumunda, aygıtın aydınlatma özellikleri ağırlıklı olarak yansıtıcının boyutu, lambanın yansıtıcı içindeki konumu gibi koşullara bağlıdır ve yansıtıcının biçimi fazla önem taşımaz. Bu yansıma biçimlerinin söz konusu olduğu koşullarda, yansıyan ışık geometrik kurallar aracılığı ile istenen doğrultulara yönlendirilemez. Yansıyan ışığın denetlenmesi, yani gerekli doğrultulara gönderilebilmesi, düzgün yansıma yapan yansıtıcıların kullanılması ile olanaklıdır. Ayrıca, düzgün yansıma biçiminde, aygıt üretilmeden, yansıtıcının tasarımı aşamasında, aygıtın aydınlatma özellikleri kolaylıkla belirlenebilir.

Öte yandan, düzgün yansıma yapan kimi dönele yansıtıcılar içinde, boşalma tüpü ve koruyucu ampulü saydam olan boşalmalı lambaların yer aldığı durumda, aydınlanan yüzeyde,

- ışık lekeleri biçiminde algılanan ışık kaynağı görüntüsü ve / ya da
- renkli ışık lekeleri,

oluşabilmektedir. Aydınlik dağılımını bozan ışık kaynağı görüntüsünün ve aydınlanan yüzeyde ışığın yarattığı renkli lekelerin ortaya çıkmaması için alınabilecek önlemlerden biri, düzgün yansıma yapmayan yansıtıcılardan yararlanmaktır. Bu nedenlerle, yüksek basınçlı boşalmalı lambalar ile kullanılan aygıtların yansıtıcıları temelde saydamsız olup, ışığı genel olarak düzgün yansıma ya da koşullara göre açılı düzgün yansıma ve düzgün yansımaya yakın yayınlık yansıma ile yansıtırlar. Bunların yanı sıra, ışığı temelde belirtilen yansıma biçimlerinde yansıtan yansıtıcı yüzeyi, belirtilen nedenlerden ötürü, çeşitli yöntemlerle değişik dokusal özellikler kazandırılarak da üretilebilmektedir. Ancak bu durumda, yansıtıcı yüzeyinin ışık yansıtma biçiminin, düzgün yansıma ya da buna yakın özellik taşıyamayacağı açıktır.

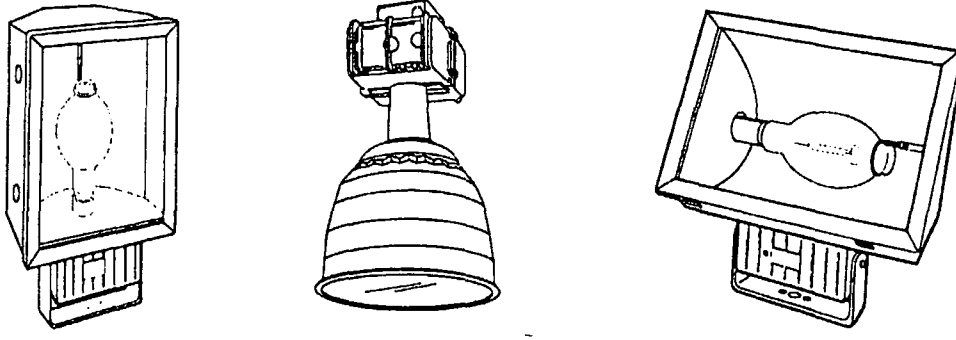
b) Yansıtıcının Geometrik Özellikleri

Yüksek basınçlı boşalmalı lambalar genel olarak, bükey yüzeyli yansıtıcılar içinde kullanılmaktadırlar. Bükey yüzeyli yansıtıcılar ise koşullara göre,

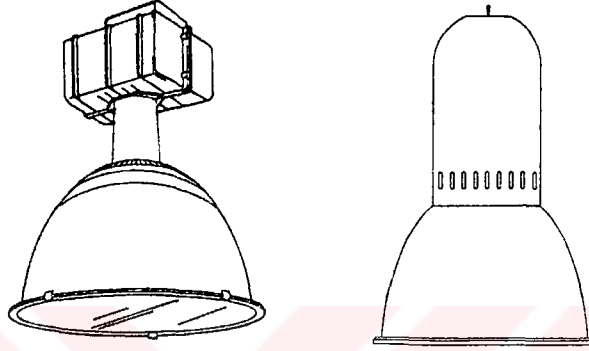
- belli kesitleri doğru olan tekli bükey yüzeyler (dönel simetri ekseni olan takli bükey yansıtıcı, parabolik silindir, eliptik silindir vb. yüzeyler, Şekil 8.1) ya da
- iki doğrultuda bükey olan ve buna bağlı olarak da hiçbir kesiti doğru olmayan ikili bükey yüzeylerden (paraboloit, elipsoit vb. yüzeyler, Şekil 8.2)

oluşmaktadır.

Bükey yüzeyli yansıtıcı türünün seçimi, seçilen yansıtıcı türünün biçim, boyut gibi niteliklerinin belirlenmesi, doğal olarak görme konusuna, dolayısıyla aydınlatma aygıtında sağlanması istenen aydınlatma özelliklerine bağlı olarak yapılır. Bu çalışma içinde, yüksek basınçlı boşalmalı lambalar için yapılabilecek yansıtıcı tasarımına örnek oluşturmak amacıyla, dönel simetri ekseni olan tekli bükey yüzeyli yansıtıcı ve ikili bükey yüzeyli paraboloit yansıtıcı ele alınmıştır. Ancak, yansıtıcı tasarımına ilişkin örneklere geçmeden önce, aşağıda yüksek basınçlı boşalmalı lambaların kullanıldığı aydınlatma aygıtlarının iç mimari düzende yer alış biçimleri üzerinde durulmuştur.



Şekil 8.1 Tekli bükey yüzeyler (IESNA, 2000).



Şekil 8.2 İkili bükey yüzeyler (IESNA, 2000).

8.3 Aydınlatma Aygıtlarının İç Mimari Düzendeki Yer Alış Biçimleri

Bir iç mekandaki aydınlatma düzeni, işlev ve buna bağlı olarak görsel algılama konusunun özellikleri, tefriş, mekanın biçim ve boyutu, iç mimari düzen, yapımsal konular gibi verilere göre belirlenir. Bu verilerin ışığında çeşitli ışık kaynağı ve aydınlatma aygıtlarının kullanılması, dolayısıyla çeşitli aygıt yerleşim düzenlerinin oluşturulması gerekebilir. Bu nedenle, aydınlatma aygıtlarının iç mimari düzendeki yer alış biçimleri açısından eksiksiz bir sınıflandırma kolaylıkla yapılamaz.

Yüksek basınçlı boşalmalı lambaların kullanıldıkları aydınlatma aygıtları, iç mimari düzen içinde genelde,

- a) sıva üstü aygıtlar,
 - b) gömme aygıtlar,
 - c) yönlendirmeli aygıtlar,
 - d) sarkıt aygıtlar,
 - e) raylı sistemde kullanılan aygıtlar
- olarak yer alırlar.

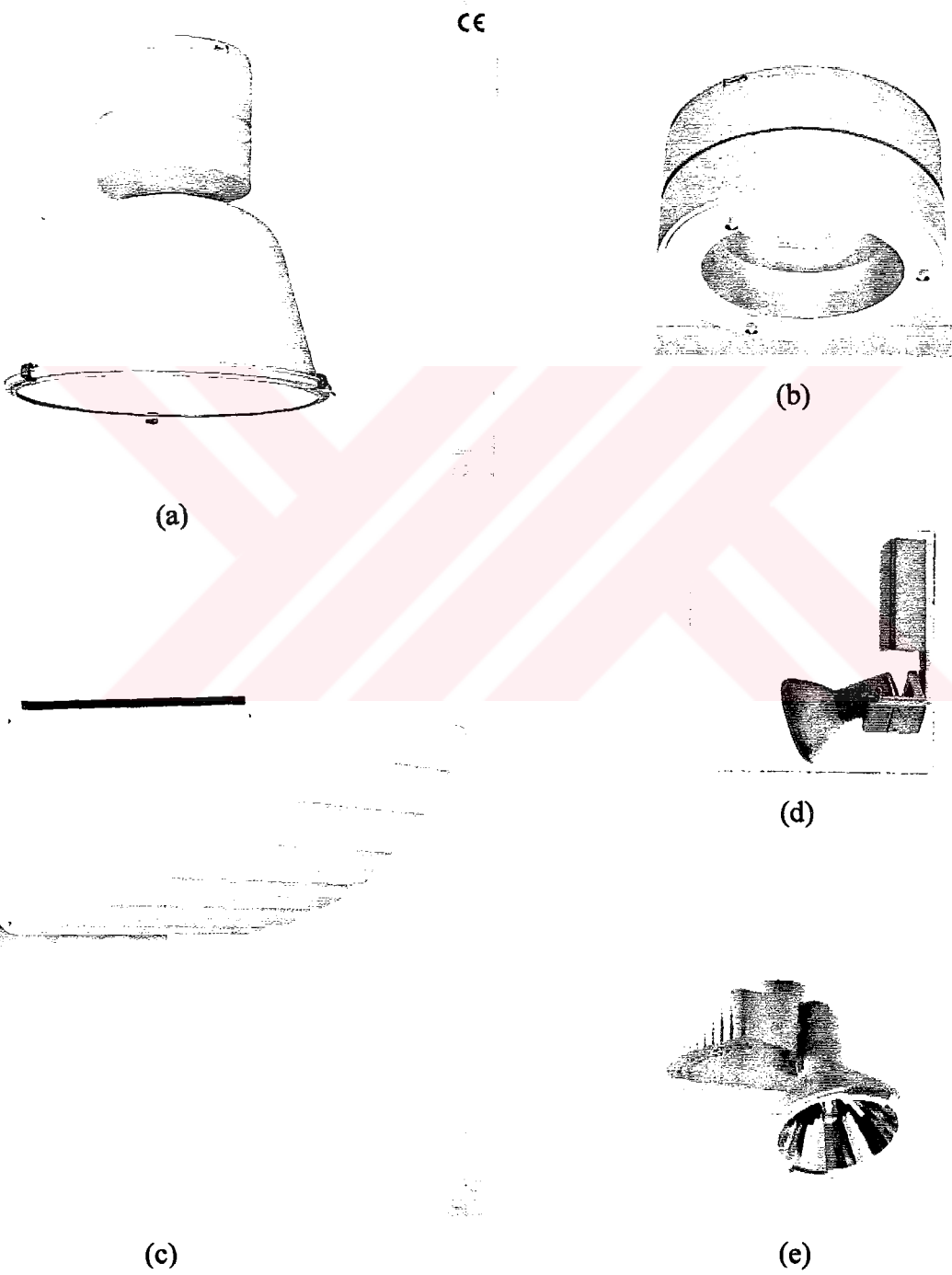
a) Sıva üstü aygıtlar

Bir yüzey üzerine takılarak tespit edilen aygıtlar, “sıva üstü aygıtlar” olarak adlandırılırlar.

İçinde boşalmalı lambaların yer aldığı sıva üstü aygıtlar, iç mimari düzende,

- tavana,
- duvara,

tespit edilmiş biçimde bulunabilirler (Şekil 8.3).

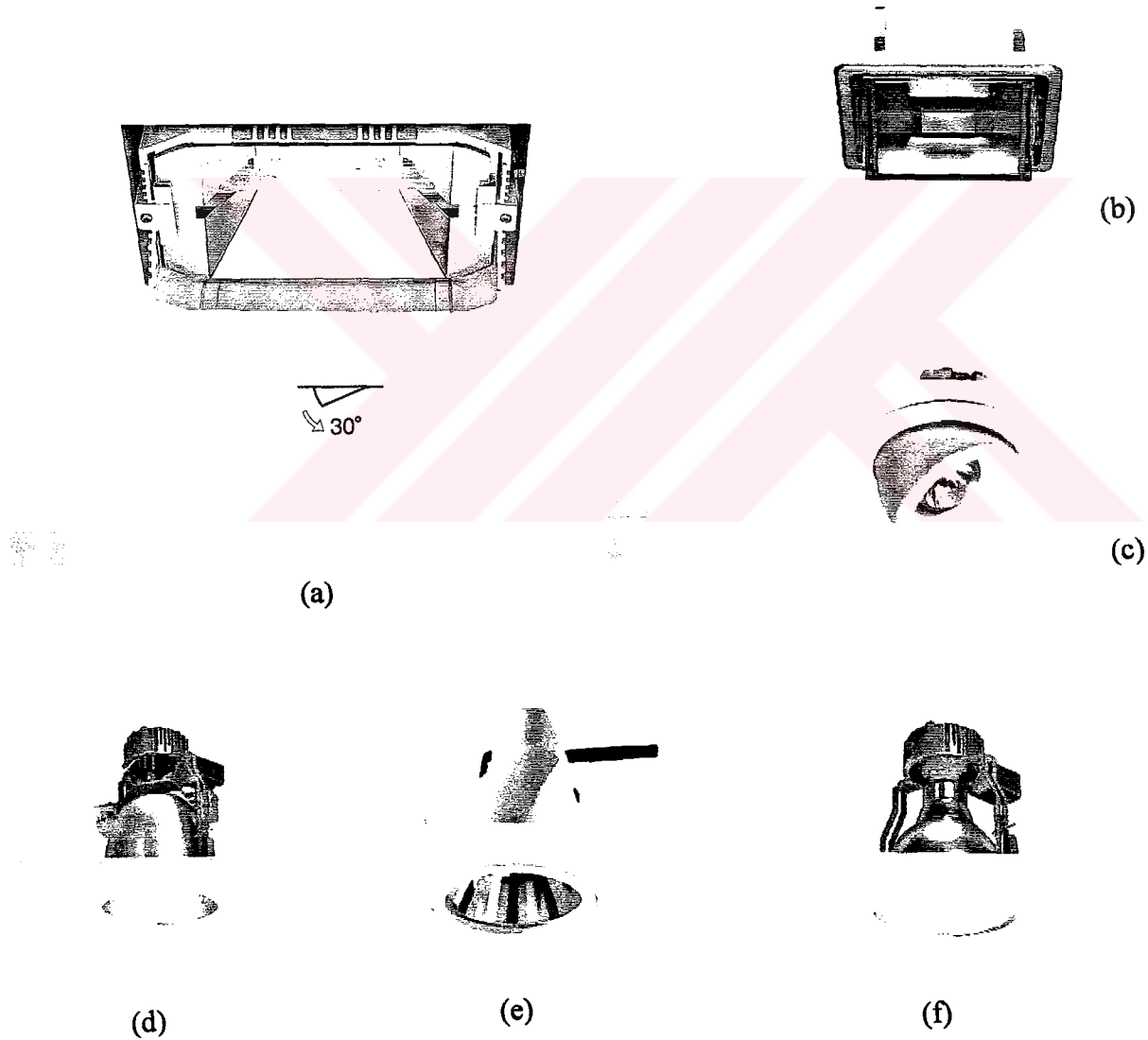


Şekil 8.3 Yüksek basınçlı sodyum buharlı, civa buharlı ve karışık ışıklı (a), metalik halojenürlü (b), (c), sodyum buharlı ve metalik halojenürlü (d), (e) lambalar ile kullanılan sıva üstü aygıtlar (Philips, Lamp83 Ürün Katalogları).

Bu tür aygıtlar, iç mekan yüzeyleri üzerinde yer alıp, iç mimari düzen içinde mimari bir eleman gibi göründüklerinden, iyi görme koşullarını yaratmanın yanı sıra, iç mimari düzen ile uyumlu olacak biçim, renk, doku ve boyutlarda olmalıdır. Böylece, mekanın bütününde yaratılmak istenen etkinin oluşmasına katkıda bulunarak, mimari anlatımı güçlendirirler.

b) Gömme aygıtlar

Bir yapı bölümüne gömülü ya da asma tavan, lambri vb. bir yüzeyin arkasına yerleştirilmiş aygıtlar “gömme aygıtlar” olarak adlandırılır. Boşalmalı lambalarla birlikte kullanılan gömme aygıtlar hacim içinde temelde, tavana gömülü biçimde bulunmaktadır (Şekil 8.4).





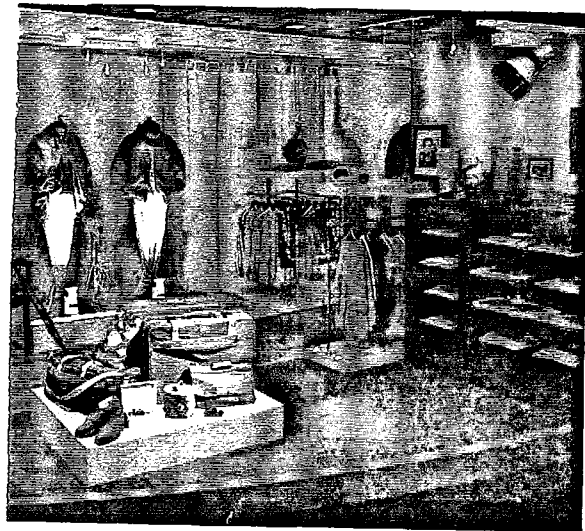
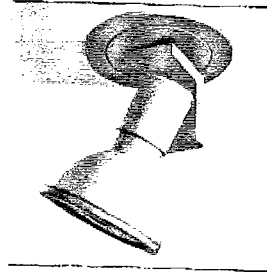
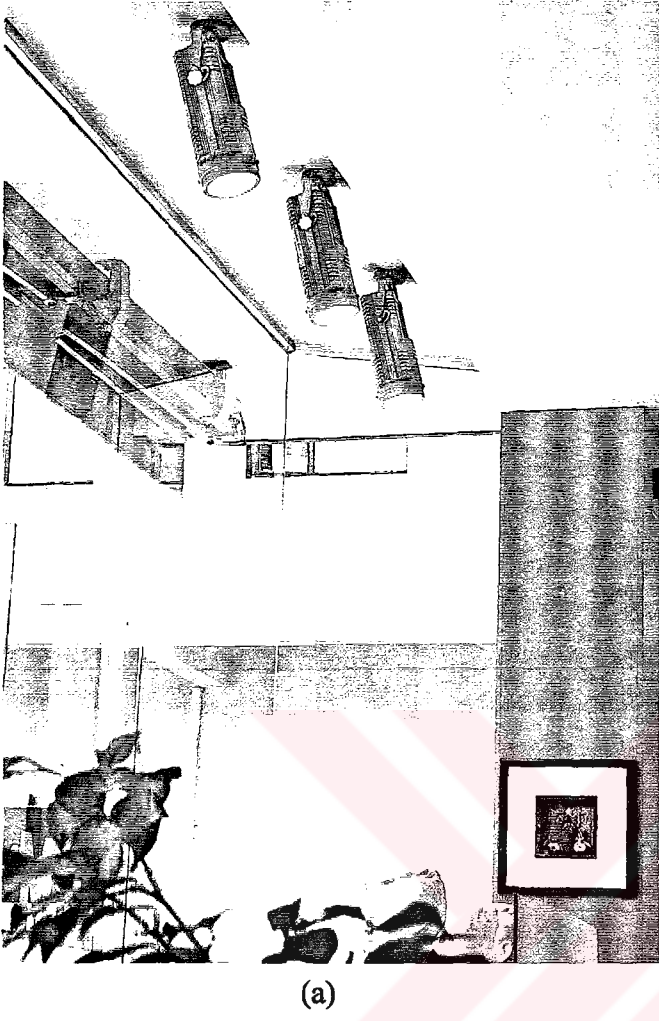
Şekil 8.4 Yüksek basınçlı metelik halojenürlü (a), (b), (c), (d), (g), (h), sodyum buharlı (e), (f) lambalar ile kullanılan gömme aygıtlar (Philips, Lamp83 Ürün Katalogları).

Bu tür aygıtlar, aygıtı gözden gizlemek amacıyla ve daha çok asma tavan içinde kullanılırlar. Tavan yüzeyine gömülü aygıtların görünen kısımlarının biçim, gereç, boyut ve renksel özelliklerinin öteki mimari elemanlar ile uyumlu olması, iç mimari düzende bütünlüğü sağlamak açısından önemlidir. Ancak, asma tavan içine yerleştirildikleri durumda, havalandırma, ısıtma vb. tesisat konuları göz önünde bulundurulmalı ve kullanım sırasında bakım ve onarımlarının kolaylıkla yapılabilmesine dikkat edilmelidir.

c) Yönlendirmeli aygıtlar

Tespit edildiği yüzey üzerinde ya da içinde değişen doğrultulara yönlenebilir aydınlatma aygıtları “yönlendirmeli aygıtlar” olarak adlandırılabilir. Boşalmalı lambalar için oluşturulan yönlendirmeli aygıtlar, iç mimari düzende ağırlıklı olarak,

- tavana gömülü, tavana (sıva üstü) tespit edilmiş,
 - duvara (sıva üstü) tespit edilmiş,
- olabilirler (Şekil 8.5).

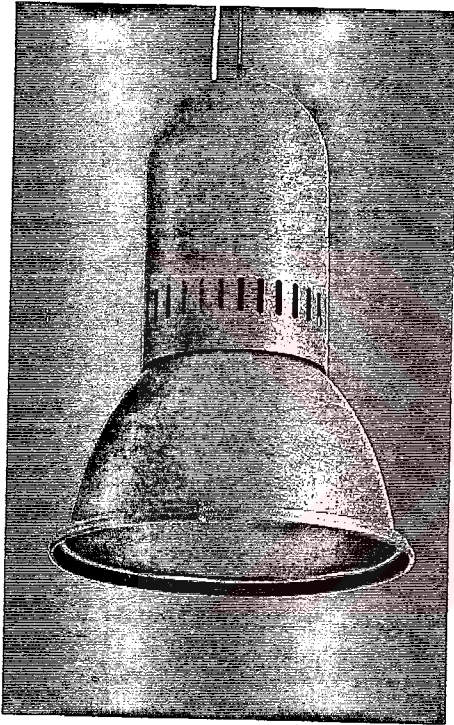


Şekil 8.5 Yüksek basınçlı metalik halojenürlü (a), (b), (e), metalik halojenürlü ve sodyum buharlı (c), (d), (f) kullanılan yönlendirmeli aygıtlar (Philips, Lamp83 Ürün Katalogları).

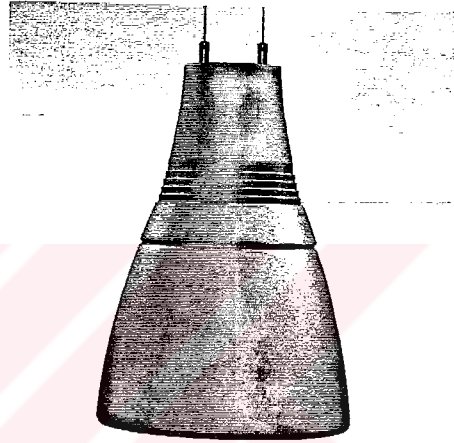
Yönlendirilebilir nitelikte olmaları nedeniyle, iç mimaride çok yönlü kullanılabilen bu aygıtların konumu –eğimi-, mekanın işlevine ve görsel algılama konusunun özelliklerine uygun olarak belirlenir. Gereksinimlere göre, aygıtın eğimi değiştirilerek ve / ya da kimi parçalar eklenerek, ışığın doğrultusu, değişen mekan özelliklerine göre ayarlanabilir.

d) Sarkıt aygıtlar

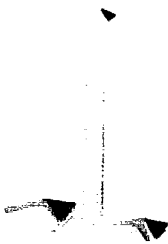
Tavandan sarkıtılan ya da duvarda yatay bir tespit elemanına asılan aydınlatma aygıtları “sarkıt aygıtlar” olarak adlandırılır. İçinde boşalmalı lambaların bulunduğu sarkıt aygıtlar, iç mimari düzende, genel olarak, tavandan sarkıtılmış biçimde yer alırlar (Şekil 8.6).



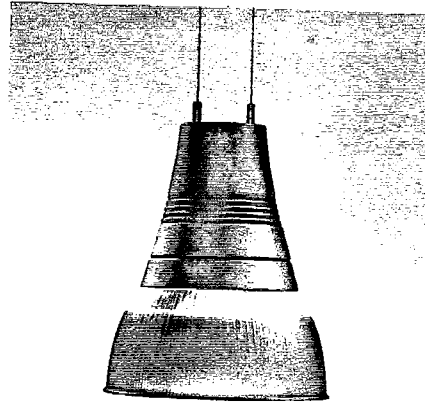
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 8.6 Yüksek basınçlı sodyum buharlı, civa buharlı, karışık ışıklı, metalik halojenürlü (a), metalik halojenürlü (b), (c), (d) lambalar ile kullanılan sarkıt aygıtlar (Philips, Lamp83 Ürün Katalogları).

Sarkıt aygıtlar;

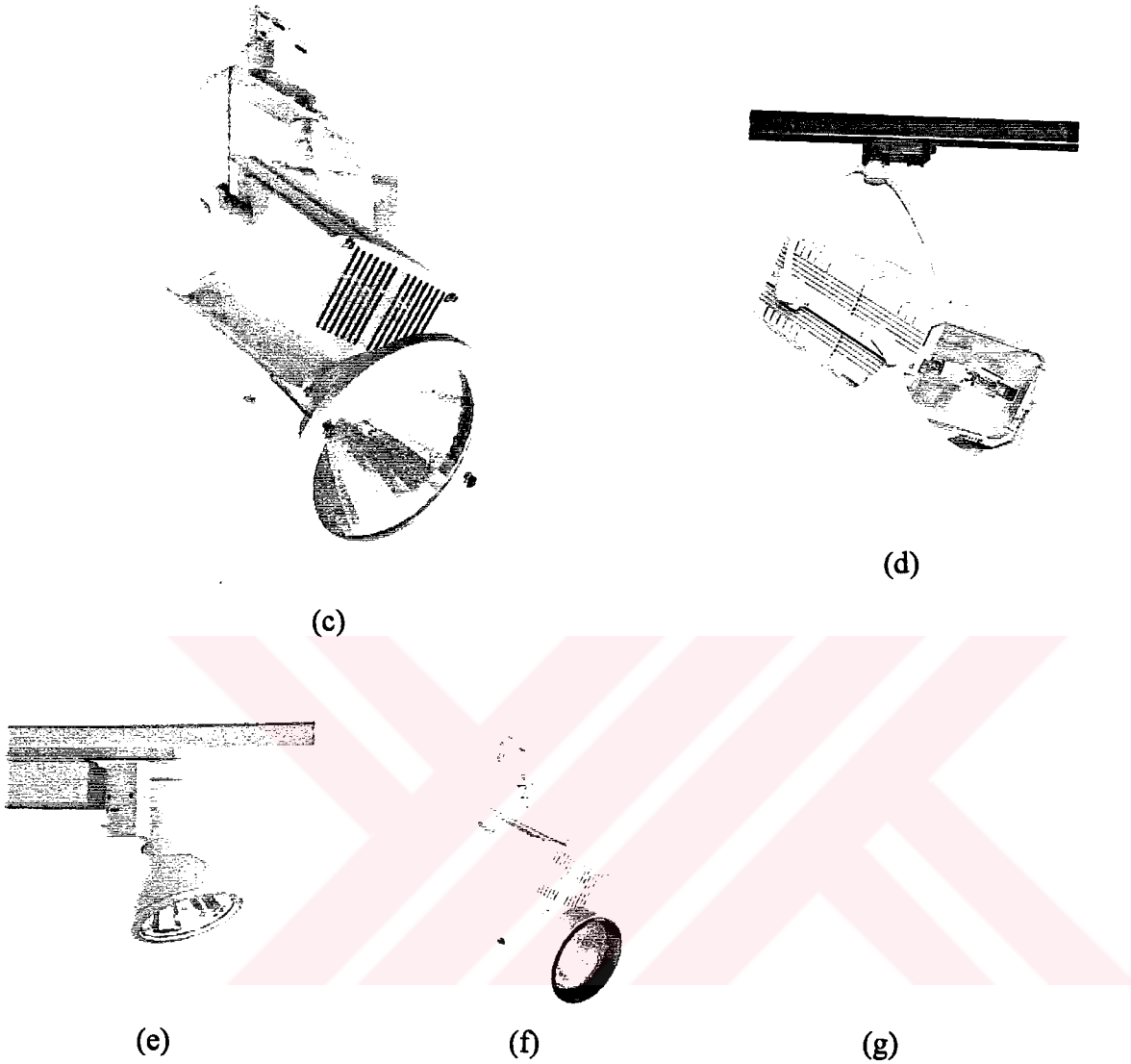
- yüksek tavanlı hacimlerde, aygıtı aydınlanan düzleme –yüzeye- yaklaştırmak,
- bölgesel aydınlatma yapmak,
- aygıtı tavana yönlendirerek dolaylı aydınlatma yapmak

gibi amaçlarla kullanılabilirler. Aygıtın askı yüksekliği değişmez olabileceği gibi, mekanın kullanım özelliklerine göre değiştirilebilen özellikte de olabilir. Askı yüksekliği değiştirilebilir olan aygıtlara “iner çıkar sarkıt aygıt” adı verilebilir.

e) Raylı sistemde kullanılan aygıtlar

Üzerine takılan aydınlatma aygıtının yer değiştirmesini sağlayan ve içinden enerji geçişi sağlanabilen raylı sistemlerde kullanılabilen aygıtlara “raylı sistemde kullanılan aygıtlar” adı verilir. Elektroray da denilen bu sistem, içinde boşalmalı lambalar kullanılan iç mimari düzen içinde daha çok,

- tavana gömülü, tavandan sarkıtılmış ya da tavana (sıva üstü) tespit edilmiş,
- duvara gömülü, duvardan sarkıtılmış ya da duvara (sıva üstü) tespit edilmiş, biçimde yer alabilir (Şekil 8.7).



Şekil 8.7 Yüksek basınçlı sodyum buharlı (a), (b), (c), (e), (f), (g), metalik halojenürlü (d) lambalar ile raylı sistemde kullanılan aygıtlar.

Raylı sistemler, işlev ve/ya da tefrişin değişken olduğu mekanlarda, yüksekliği fazla olan hacimlerde, mimari özelliğinden ötürü (saydam çatı örtüsü, içbükey tavan vb.) aydınlatma tesisatının kolay döşenemediği vb., yerlerde yeğlenmektedirler. Sistemin içerdiği aygıtların sayısı, yeri ve konumu isteğe bağlı olarak değiştirilebilir. Farklı gereksinimler doğrultusunda, aydınlatma düzeninin değiştirilmesi ya da yenilenmesi de kolaydır.

9. YÜKSEK BASINÇLI BOŞALMALI LAMBALAR İÇİN YANSITICI TASARIMI

Aydınlatma tekniğinin belli bir konuya uygulanması, önemli ölçüde aydınlatma aygıtı aracılığı ile gerçekleşir. Bu nedenle, lambalar genellikle aydınlatma aygıtları içinde kullanılır ve aygıtların biçim, gereç ve konum açısından etüdü, bir aydınlatma projesinin temelini oluşturur. Bir aydınlatma düzeninin kurulmasında önemli rol oynayan aygıtların işlevleri.

- lamba ışığını çok değişik aydınlatma amaçlarına göre biçimlendirmek,
- bir mekanda, mekanın işlevsel özelliklerine uygun nicelik ve nitelikte (aydınlık düzeyi değişimleri, ışığın renksel niteliği, ışığın doğrultusu ve oluşturduğu gölgelerin niteliği) aydınlık oluşturmak,
- lambayı gözden gizlemek ya da ışıklılığını azaltarak göz kamaşmasını önlemek ve dış etkilerden korumak,
- iç mimari ile aydınlatma düzeninin uyumunu sağlamak vb.,

olarak özetlenebilir.

Aydınlığın nicelik ve niteliğine ilişkin gereksinimlere uygun aydınlatma aygıtı, koşullara göre hazır aygıtlar arasından seçilebilir. Bununla birlikte, lamba ışığını istenen doğrultulara yönlendirebilmek için, iç mimari düzenin ve görme konusunun özelliklerine bağlı olarak, aygıt tasarımının yapılmasını gerektiren koşullar da söz konusu olabilir. Ancak her iki koşulda önemli olan, aygıtın tasarım sürecinde aydınlatma özelliklerinin belirlenebilmesidir. Bunun gerçekleştirilememesi durumunda, aygıtın üretimi tamamlanmadan, istenen aydınlatma özelliklerini hangi ölçüde sağladığı ve buna bağlı olarak aydınlığın nicelik ve niteliğine ilişkin gereksinimleri karşılayıp karşılamadığı denetlenemez.

Bir aygıtın aydınlatma özellikleri genel olarak, aygıt geriverimi, ışık yeğinlik, ışık akısı ve aydınlık dağılımı ile belirlenir. Öte yandan, yalnızca aygıtla ilgili olan bu özelliklerin yanı sıra aygıtın, hacmin koşullarına bağlı olan, kullanma çarpanı ve ışıklılık dağılımı gibi değerlerinin de saptanması söz konusudur. Ancak, bu değerlerin saptanması, aygıtın içinde yer aldığı hacmin boyutları, iç yüzeylerin ışık yansıtma çarpanları, aygıt yerleşim düzeni, bakış doğrultusu vb. etkenlerin dikkate alınmasını gerektirir.

Görsel algılama konusunun verileri doğrultusunda, istenen ışık yeğinlik, ışık akısı ve aydınlık dağılımının elde edilebilmesi için, lambadan yayımlanan ışık akısı belirli doğrultulara yönlendirilmelidir. Lamba ışık akısının yönlendirilmesi ise ağırlıklı olarak, aydınlatma aygıtlarında, ışığı istenen doğrultulara yansıtan yansıtıcıların ve belli özellikteki lambaların

kullanılması ile olanaklı olur. Lamba ışığının biçimlendirilmesinde belirleyici olan, aydınlatma aygıtı yansıtıcıları ve lambalarda olması gereken özellikler aşağıdaki bölümlerde kısaca ele alınmıştır.

9.1 Yansıtıcı Özellikleri

Yansıtıcı gerecinin ışık yansıtma biçimi, yansıyan ışığın istenen doğrultulara gönderilebilmesi, bir başka deyişle aygıt ışık yeğinlik eğrisinin isteğe uygun biçimlendirilmesi ve aygıtın aydınlattığı yüzeylerdeki aydınlık dağılımının denetlenmesinde büyük önem taşır. Yansıyan ışığı belli doğrultulara yönlendirmek, yansıtıcının yalnızca düzgün yansıma yapması durumunda olanaklıdır. Çünkü bu yansıma biçiminde, yansıtıcı yüzeyden yansıyan ışığın doğrultusu kesin olarak belirlenebilir. Buna bağlı olarak, yansıtıcının biçim, boyut gibi özellikleri, ışığı istenen doğrultulara yansıtmak üzere saptanabilir. Yansıtıcının düzgün yansıma yapması, lamba ışığının aygıt içinde olabildiğince az kayba uğrayarak aygıt dışına çıkmasında da etkilidir. Lamba ışığının istenilen doğrultulara büyük kayıplar vermeden yönlendirilmesinde, yansıtıcı gerecinin, düzgün yansıma özelliğini taşımasının yanı sıra, yansıtma çarpanının da yüksek olması önem taşır.

Öte yandan yansıtıcının geometrik özellikleri, lambadan çıkarak yansıtıcı yüzeye gelen ışığın, yansıma doğrultusunun belirlenmesinde ve tek bir yansıma ile aygıttan dışarı çıkmasında belirleyici rol oynar. Daha açık bir deyişle, düzgün yansıma geometrisinden yararlanılmasında, yansıtıcının geometrik özellikleri bilinen bir biçimde olması büyük önem taşır.

Bu çalışma içinde, iç yüzeyi düzgün yansıma yapan,

- paraboloid yansıtıcı ve
- tekli bükümlü yüzeyli yansıtıcı,

ele alınarak, kimi yüksek basınçlı boşalmalı lambaların kullanımı için, yansıtıcı tasarımına örnekler oluşturulmuştur.

9.2 Işık Kaynağının Özellikleri

Lamba ışığının, iç yüzeyi düzgün yansıma yapan ve geometrik özellikleri bilinen bir biçimde olan yansıtıcı aracılığı ile biçimlendirilmesinin bağlı olduğu etkenler, kaynağın,

- geometrik biçimi,
- ışık yeğnlik eğrisi,
- yansıtıcı içindeki konumu,

olarak sıralanabilir.

Bir lambadaki ışık kaynağının, bir başka deyişle, yanan bir lambaya dıştan bakıldığında görünen ışıklı bölgesinin, geometrik özelliklerinin küre, silindir vb. bilinen bir biçimde olması durumunda, yansıtıcıdan yansıyan ışığın aydınlanan düzlemde -yüzeyde- yayıldığı alan kesin ve kolay olarak hesaplanabilir.

Yansıtıcı tasarımının yapılabilmesi için, ışık kaynağının bilinmesi gereken bir başka özelliği, ışık yeğnlik eğrisidir. Işık yeğnlik eğrisi bilinen kaynağın yansıtıcının değişik bölgelerine yayımladığı ışık akısının niceliği saptanabilir. Yüzeyindeki ışıklılığı düzgün yayılmış olan noktasal ışık kaynağının ışık yeğnlik eğrisi küre, doğrusal ışık kaynağının ışık yeğnlik eğrisi ise tordur. Kaynak yüzeyindeki ışıklılık dağılımının düzgün yayılmadığı durumda, her iki kaynak türünde de ışık yeğnlik eğrisi biçiminin değişeceği açıktır.

Biçimi ve ışık yeğnlik eğrisi belli bir ışık kaynağının yansıtıcı içindeki konumu, aygıtın aydınlatma özelliklerini belirleyen bir başka etkidir. Kaynağın yansıtıcı içindeki konumu değiştikçe, aygıtın aydınlatma özellikleri de değişir.

Bu çalışma içinde yapılan örnek yansıtıcı tasarımlarında lamba türleri olarak,

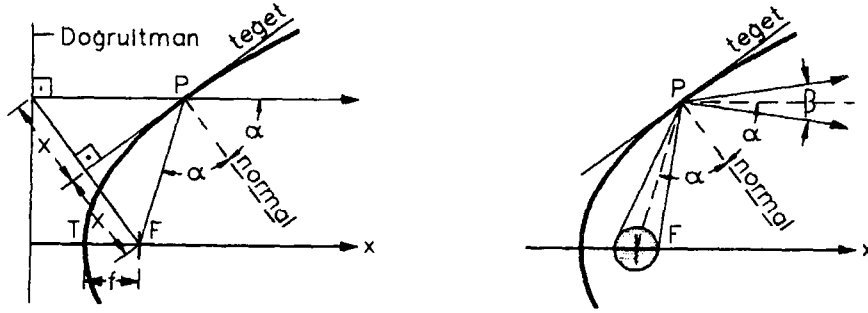
- ışık yeğnlik eğrisi büyük bir yakınlıkla tor, ışık kaynağı biçimi ise, çapı ve yüksekliği birbirine çok yakın bir silindir (seramik tüp) olan metalik halojenürlü lamba [CDM-T (Philips), (Şekil 9.6, 9.7)] ve
- ışık yeğnlik eğrisi yine büyük bir yakınlıkla tor, ışık kaynağı biçimi yay şeklinde bir silindire benzer olan metalik halojenürlü lamba [MHN-T (Philips), (Şekil 9.15)]

kullanılmıştır.

9.3 Parabolit Yansıtıcı

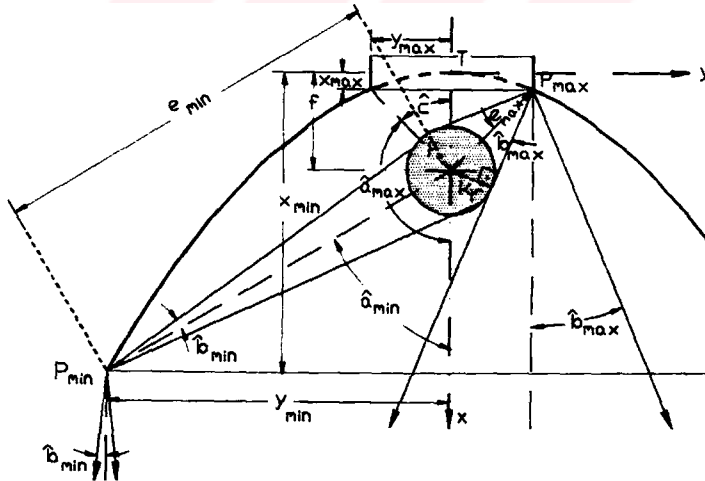
Bir koni ile bir düzlemin ara kesiti olan eğrilere "konikler" denir. Konikler, koniyi kesen düzlemin, koni ekseni ile yaptığı açının, koni tepe açısı yarısına eşit olması durumunda

"parabol" olarak adlandırılır (Koz, 1972 ve Öztürk, 1992). Parabolün x eksenı çevresinde döndürölmesi ile elde edilen konik yansıtıcıya ise "paraboloit" adı verilir. Bir paraboloit yansıtıcı içinde boyutsuz nokta ışık kaynağı ve belirli bir büyüklükteki ışık kaynağının bulunması durumunda, ışığın yansıma doğrultusu Şekil 9.1' de gösterildiğı gibidir. Belli büyüklükteki ışık kaynağının kullanıldığı koşulda, yansıyan ışığın dağılma açısı büyüklüğünün, kaynak ve yansıtıcı boyutuna bağılı olarak değışeceği açıktır.



Şekil 9.1 Bir parabolde ışığın yansıma doğrultusu (Öztürk, 2001a).

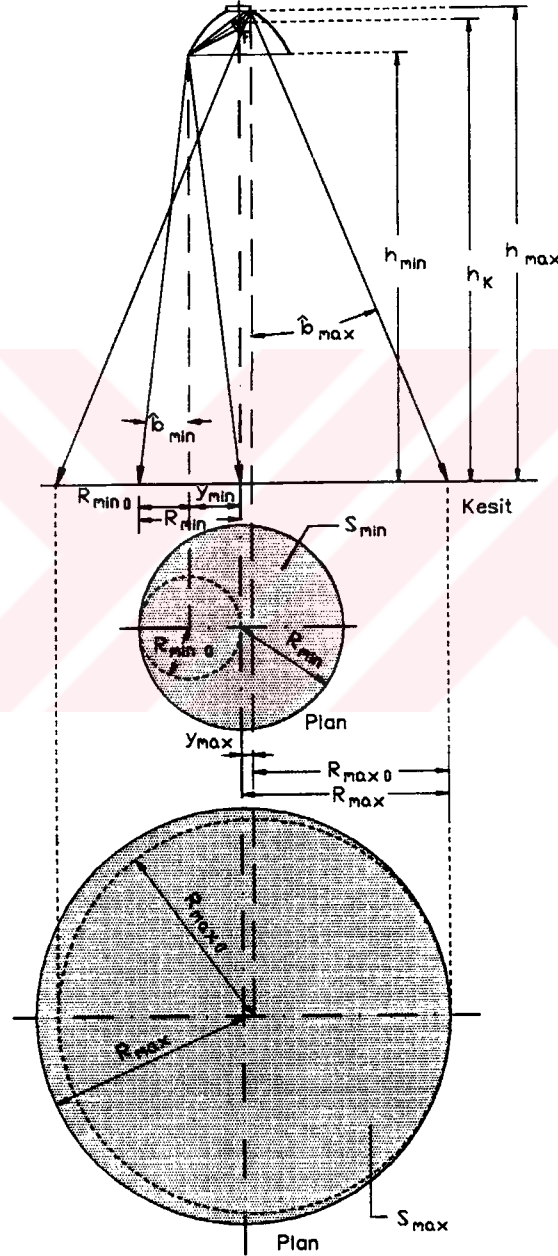
Dağılma açısı yansıtıcının tepe noktasında (T) maksimum, etek noktasında (P_{min}) minimum büyüklükte olur. Uygulamada, maksimum dağılma açısının ($2b_{max}$) büyüklüğü, bırakılan duy boşluğu büyüklüğüne (P_{max}), minimum dağılma açısının ($2b_{min}$) büyüklüğü ile yansıtıcının ağız açıklığına (P_{min}) ve dolaysız ışığın yayılma açısına bağılı olarak değışir (Şekil 9.2).



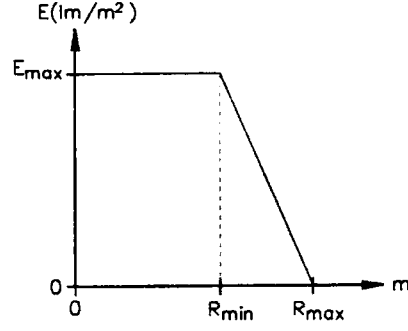
Şekil 9.2 Minimum ve maksimum dağılma açısını belirleyen büyüklükler (Öztürk, 1999c).

Yansıtıcının değışik noktalarından yansıyan ışıkların aydınlattıkları alanların biçimi, ışık kaynağı ve yansıtıcı boyutu ile yansıtıcının aydınlanan düzleme uzaklığına göre daire ya da daire halkası olur (Şekil 9.3). Yansıtıcının tüm noktalarından yansıyan ışıkların aydınlattıkları

alanların bir bölümü üst üste biner. Buna bağlı olarak, üst üste binen her alana ilişkin aydınlık düzeyleri birbirine eklenir ve böylece, aygıttan yayımlanan toplam ışık, yatay düzlemde belli bir aydınlık dağılımı oluşturur. Aydınlanan toplam alanın sınırını maksimum dağılma açısının yayılma alanı belirler ve bu alanın belli bir bölgesindeki aydınlık maksimum nicelikte olur (Şekil 9.3, 9.4) (Öztürk, 1999, 2001).



Şekil 9.3 Minimum ve maksimum dağılma açısı yayılma alanlarının bağlı olduğu büyüklükler (Öztürk, 1999c).



Şekil 9.4 Aydınlık düzeyi eğrisi (Öztürk, 1999c).

Buraya kadar yapılan açıklamalardan anlaşılacağı üzere, paraboloid yansıtıcılı bir aydınlatma aygıtının oluşturduğu aydınlık dağılımını belirleyen büyüklükler,

- paraboloidin odak uzaklığı, dolayısıyla yansıtıcının büyüklüğü,
- yansıtıcının ağız açıklığı, yani dolaysız ışığın yayılma açısı,
- ışık kaynağının biçimi, boyutu, ışık yeğinlik dağılımı,
- yansıtıcı ile aydınlanan düzlem arasındaki uzaklık,
- minimum ve maksimum dağılma açıları yayılma alanlarının biçimi ve büyüklüğü,
- lambanın yayımladığı ışık akısı,

olarak sıralanabilir.

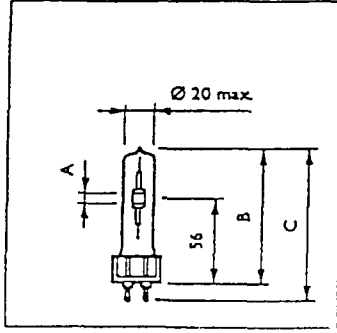
9.3.1 Kullanılan Işık Kaynağının Özellikleri

Paraboloid yansıtıcılı uygulama örneklerinde, iç mekan aydınlatma düzenlerinde yaygın olarak yer verilen, yüksek basınçlı boşalmalı lambalardan metalik halojenürlü CDM-T (Philips) lambası kullanılmıştır.* Bu lamba türünün 70 W (6400 lm) ve 150 W (13500 lm) gücündeki iki ayrı tipi için işlem yapılmıştır.

Söz konusu lambalar, tek dipli olup, dış ampulleri tüp biçimindedir. Işıklılığın tüp yüzeyinde oldukça düzgün yayılmasını sağlayan seramikten yapılmış olan (Bölüm 6) boşalma tüpü, çapı ve yüksekliği birbirine çok yakın bir silindir biçimindedir. Lambanın boşalma tüpü ve koruyucu ampulüne ilişkin ölçüler Şekil 9.5 ve Çizelge 9.1' de verilmiştir.

* HCI-T (Osram) lambasının özellikleri CDM-T (Philips) ile benzerdir. Bu nedenle ışık yeğinlik eğrilerinin de benzer olacağı düşünülebilir.

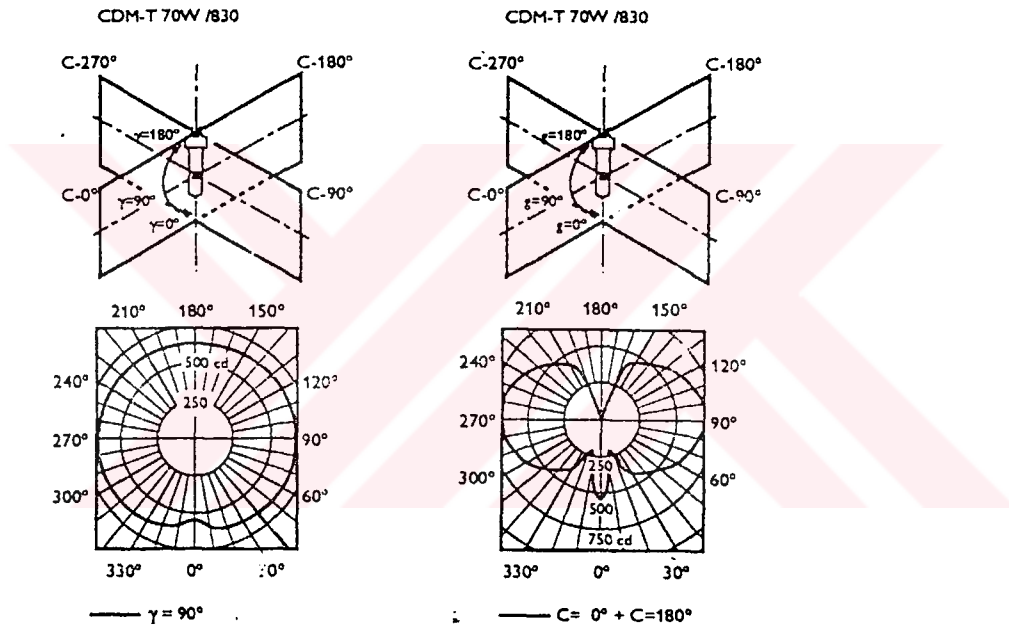
Çizelge 9.1 Farklı güçler için CDM-T lamba ölçüleri
(Philips Lighting A.Ş. Dökümanları).



Şekil 9.5 CDM-T lamba ölçüleri
(Philips Lighting A.Ş. Dökümanları).

	CDM-T 70 W	CDM-T 150 W
A (mm)	7	9
B (mm)	90	95
C (mm)	101	106
Dip	G12	G12

Metalik halojenürlü lambanın ışık yeğinlik eğrisi büyük bir yakınlıkla tordur (Şekil 9.6, 9.7).

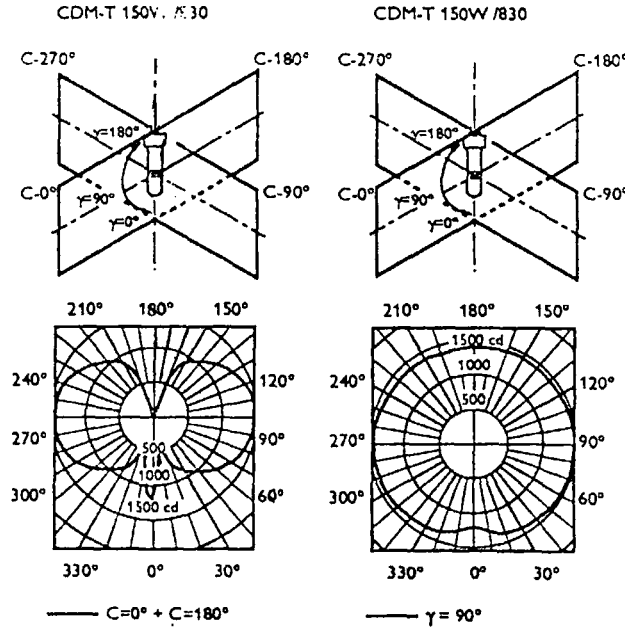


Şekil 9.6 70 W CDM-T lambası ışık yeğinlik eğrisi (Philips Lighting A.Ş. Dökümanları).

Kimi saydam boşalma tüplü ve saydam ampullü lambaların, iç yüzeyi düzgün yansıma yapan parabolit yansıtıcılar içinde kullanılması durumunda, kimi koşullarda, aydınlanan düzeyde rahatsız edici,

- renkli ışık lekeleri ve
- ışık kaynağının yüksek ışıklıltaki görüntüsü,

oluşabilmektedir. Boşalma tüpleri seramik olan metalik halojenürlü lambaların söz konusu yansıtıcılar ile birlikte kullanılması durumunda ise istenmeyen bu olumsuzlukların ortaya çıkması önlenmiş olmaktadır.



Şekil 9.7 150 W CDM-T lambası ışık yeğinlik eğrisi (Philips Lighting A.Ş. Dökümanları).

9.3.2 Paraboloid Yansıtıcı Tasarımı

Odağında noktasal ya da doğrusal ışık kaynağının yer aldığı paraboloid yansıtıcıdan yansıyan toplam ışık, 9.3. bölümde de belirtildiği gibi, merkezi aygıt ekseni olan, dairesel bir alana düşer. Maksimum dağılma açısının yayılma alanı, aydınlanan daire biçimindeki toplam alanın sınırını belirler (Şekil 9.3). Minimum dağılma açısının yayılma alanı ise, yine merkezi aygıt ekseni olan bir daire ya da daire halkası olur ve bu alan, maksimum dağılma açısının yayıldığı alandan küçüktür. Yansıtıcının etek (R_{min}) ile duy noktası (P_{max}) arasındaki öteki noktalarından yansıyan ışıkların yayılma alanları, temelde, maksimum dağılma açısının yayıldığı alandan küçük, minimum dağılma açısının yayıldığı alandan büyük olur. Bu nedenle, yansıtıcının bütün noktalarından yansıyan ışıkların bir bölümü, minimum dağılma açısının yayılma alanına düşer. Koşullara göre daire ya da daire halkası biçiminde olan minimum dağılma açısının yayıldığı alanda, maksimum nicelikte aydınlık (E_{max}) oluşur ve bu alandaki maksimum aydınlık düzeyi düzgün yayılmış varsayılabilir (Şekil 9.4). Minimum dağılma açısı yayılma alanının daire halkası biçimini aldığı durumda, aygıt eksenindeki aydınlık düzeyi, maksimum aydınlık düzeyinden daha düşük olmaktadır. Bir başka deyişle,

aydınlanan toplam alandaki aydınlığın olabildiğince düzgün yayılması minimum dağılma açısı yayılma alanının daire biçiminde olmasına bağlıdır (Şekil 9.3) (Öztürk, 1995, 2001).

Bu nedenle, aydınlığın denetlenmesinde amaç, "belirli büyüklükte ve daire biçimindeki minimum dağılma açısı yayılma alanında aydınlığın düzgün yayılmasını sağlayacak yansıtıcıyı belirlemek" olmalıdır. Bu amaca yönelik olarak, yansıtıcı özelliklerinin (yansıtıcı odak uzaklığı ve dolaysız ışığın yayılma açısı, dolayısıyla yansıtıcı ağız açıklığı) saptanmasında yararlanılabilecek işlem dizisi aşağıda verilmiştir:

$$\hat{b}_{\min} = \text{tg}^{-1} [(R_{\min} - y_{\min}) / h_{\min}] \quad (9.1)$$

$$e_{\min} = k_r / \sin \hat{b}_{\min} \quad (9.2)$$

$$\hat{a}_{\min} = \sin^{-1} (y_{\min} / e_{\min}) \quad (9.3)$$

$$f = [e_{\min}(1 - \cos \hat{a}_{\min})] / 2 \quad (9.4)$$

$$x_{\max} = y_{\max}^2 / 4f \quad (9.5)$$

$$\hat{c} = \text{tg}^{-1} [y_{\max} / (f - x_{\max})] \quad (9.6)$$

Kullanılan simgeler:

$\hat{b}_{\min}$: Minimum dağılma açısı yarı (derece)

$h_{\min}$: Yansıtıcı yüksekliği (m)

$\hat{a}_{\min}$: Dolaysız ışığın yayılma açısı (derece)

$e_{\min}$: Etek noktası ($P_{\min}$) ile odak arasındaki uzaklık (m)

$y_{\min}$: Yansıtıcı ağız açıklığı yarı (m)

f : Odak uzaklığı (m)

$x_{\max}$: Duy noktasının ($P_{\max}$) yansıtıcının y eksenine uzaklığı (m)

$y_{\max}$: Duy boşluğu yarı (m)

$\hat{c}$: Odak noktasının duy boşluğunu görme açısının yarı (derece)

k_r : Işık kaynağı yarıçapı (m) (Şekil 9.2-9.4).

9.3.3 Uygulama Örnekleri

Bu bölümde, temel ilkeleri 9.3.2. bölümde açıklanan yaklaşım uyarınca, düzgün yayılmış aydınlık sağlayan parabolit yansıtıcıların elde edilmesi ile ilgili örnekler yer almaktadır. Uygulama örneklerinde, daire biçimindeki minimum dağılma açısı yayılma alanında düzgün yayılmış aydınlığı oluşturacak parabolit yansıtıcıların özelliklerinin saptanması amaçlanmıştır. Parabolit yansıtıcılar belirlenirken,

- minimum dağılma açısı yayılma alanı yarıçapının ($R_{\min}$; cm): 10, 12.5, 15, 17.5, 20, 22.5, 25, 27.5, 30,
- yansıtıcı yüksekliğinin ($h_{\min}$, cm): 200, 225, 250, 275, 300, 325, 350, 375, 400,
- yüksekliği ile çapı birbirine çok yakın bir silindir olan seramik tüpün biçimi daire varsayılmış ve ışık kaynağı çapının (k_c ; cm): 0.7, 0.9,
- ışık kaynağının yayımladığı ışık akısının (Φ_L ; lm): 6400, 13500,
- yansıtıcı yansıtma çarpanının (r): 0.80,
- duy boşluğunun ($2y_{\max}$; cm): 5,

olduğu toplam 162 değişik durum için 9.3.2. bölümde verilen işlem sırası izlenerek, hesap yapılmıştır.



Çizelge 9.2 70 W CDM-T ($k_c=0,7$ cm) için belirlenen paraboloit yansıtıcıların odak uzaklığı (f) ve dolaysız ışığın yayılma açısı yarıısı ($\hat{a}_{min}$).

f (cm) â _{min} (derece)		Düzgün yayılmış aydınlık alanı yarıçapı (R _{min} ; cm)									
		10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5	30	
Yansıtıcı yüksekligi (h _{min} ; cm)	200	0,46 20,92	0,95 33,90	1,89 53,42	-	-	-	-	-	-	
	225	0,41 18,50	0,83 29,72	1,58 45,56	3,44 76,29	-	-	-	-	-	
	250	0,37 16,59	0,74 26,51	1,36 39,99	2,58 60,98	-	-	-	-	-	
	275	0,33 15,05	0,66 23,94	1,21 35,75	2,14 52,31	-	-	-	-	-	
	300	0,30 13,77	0,60 21,84	1,09 32,38	1,89 46,79	3,64 72,15	-	-	-	-	
	325	0,28 12,69	0,55 20,08	0,99 29,63	1,69 42,29	2,97 61,49	-	-	-	-	
	350	0,26 11,78	0,51 18,59	0,92 27,33	1,54 38,67	2,59 54,69	-	-	-	-	
	375	0,24 10,98	0,48 17,31	0,84 25,37	1,41 35,68	2,31 49,61	4,28 74,55	-	-	-	
	400	0,23 10,29	0,44 16,20	0,79 23,69	1,30 33,14	2,10 45,57	3,56 64,64	-	-	-	

Yansıtıcı yüksekliği (h_{min} ; cm)

Çizelge 9.3 150 W CDM-T ($k_q=0,9$ cm) için belirlenen parabolit yansıtıcıların odak uzaklığı (f) ve dolaysız ışığın yayılma açısı yarısı ($\hat{\alpha}_{min}$).

f (cm) â _{min} (derece)		Düzgün yayılmış aydınlık alanı yarıçapı (R _{min} ; cm)								
		10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5	30
Yansıtıcı yüksekliği (h _{min} ; cm)	200	0,35 16,12	0,71 25,71	1,32 38,65	2,44 58,19	-	-	-	-	-
	225	0,31 14,29	0,63 22,68	1,14 33,73	1,99 49,08	4,24 80,64	-	-	-	-
	250	0,28 12,84	0,56 20,31	1,00 29,99	1,72 42,85	3,04 62,65	-	-	-	-
	275	0,26 11,65	0,51 18,39	0,90 27,02	1,52 38,19	2,54 53,86	-	-	-	-
	300	0,23 10,67	0,46 16,82	0,82 24,62	1,36 34,54	2,21 47,76	3,90 69,53	-	-	-
	325	0,22 9,84	0,43 15,49	0,75 22,61	1,24 31,56	1,98 43,11	3,24 59,87	-	-	-
	350	0,19 9,13	0,39 14,36	0,69 20,92	1,14 29,08	1,79 39,39	2,83 53,43	5,48 82,49	-	-
	375	0,19 8,52	0,37 13,38	0,64 19,47	1,05 26,98	1,64 36,33	2,54 48,56	4,19 67,73	-	-
	400	0,18 7,98	0,34 12,53	0,60 18,21	0,98 25,17	1,52 33,74	2,31 44,66	3,62 60,18	-	-

Yansıtıcı yüksekliği (h_{min} ; cm)

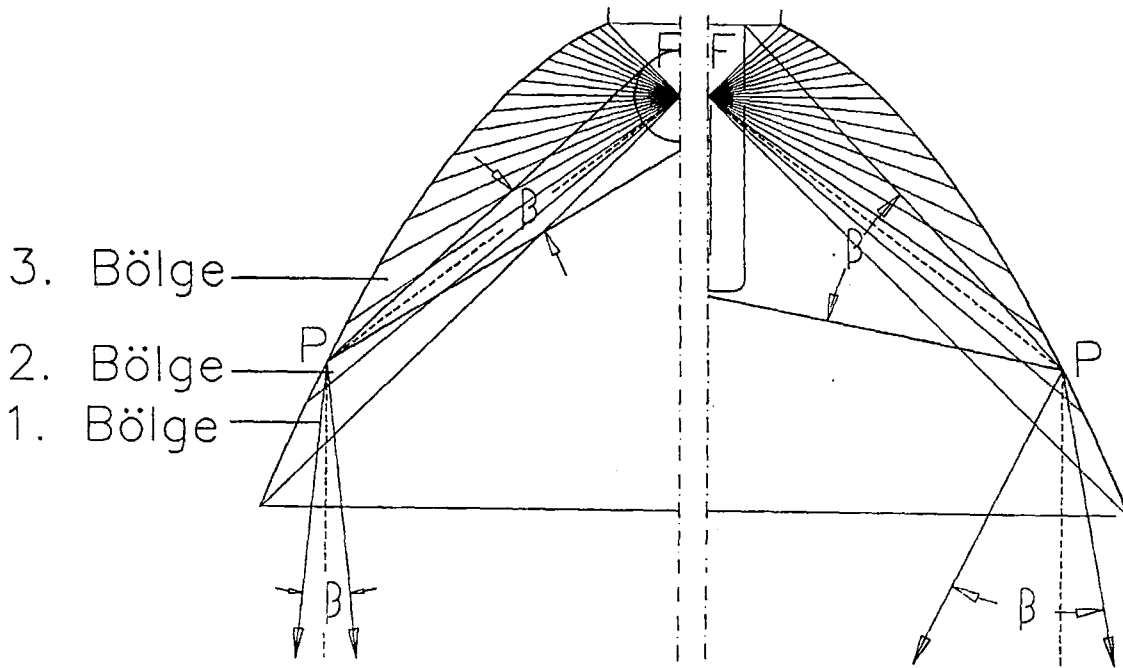
Saptanan 81 durum için yapılan hesaplamalar sonucunda, 68 ayrı durumda istenen koşulları sağlayacak paraboloid yansıtıcının elde edilemediği görülmüştür (Çizelge 9.2, 9.3). Elde edilen 94 yansıtıcı arasından, $f \geq 1.5$ cm, $\hat{a}_{\min} \geq 45$ olan 35 durum, Çizelge 9.2 ve 9.3' teki ilgili hücreler koyulaştırılarak belirtilmiştir. Söz konusu 35 durum için, yansımış ışık geriverimleri (η_y), yansıtıcı ağız açıklıkları ($2y_{\min}$) ve yansıtıcı yükseklikleri ($x_{\min}$) de hesaplanarak, yansıtıcıların özellikleri toplu olarak Çizelge 9.4 ve 9.5' de sunulmuştur.

Bu bölümde ayrıca, bir adet 70 W, bir adet de 150 W gücündeki metalik halojenürlü lamba için saptanan paraboloid yansıtıcı ele alınarak, aydınlık dağılımı, hacim açısı yöntemi ile belirlenmiştir. Ele alınan yansıtıcılar Çizelge 9.2 - 9.5' de çerçeve içine alınarak belirtilmiştir:

- 70 W CDM-T : f : 2.59 cm, $\hat{a}_{\min}$: 54.69° , $x_{\min}$: 9.67 cm, $y_{\min}$: 10, Φ_L : 6400 lm
- 150 W CDM-T : f : 2.83 cm, $\hat{a}_{\min}$: 53.43° , $x_{\min}$: 11.18 cm, $y_{\min}$: 11.25, Φ_L : 13500 lm

Aydınlık dağılımı belirlenirken, yansıtıcı kesiti üzerinde ayrılan her yansıtıcı bölgesinin orta noktası (P) doğrultusundaki ışık yeğinlik değeri (I), lambaların ışık yeğinlik eğrileri aracılığı ile saptanmıştır (Şekil 9.6, 9.7 ve 9.8)

Hacim açısı yöntemine göre aydınlık dağılımı hesabında yapılan işlemler ve ele alınan örnek durumlara ilişkin elde edilen değerler Çizelge 9.6, 9.7' de verilmiştir. Söz konusu örnek durumlarda oluşan aydınlık dağılımları da Şekil 9.9 ve 9.10' da gösterilmiştir.

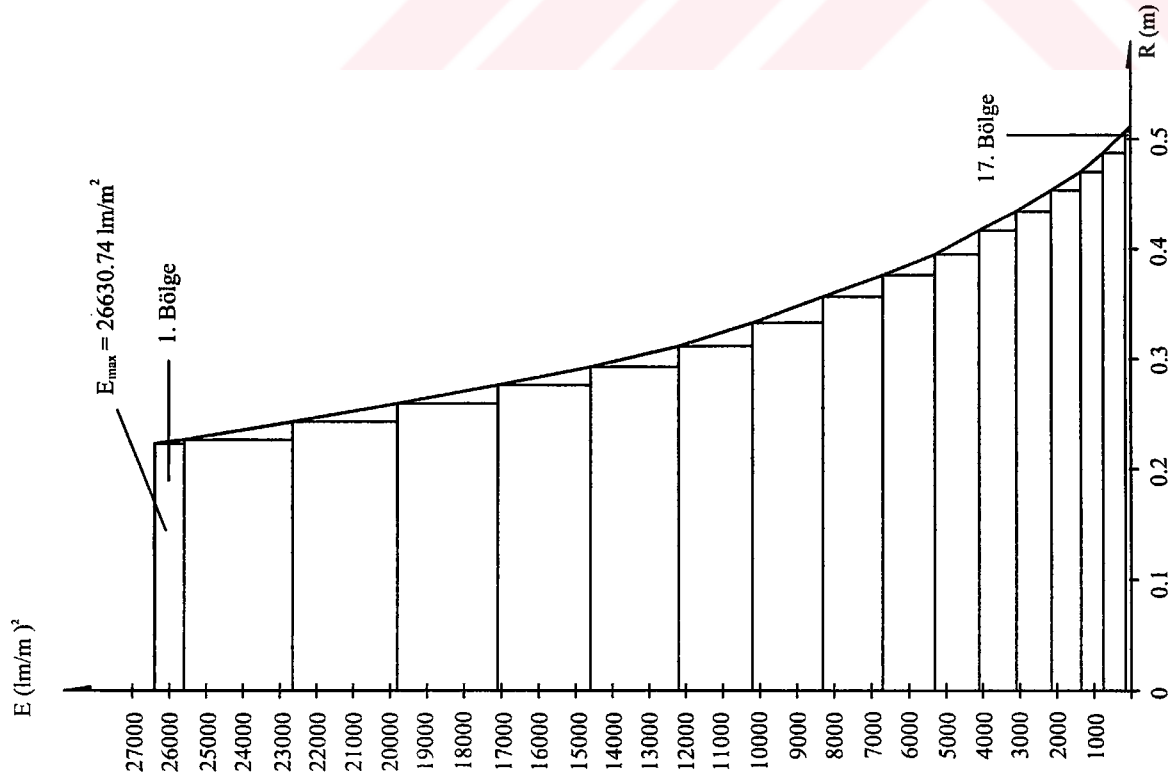


Şekil 9.8 Dağılım açısının bağlı olduğu büyüklükler (Öztürk, 2001a).

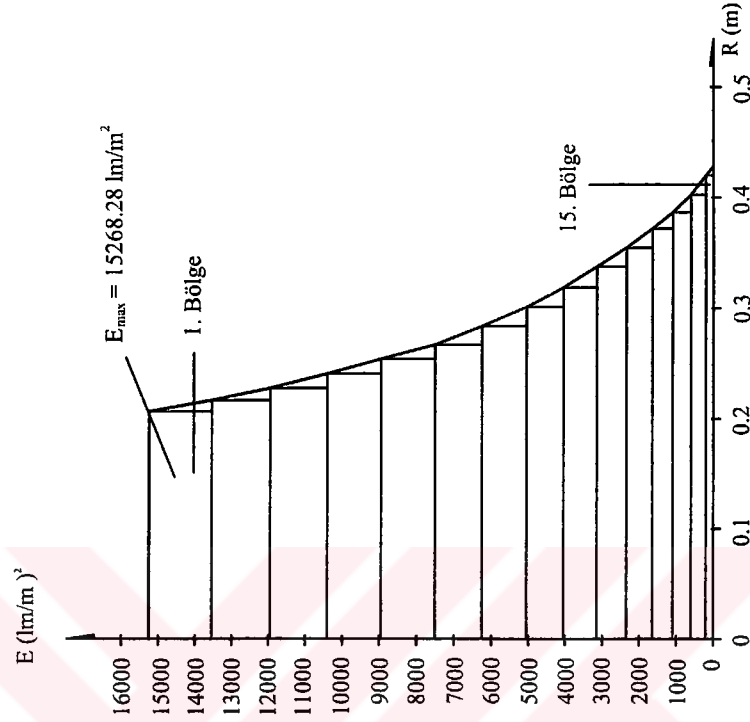
R_{min} (cm)	h_{min} (cm)	f (cm)	$\hat{a}_{min}$ (derece)	x_{min} (cm)	y_{min} (cm)	η_y (%)
15	200	1,89	53,42	7,45	7,5	0,49
15	225	1,58	45,55	8,93	7,5	0,45
17,5	225	3,44	76,29	5,57	8,75	0,49
17,5	250	2,58	60,98	7,43	8,75	0,56
17,5	275	2,14	52,31	8,95	8,75	0,55
17,5	300	1,89	46,79	10,11	8,75	0,53
17,5	325	1,69	42,29	11,31	8,75	0,49
17,5	350	1,54	38,67	12,47	8,75	0,39
20	300	3,64	72,15	6,86	10	0,54
20	325	2,97	61,49	8,41	10	0,59
20	350	2,59	54,69	9,67	10	0,60
20	375	2,31	49,61	10,82	10	0,59
20	400	2,10	45,57	11,91	10	0,58
22,5	375	4,28	74,55	7,39	11,25	0,54
22,5	400	3,56	64,64	8,89	11,25	0,60

Çizelge 9.5 150 W CDM-T için belirlenen parabolit yansıtıcıların özellikleri.

R_{min} (cm)	h_{min} (cm)	f (cm)	$\hat{a}_{min}$ (derece)	x_{min} (cm)	y_{min} (cm)	η_y (%)
17,5	200	2,44	58,19	7,86	8,75	0,58
17,5	225	1,99	49,08	9,58	8,75	0,58
17,5	250	1,72	42,86	11,15	8,75	0,54
17,5	275	1,52	38,19	12,64	8,75	0,49
20	225	4,24	80,64	5,89	10	0,45
20	250	3,04	62,65	8,22	10	0,59
20	275	2,54	53,86	9,84	10	0,62
20	300	2,21	47,76	11,29	10	0,62
20	325	1,98	43,11	12,66	10	0,60
20	350	1,79	39,39	13,97	10	0,58
20	375	1,64	36,33	15,24	10	0,55
20	400	1,52	33,74	16,49	10	0,51
22,5	300	3,90	69,53	8,10	11,25	0,59
22,5	325	3,24	59,87	9,77	11,25	0,65
22,5	350	2,83	53,43	11,18	11,25	0,66
22,5	375	2,54	48,56	12,47	11,25	0,67
22,5	400	2,31	44,66	13,69	11,25	0,65
25	350	5,48	82,49	7,13	12,5	0,60
25	375	4,19	67,73	9,31	12,5	0,61
25	400	3,62	60,18	10,79	12,5	0,67



Şekil 9.9 Aydınlık düzeyi eğrisi (70 W CDM-T).



Şekil 9.10 Aydınlık düzeyi eğrisi (150 W CDM-T).

9.3.4 Sonuçların Karşılaştırması ve Değerlendirilmesi

9.3.3. bölümde, farklı minimum dağılma açısı yayılma alanı yarıçapları (R_{min}) ve yansıtıcı yükseklikleri (h_{min}) değerleri uyarınca belirlenen ve Çizelge 9.4-9.5' te özellikleri verilen parabolit yansıtıcıların karşılaştırılması ve değerlendirilmesi aşağıdaki gibi yapılabilir.

- Düzgün yayılmış aydınlık alanı yarıçapı (R_{min}), yansıtıcı yüksekliği (h_{min}) ve yansıtıcı ağız açıklığının yarısı (y_{min}) sabit tutulduğunda, kullanılan ışık kaynağı boyutu küçüldükçe,
 - odak uzaklığı (f) büyümekte,
 - dolaysız ışığın yayılma açısı yarısı ($\hat{\alpha}_{min}$) büyümekte,
 - yansıtıcının yüksekliği (x_{min}) küçülmekte,
 - yansımış ışık geriverimi (η_y) küçülmektedir.

Örneğin; R_{min} : 20 cm., h_{min} : 300 cm., y_{min} : 10 cm. olduğu durumda, kaynak çapı 0.9 cm.' den, 0.7 cm.' ye küçüldüğünde,

- f , 2.21 cm.' den, 3.64 cm.' ye büyümekte,
 - $\hat{\alpha}_{min}$, 47.76 dereceden, 72.50 dereceye büyümekte,
 - x_{min} , 11.29 cm.' den, 8.86 cm.' ye küçülmekte,
 - η_y , 0.62' den, 0.54' e küçülmektedir.
- Işık kaynağının boyutu ne olursa olsun, düzgün yayılmış aydınlık alanı yarıçapı (R_{min}), ve yansıtıcı ağız açıklığının yarısı (y_{min}) sabit tutulduğunda, yansıtıcı yüksekliği (h_{min}) büyüdükçe,
 - odak uzaklığı (f) küçülmekte,
 - dolaysız ışığın yayılma açısı yarısı ($\hat{\alpha}_{min}$) küçülmekte,
 - yansıtıcının yüksekliği (x_{min}) büyümektedir.

Örneğin; çapı 0.9 cm. olan ışık kaynağı kullanıldığında, R_{min} : 20 cm., y_{min} : 10 cm. olması durumunda, h_{min} , 250 cm.' den, 300 cm.' ye büyüdüğünde,

- f , 3.04 cm.' den, 2.21 cm.' ye küçülmekte,
 - $\hat{\alpha}_{min}$, 62.65 dereceden, 47.76 dereceye küçülmekte,
 - x_{min} , 8.22 cm.' den, 11.29 cm.' ye büyümektedir.
- Işık kaynağının boyutu ne olursa olsun, yansıtıcı yüksekliği (h_{min}) eşit iken, düzgün yayılmış aydınlık alanı yarıçapı (R_{min}), ve yansıtıcı ağız açıklığının yarısı (y_{min}) büyüdükçe,

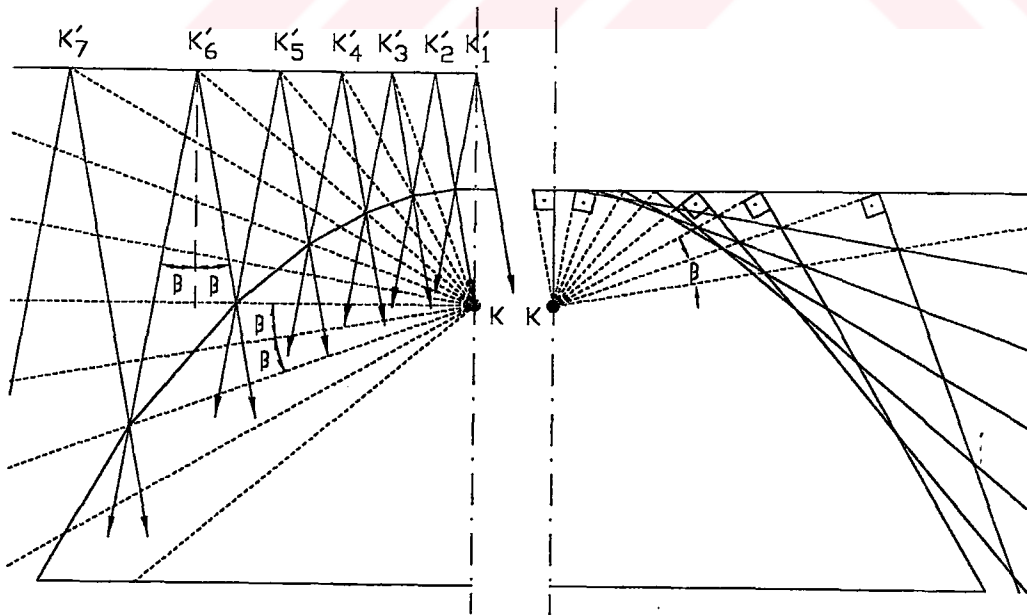
- odak uzaklığı (f) büyümekte,
- dolaysız ışığın yayılma açısı yarısı ($\hat{a}_{\min}$) büyümekte,
- yansıtıcının yüksekliği ($x_{\min}$) küçülmektedir.

Örneğin; çapı 0.7 cm. olan ışık kaynağı kullanıldığında, $h_{\min}$: 300 olması durumunda, $R_{\min}$ - $y_{\min}$, 17.5-8.75 cm.' den, 20-10 cm.' ye büyüdüğünde,

- f , 1.89 cm.' den, 3.64 cm.' ye büyümekte,
- $\hat{a}_{\min}$, 46.79 dereceden, 72.15 dereceye büyümekte,
- $x_{\min}$, 10.11 cm.' den, 6.86 cm.' ye küçülmektedir.

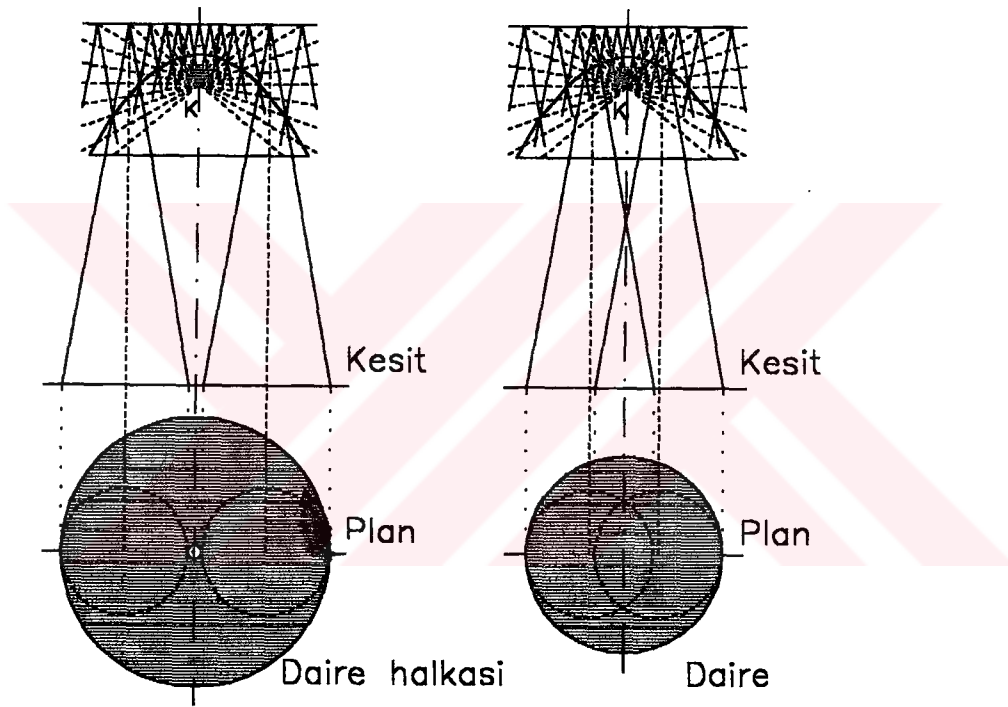
9.4 Tekli Bükey Yüzeyli Yansıtıcı

Tekli bükey yüzeyli yansıtıcının, yansıtıcı eksenine dik düzlem ile ara kesiti "çember", eksene paralel düzlem ile ara kesiti "doğru parçaları" dır. Bu yansıtıcının tasarımında, genel olarak yansıtıcının her parçasından yansıyan ışığın aynı büyüklükteki açı (2β) içine yayılmasını sağlamak amaçlanır. Bu amaçla oluşturulan yansıtıcı parçalarının uzunluk ve eğimi, ışık kaynağı boyutsuz nokta kaynak kabul edilerek, Şekil 9.11' de görüldüğü gibi belirlenecektir. Yansıyan ışığın yayılma açısı küçüldükçe, doğal olarak yansıtıcı parçaları da küçülür. Yayılma açısı sıfır olduğunda, tekli bükey yüzeyli yansıtıcı, parabolit yansıtıcıya dönüşür.



Şekil 9.11 Her parçasından yansıyan ışığı aynı büyüklükteki açı içine yönelten tekli bükey yüzeyli yansıtıcı (Özürk, 1995).

Bu şekilde oluşturulan bir yansıtıcının oluşturacağı aydınlık dağılımı konusunda kesin bir belirleme, yansıtıcının tasarımı aşamasında yapılamaz. Çünkü, yansıtıcının her parçasından yansiyarak, eşit büyüklükteki açılar içine yayılan ışıkların aydınlanan düzlemde kapladıkları alanlar, ışık kaynağının boyutsuz varsayılması durumunda bile, yansıtıcı parçalarının uzunluk, konum ve aydınlanan düzleme uzaklıklarına bağlı olarak, daire ya da daire halkası biçiminde olur (Şekil 9.12). Ayrıca, her bir yansıtıcı parçasına düşen ışık akısı niceliği, kaynağın doğrultuya göre değişebilen ışık yoğunluğu dağılımı ve kaynağın her yansıtıcı parçasını gördüğü hacim açısının farklı büyüklükte olması nedeniyle aynı değerde olmaz.



Şekil 9.12 Tekli bükey yüzeyli yansıtıcıdan yansıyan ışıkların aydınlanan düzlem üzerinde yayılma alanları (Öztürk, 1995).

Işık kaynağı boyutu göz ardı edilerek ve her yansıtıcı parçasından yansıyan ışığın eşit açı içine yayılması amaçlanarak oluşturulan tekli bükey yüzeyli bir yansıtıcı için,

- her yansıtıcı parçasından yansıyan ışıkların yayıldıkları alanların biçimleri, büyüklükleri ve
- her yansıtıcı parçasından yansıyan değişik niceliklerde ışıkların, bu alanlarda oluşturdukları aydınlıklar,

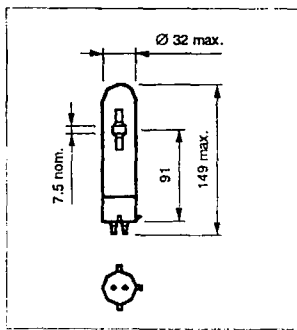
kesin bir biçimde belirlenemez. Belirtilen koşullarda, tekli bükey yüzeyli bir yansıtıcının oluşturduğu aydınlık dağılımının bağlı olduğu büyüklükler,

- ışık kaynağı merkezi ile yansıtıcının tepe noktası (T) arasındaki uzaklık, dolayısıyla yansıtıcının boyutu,
 - yansıtıcının ağız açıklığı, bir başka deyişle dolaysız ışığın yayılma açısı,
 - yansıyan ışıkların, içine yayılması istenen açının büyüklüğü, yani yansıtıcı parçalarının uzunluk ve eğimi,
 - ışık kaynağının biçimi, boyutu, ışık yeğinlik dağılımı,
 - yansıtıcı ile aydınlanan düzlem arasındaki uzaklık,
 - lambanın yayımladığı ışık akısı,
- olarak sıralanabilir.

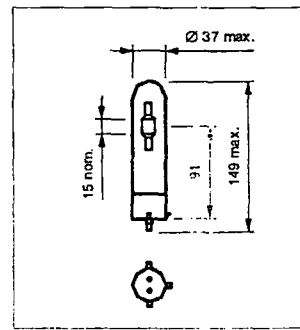
9.4.1 Kullanılan Işık Kaynağının Özellikleri

Tekli büküye yüzeyli yansıtıcının ele alındığı uygulama örneklerinde, kapalı mekanların aydınlatılmasında sıklıkla yararlanılan metalik halojenürlü lambalardan MHN-T (Philips) lambası kullanılmıştır.* 9.3.1. bölümde olduğu gibi, bu bölümde de 70 W (5100 lm) ve 150 W (11000 lm) olmak üzere iki farklı güçte lamba için işlem yapılmıştır.

Belirtilen lambalar, tek dipli olup, koruyucu ampulleri ve boşalma tüpleri saydamdır. 70 W ve 150 W gücündeki lambaların boşalma tüpü ve dış ampulüne ilişkin ölçüler Şekil 9.13, 9.14' te; ışık yeğinlik eğrileri ise Şekil 9.15' de gösterilmiştir.



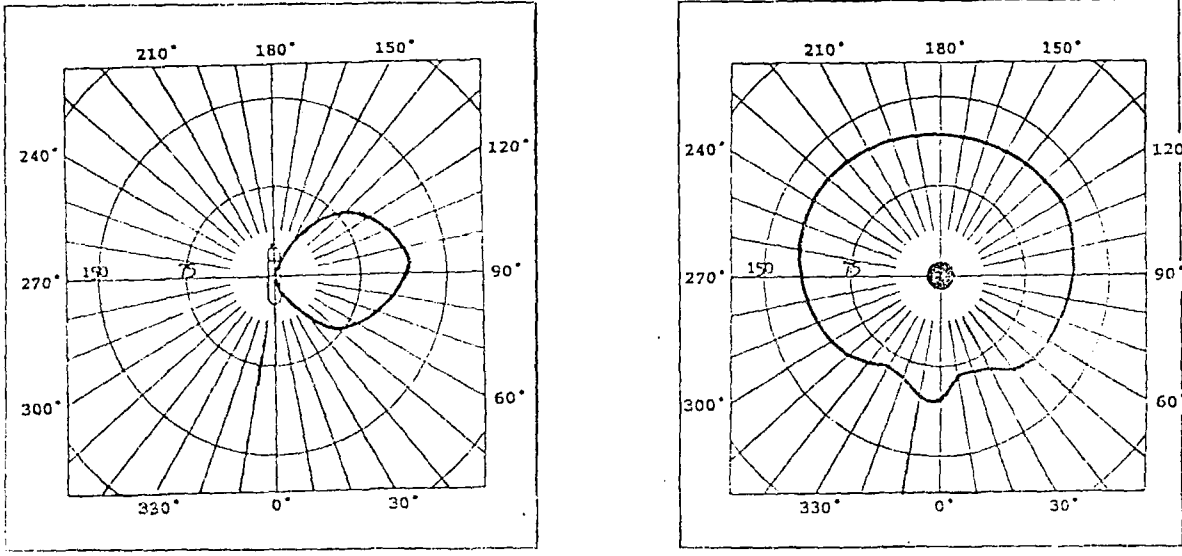
MHN-T 70W



MHN-T 150W

Şekil 9.13 MHN-T 70 W için lamba ölçüleri. Şekil 9.14 MHN-T 150 W için lamba ölçüleri.
(Philips Lighting A.Ş. Dökümanları). (Philips Lighting A.Ş. Dökümanları)

* HQI-T (Osram) lambasının özellikleri MHN-T (Philips) ile benzerdir. Bu nedenle ışık yeğinlik eğrilerinin de benzer olacağı düşünülebilir.



Şekil 9.15 MHN-T lambası için ışık yeğinlik eğrisi (Philips Lighting A.Ş. Dökümanları).

Şekil 9.15' de görüldüğü gibi, MHN-T metalik halojenürlü lambanın ışık yeğinlik eğrisi yaklaşık olarak tor biçimindedir. Boşalma tüpü saydam olan lambada, ışık kaynağının boyutu küçük olup, biçimi (boşalma yayı) yay şeklinde bir silindire benzerdir. Yani ışık kaynağının biçimi, içinde yer aldığı yansıtıcının değişik noktalarındaki dağılma açısının kolayca belirlenmesine olanak tanımaz. Boşalma yayı boyutunun da küçük olması nedeniyle, MHN-T boşalmalı lamba türünün, ışık kaynağı boyutu dikkate alınmadan tekli bükey yüzeyli yansıtıcı içinde kullanılabileceği düşünülmüştür. Öte yandan, 9.3.1. bölümde de değinildiği gibi, koruyucu ampulü ve boşalma tüpü saydam olan kimi lamba türlerinin iç yüzeyi düzgün yansıma yapan dönel yansıtıcılar (ikili bükey yüzey) içinde yer alması koşulunda, aydınlanan yüzeyde ışık lekeleri ve / ya da ışık kaynağının ışıklılığı yüksek görüntüsü oluşabilmektedir. Konuya bu açıdan yaklaşıldığında da MHN-T tipi lambaların yansıtıcı türü olarak tekli bükey yansıtıcılar ile birlikte kullanılmaları uygun görülmektedir.

9.4.2 Tekli Bükey Yüzeyli Yansıtıcı Tasarımı

Aydınlanan düzlem üzerinde aydınlığın düzgün yayılması ve ışık kaynağının gerçekte var olan boyutundan ötürü, tasarım ve uygulama arasındaki aydınlık dağılımı ayrımının olabildiğince az olması, her yansıtıcı parçasının, üzerine gelen ışığı aynı konum ve büyüklükteki alana yansıtması ile olanaklıdır. Bu durumda, her yansıtıcı parçasından değişik

niceliklerde yansıyan ışıklar aynı konum ve büyüklükteki alana yayıldığından, söz konusu alandaki aydınlık olabildiğince düzgün yayılır ve

- ışık kaynağı boyutu,
 - ışık kaynağının değişik doğrultulardaki farklı ışık yeğînlîk değeri ve
 - ışık kaynağının değişik yansıtıcı parçalarını gördüğü farklı büyüklükteki hacim açıları
- nedeniyle. tasarım ile uygulama arasında ortaya çıkabilecek aydınlık dağılımı ayrımları en az olur (Öztürk, 1995).

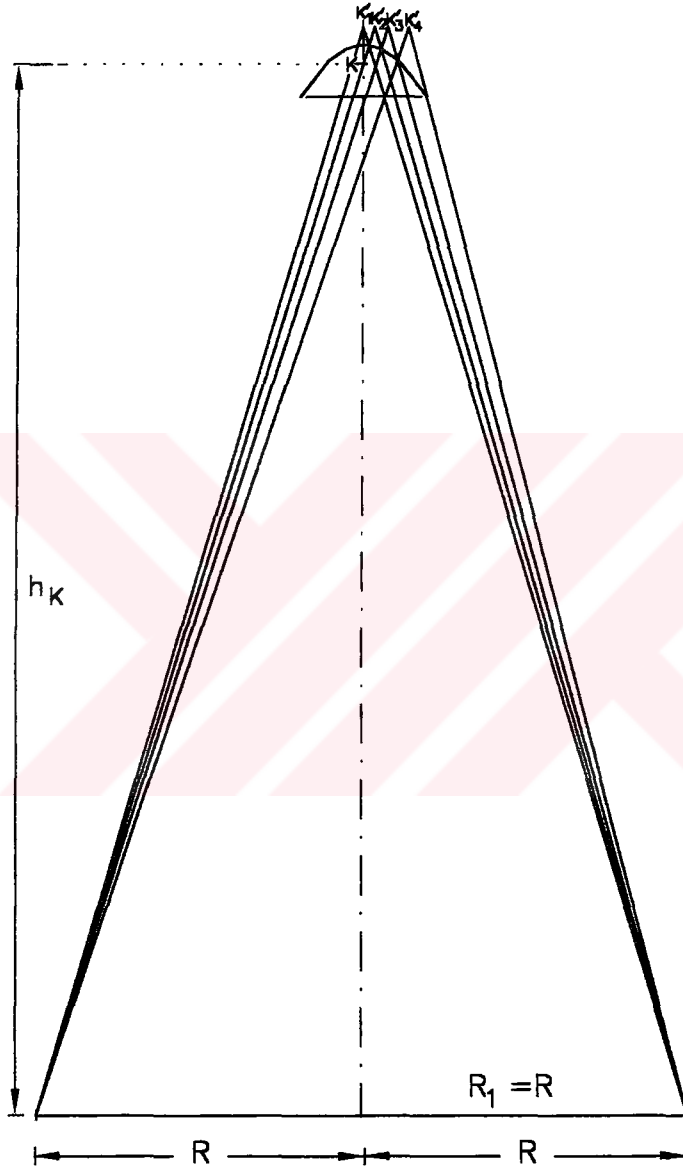
Tekli bükîy yüzeyli yansıtıcıdan yansıyan ışığın tümünü, aydınlığın olabildiğince düzgün yayılması amacıyla belli konum ve büyüklükteki alana yöneltebilmek için, yansıtıcıyı oluşturan her bir yansıtıcı parçasının,

- büyüklüğü,
- eğimi ve
- yüzeyden yansıyan ışığın yayılma açısı,

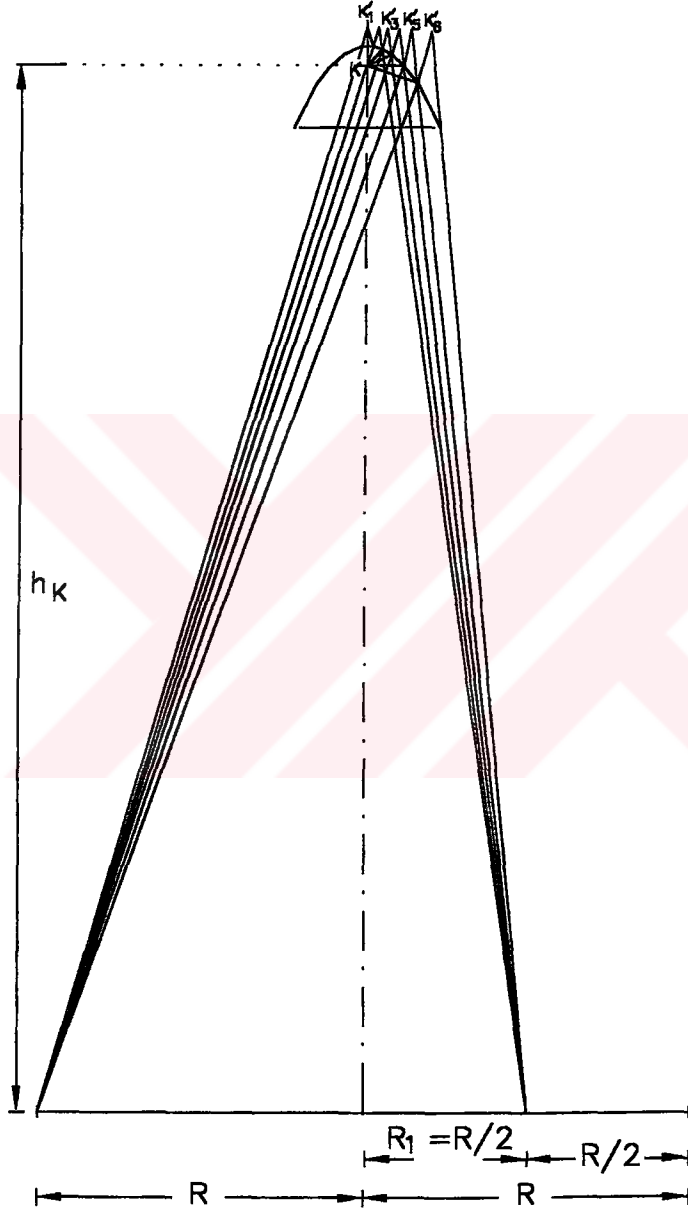
ayrı ayrı belirlenmelidir. Yansıtıcı parçalarından yansıyan ışıklar, aydınlanması istenen belli konum ve büyüklükteki alanın tümünü kaplayabileceği gibi (Şekil 9.16, A Durumu), aydınlanan toplam alan içinde farklı büyüklükteki bölgelere de yönltebilir (Örneğin, Şekil 9.17, B Durumu; Örneğin, Şekil 9.18, C Durumu).

Şekil 9.16 – 9.18’ de görülen R yarıçaplı aydınlanan toplam alanın büyüklüğünün değışmemesine karşın, örnek olarak verilen her üç durumda,

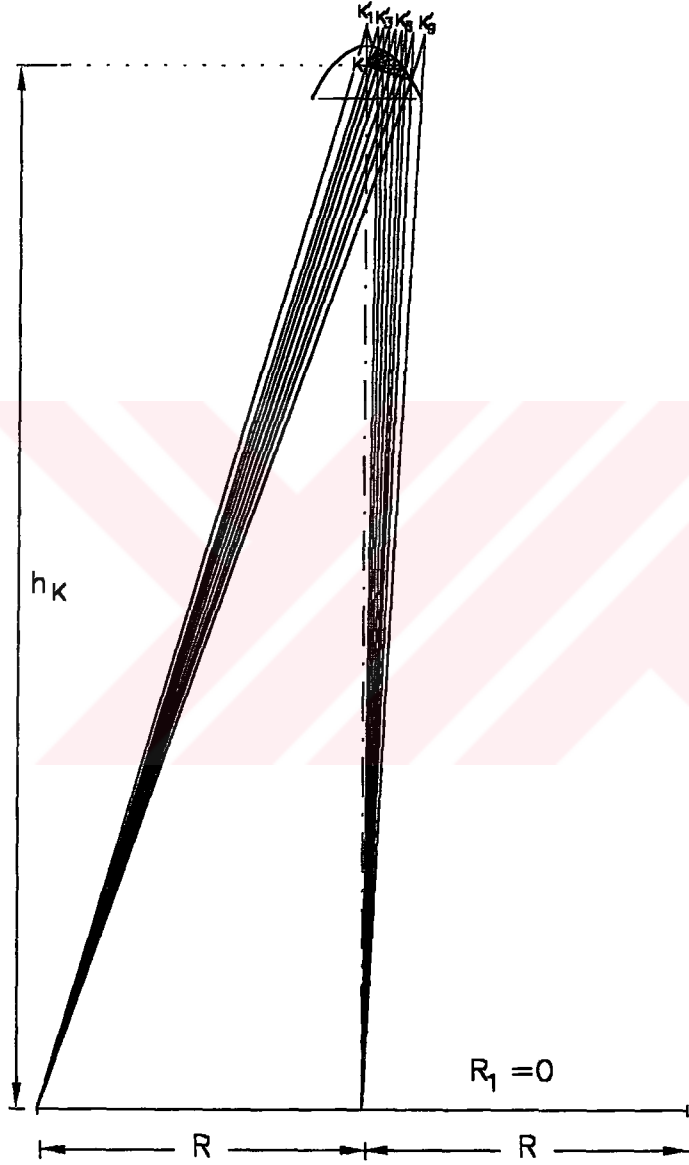
- yansıtıcının biçim ve boyutu,
 - dolaysız ışığın yayılma açısı,
 - aydınlatma aygıtı geriverimi,
 - aydınlık dağılımının düzgünlüğü vb. açılardan,
- farklı sonuçlar elde edilebilir.



Şekil 9.16 Her parçasından yansıyan ışığı aynı büyüklükteki açı içine yönelten tekli bükümlü yüzeyli yansıtıcı - A Durumu (Özürk, 2001b).



Şekil 9.17 Her parçasından yansıyan ışığı aynı büyüklükteki açı içine yönelten tekli bükümlü yüzeyli yansıtıcı - B Durumu (Özürk, 2001b).



Şekil 9.18 Her parçasından yansıyan ışığı aynı büyüklükteki açı içine yönelten tekli bükümlü yüzeyli yansıtıcı - C Durumu (Özürk, 2001b).

9.4.3 Uygulama Örnekleri

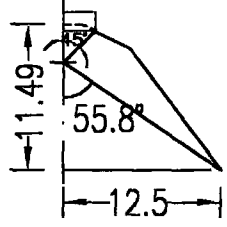
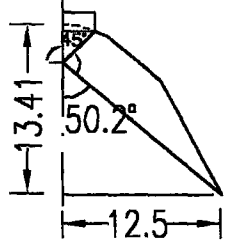
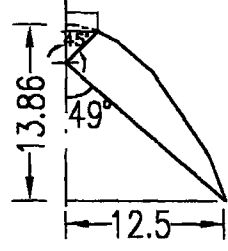
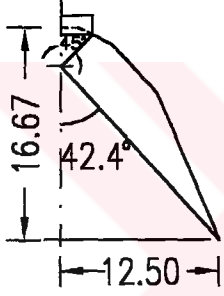
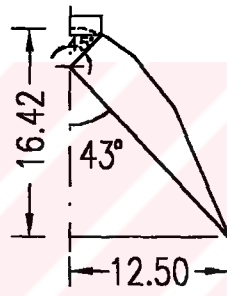
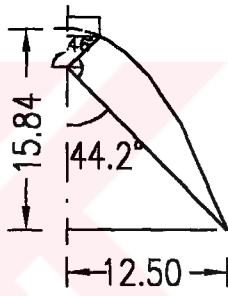
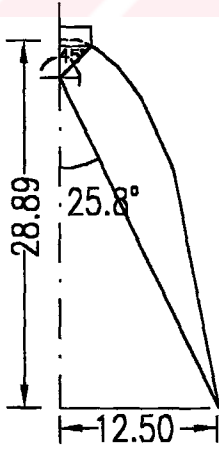
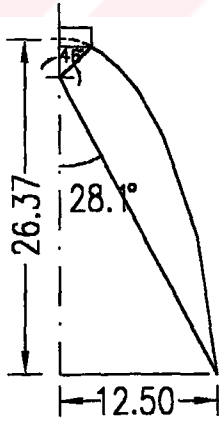
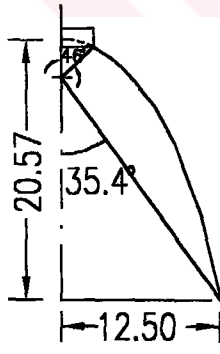
Bu bölümde, temel ilkeleri 9.4.2. bölümde açıklanan yaklaşımın uygulanmasına ilişkin örneklere yer verilmiştir. Işık kaynağının, boyutsuz nokta kaynak varsayıldığı uygulama örneklerinde, her parçasından yansıyan ışığı aynı büyüklükteki yüzeye yansıtan tekli bükey yüzeyli yansıtıcıların elde edilmesi amaçlanmıştır. Tekli bükey yüzeyli yansıtıcılar saptanırken, Şekil 9.16 - 9.18' de gösterilen A, B, C durumlarının her biri için,

- yansıtıcıdan yansıyan ışık ile aydınlanan alanın yarıçapının (R ; cm): 100, 75, 50,
- aygıt yüksekliğinin (h_k ; cm): 200,
- ışık kaynağı ışık akısının (Φ_L ; lm): 5100, 11000,
- düzgün yansıma yapan yansıtıcının tepe noktası (T) ile ışık kaynağı merkezi (K) arasındaki uzaklığın (f ; cm): 3,
- yansıtıcı yansıtma çarpanının (r): 0.80,
- duy boşluğunun 5 cm,

olduğu toplam 18 örnek durum için işlem yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 9.8' de sunulmuştur. Her değişik durumda, yansıtıcı parçalarının sayısı belirlenirken, elde edilecek yansıtıcı boyutlarını karşılaştırabilmek amacıyla, yansıtıcı ağız açıklıkları eşit (25 cm) tutulmuştur. Çizelge 9.8' de yer alan yansıtıcı örneklerindeki yansıtıcı parçalarının uzunluk ve eğimleri Çizelge 9.9' da verilmiştir. Bu çalışma içinde, tekli bükey yüzeyli yansıtıcının oluşturulmasında söz konusu olan yaklaşımın temel ilkelerinin verilmesi yeterli görülmüş, yansıtıcıyı oluşturan her parçanın, A, B, C durumları için uzunluk ve eğiminin saptanmasında yararlanılan hesap yöntemine yer verilmemiştir. Bu konudaki daha ayrıntılı bilgi için belirtilen kaynaklara başvurulabilir (Öztürk, 1995, 2001).

Ele alınan 18 örnek durum için yansımış ışık geriverimleri (η_y) ve yansıtıcıların aydınlattığı alanlardaki ortalama aydınlık düzeyleri (E_{ort}) de hesaplanmıştır. Yansımış ışık geriverimi hacim açısı yöntemine göre hesaplanmış ve hesaplamada izlenen yol, ele alınan değişik durumlardan ikisi için ($R= 50$ cm, B Durumu) Çizelge 9.10' da örnek olarak gösterilmiştir (Şekil 9.19).

Çizelge 9.8 Yansıtıcı ağız açıklığının eşit (25 cm) tutulduğu koşulda yansıtıcının özellikleri (Öztürk, 2001b).

	R (cm)		
Durum	100	75	50
A			
B			
C			

Çizelge 9.9 Yansıtıcı parçalarının uzunluk ve eğimi (Öztürk, 2001b).

		A Durumu			B Durumu			C Durumu		
		Yansıtıcı Parçası			Yansıtıcı Parçası			Yansıtıcı Parçası		
		Sayı (n)	Uzunluk (CD, cm)	Eğim (α , derece)	Sayı (n)	Uzunluk (CD, cm)	Eğim (α , derece)	Sayı (n)	Uzunluk (CD, cm)	Eğim (α , derece)
Aydınlanan alanın yarıçapı (R, cm)	100	1	1.46	90.00	1	1.46	90.00	1	1.46	90.00
		2	4.27	63.44	2	2.78	63.44	2	1.65	63.44
		3	18.98	37.02	3	5.27	43.39	3	2.05	50.37
					4	23.13	23.08	4	3.16	37.28
								5	6.31	24.10
								6	19.38	10.69
	75	1	1.09	90.00	1	1.09	90.00	1	1.09	90.00
		2	2.71	69.45	2	1.89	69.45	2	1.19	69.45
		3	5.30	49.09	3	2.64	54.07	3	1.33	59.33
		4	26.03	28.43	4	5.07	38.61	4	1.70	49.20
					5	16.24	22.92	5	2.44	39.05
								6	4.10	28.84
								7	8.55	18.50
								8	25.25	7.84
	50	1	0.73	90.00	1	0.73	90.00	1	0.73	90.00
		2	1.61	75.97	2	1.18	75.97	2	0.77	75.97
		3	2.10	62.11	3	1.34	65.54	3	0.80	69.06
		4	3.48	48.19	4	1.75	55.09	4	0.89	62.14
		5	8.03	34.12	5	2.59	44.60	5	1.04	55.22
		6	35.27	19.61	6	4.56	34.03	6	1.28	48.29
					7	10.36	23.30	7	1.67	41.34
								8	2.08	39.98
								9	3.60	27.32
								10	6.18	20.20
								11	12.43	12.90

Çizelge 9.10 Tekli büküye yüzeyli yansıtıcı için, hacim açısı yöntemine göre yansımış ışık geriverimi hesabı (R=50 cm., B durumu).

Bölge No:	Bölge Açısı (derece)	Bölge Hacim Açısı (Ω_B , str)	α (derece)	Işık yeglinliği (I_{α} , cd)		Bölge ışık akısı (Φ_B , lm)		Yansımış ışık geriverimi (η_v)
				70 W $\Phi_L=5100$ lm	150 W $\Phi_L=11000$ lm	70 W $\Phi_L=5100$ lm	150 W $\Phi_L=11000$ lm	
1	100-88.4	0,4810	42,9	378,92	817,27	145,81	314,49	0,0285
2	110-100	0,4349	37,5	410,37	885,12	142,78	307,95	0,0279
3	120-110	0,4623	32,5	436,26	940,94	161,35	347,99	0,0316
4	130-120	0,4862	27,5	458,82	989,61	178,46	384,92	0,0349
5	140-130	0,5064	22,5	477,89	1030,74	193,6	417,57	0,0379
6	150-140	0,5228	17,5	493,32	1064,03	206,33	445,02	0,0405
7	160-150	0,5351	12,5	505,00	1089,22	216,18	466,27	0,0424
8	170-160	0,5434	7,5	512,84	1106,12	222,94	480,85	0,0437
9	180-170	0,5476	2,5	516,77	1114,60	226,39	488,28	0,0444
10	190-180	0,5476	2,5	516,77	1114,60	226,39	488,28	0,0444
11	200-190	0,5434	7,5	512,84	1106,12	222,94	480,85	0,0437
12	210-200	0,5351	12,5	505,00	1089,22	216,18	466,27	0,0424
13	220-210	0,5228	17,5	493,32	1064,03	206,33	445,02	0,0405
14	230-220	0,5064	22,5	477,89	1030,74	193,60	417,57	0,0379
15	240-230	0,4862	27,5	458,82	989,61	178,46	384,92	0,0349
16	250-240	0,4623	32,5	436,26	940,94	161,35	347,99	0,0316
17	260-250	0,4349	37,5	410,37	885,12	142,78	307,95	0,0279
18	268-260	0,3260	42	384,40	829,09	100,25	216,23	0,0197
				$\Sigma \Phi_B = 3342,12$ lm		$\Sigma \Phi_B = 7208,78$ lm		

α : Işık kaynağı merkezi (K) ve

yansıtıcı bölgesinin orta noktasını

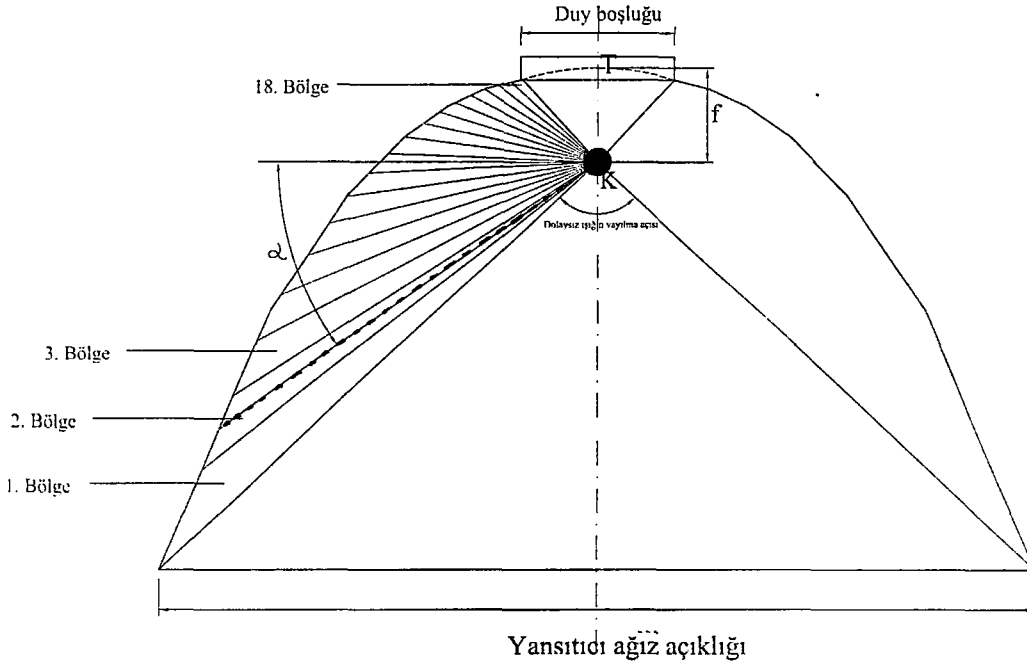
birleştiren doğru ile K noktasında

aygıt eksenine dik doğru

arasındaki açı.

$$\Phi_y = \Sigma \Phi_B$$

$$\Sigma \eta_y = \frac{\Phi_y}{\Phi_L} = \frac{3342,12 \text{ lm}}{5100 \text{ lm}} = \frac{7208,78 \text{ lm}}{11.000 \text{ lm}} \approx 0,66$$



Şekil 9.19 Tekli bükümlü yüzeyli yansıtıcıda yansıtıcı bölgeleri.

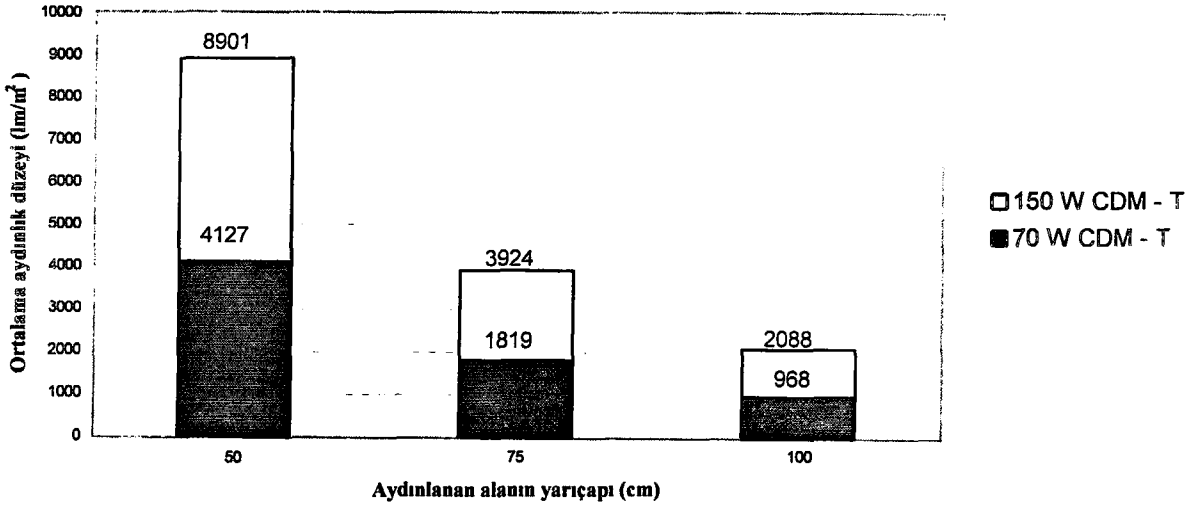
Ele alınan örnek durumlarda, aydınlanan düzlemlerde oluşan ortalama aydınlık düzeyleri ve yansımış ışık geriverimleri toplu olarak Çizelge 9.11 ve 9.12' de verilmiştir. Ayrıca, ortalama aydınlık düzeylerinin, aydınlanan alanın büyüklüğüne ve ele alınan A, B, C durumlarına bağlı olarak değişimi Şekil 9.20 - 9.25' de; yansımış ışık geriveriminin, aydınlanan alanın büyüklüğüne göre değişimi Şekil 9.26 - 9.28' de gösterilmiştir.

Çizelge 9.11 70 W MHN-T için belirlenen yansımış ışık geriverimleri (η_y) ve ortalama aydınlık düzeyleri (E_{ort}).

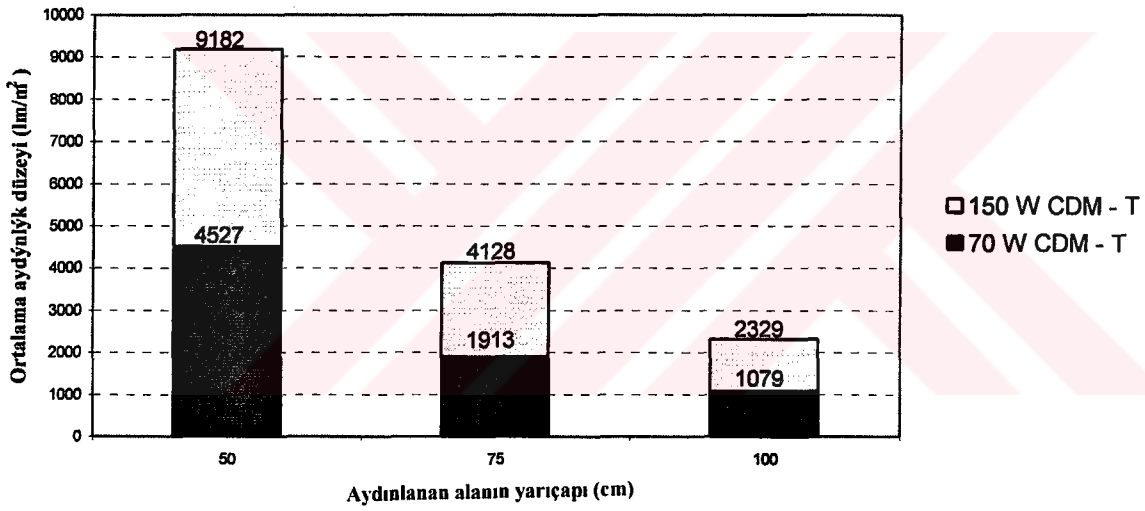
Durum	Aydınlanan alanın yarıçapı (R; cm)		
	100	75	50
A	$\eta_y \cong 0,60$ $\Phi_y = 3040,03 \text{ lm}$ $E_{ort} = 968,16 \text{ lm/m}^2$	$\eta_y \cong 0,63$ $\Phi_y = 3213,64 \text{ lm}$ $E_{ort} = 1819,42 \text{ lm/m}^2$	$\eta_y \cong 0,64$ $\Phi_y = 3239,87 \text{ lm}$ $E_{ort} = 4127,23 \text{ lm/m}^2$
B	$\eta_y \cong 0,67$ $\Phi_y = 3391,12 \text{ lm}$ $E_{ort} = 1079,97 \text{ lm/m}^2$	$\eta_y \cong 0,66$ $\Phi_y = 3380,65 \text{ lm}$ $E_{ort} = 1913,97 \text{ lm/m}^2$	$\eta_y \cong 0,65$ $\Phi_y = 3342,12 \text{ lm}$ $E_{ort} = 4257,13 \text{ lm/m}^2$
C	$\eta_y \cong 0,71$ $\Phi_y = 3629,86 \text{ lm}$ $E_{ort} = 1156,01 \text{ lm/m}^2$	$\eta_y \cong 0,70$ $\Phi_y = 3593,81 \text{ lm}$ $E_{ort} = 2034,66 \text{ lm/m}^2$	$\eta_y \cong 0,69$ $\Phi_y = 3499,63 \text{ lm}$ $E_{ort} = 4458,12 \text{ lm/m}^2$

Çizelge 9.12 150 W MHN-T için belirlenen yansımış ışık geriverimleri (η_y) ve ortalama aydınlık düzeyleri (E_{ort}).

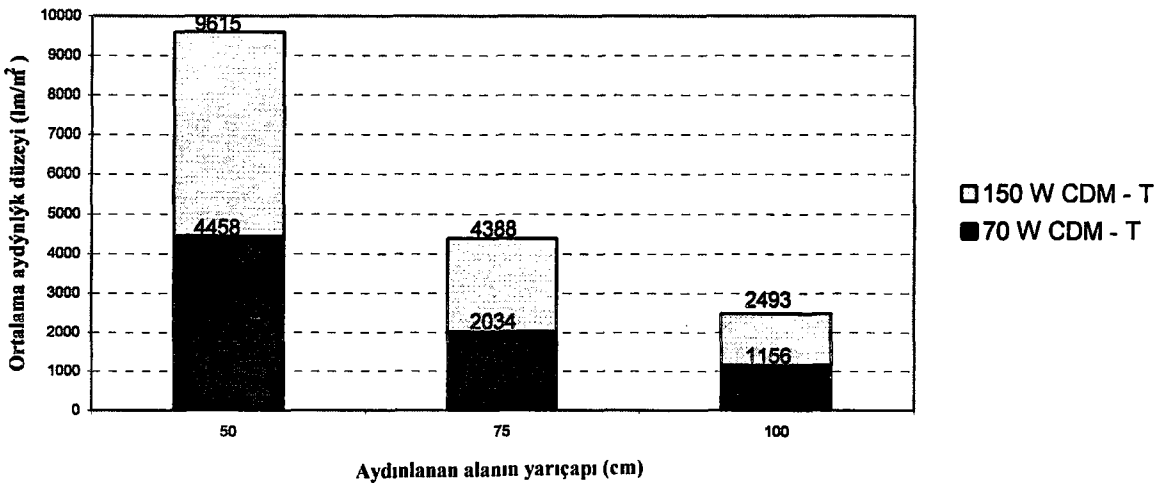
Durum	Aydınlanan alanın yarıçapı (R; cm)		
	100	75	50
A	$\eta_y \cong 0,60$ $\Phi_y = 6556,92 \text{ lm}$ $E_{ort} = 2088,19 \text{ lm/m}^2$	$\eta_y \cong 0,63$ $\Phi_y = 6931,38 \text{ lm}$ $E_{ort} = 3924,23 \text{ lm/m}^2$	$\eta_y \cong 0,64$ $\Phi_y = 6987,96 \text{ lm}$ $E_{ort} = 8901,86 \text{ lm/m}^2$
B	$\eta_y \cong 0,67$ $\Phi_y = 7314,15 \text{ lm}$ $E_{ort} = 2329,35 \text{ lm/m}^2$	$\eta_y \cong 0,66$ $\Phi_y = 7291,60 \text{ lm}$ $E_{ort} = 4128,18 \text{ lm/m}^2$	$\eta_y \cong 0,65$ $\Phi_y = 7208,78 \text{ lm}$ $E_{ort} = 9182,04 \text{ lm/m}^2$
C	$\eta_y \cong 0,71$ $\Phi_y = 7829,12 \text{ lm}$ $E_{ort} = 2493,35 \text{ lm/m}^2$	$\eta_y \cong 0,70$ $\Phi_y = 7751,36 \text{ lm}$ $E_{ort} = 4388,47 \text{ lm/m}^2$	$\eta_y \cong 0,69$ $\Phi_y = 7548,21 \text{ lm}$ $E_{ort} = 9615,56 \text{ lm/m}^2$



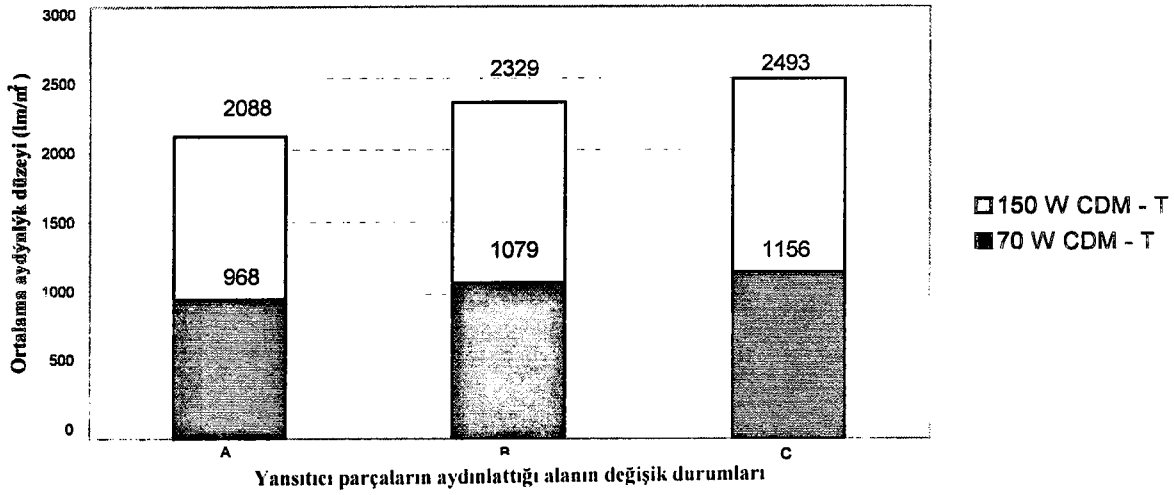
Şekil 9.20 A durumunda oluşan ortalama aydınlık düzeyinin (E_{ort}), aydınlanan alanın yarıçapına (R) bağlı olarak değişimi.



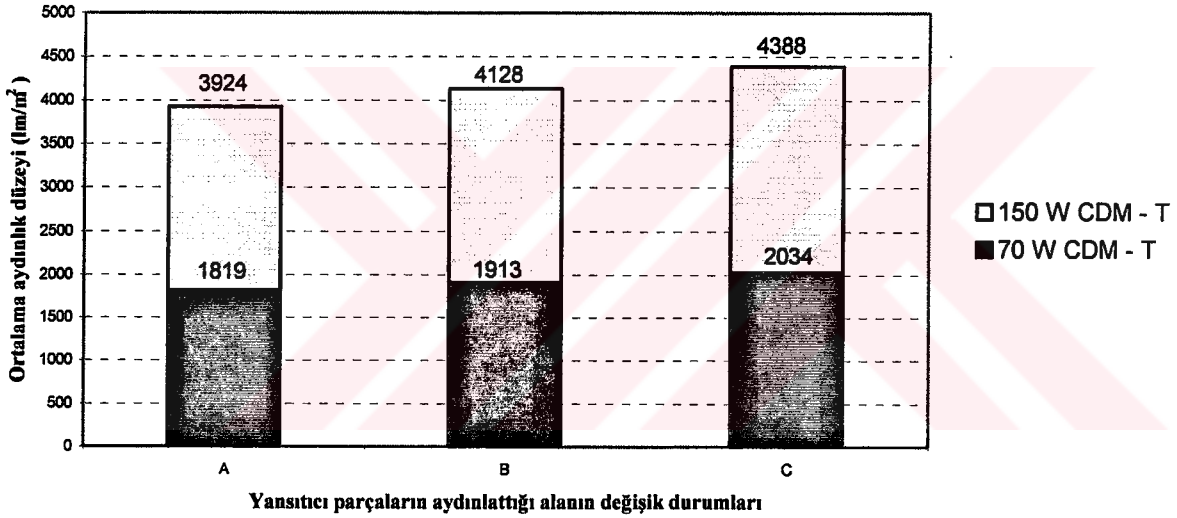
Şekil 9.21 B durumunda oluşan ortalama aydınlık düzeyinin (E_{ort}), aydınlanan alanın yarıçapına (R) bağlı olarak değişimi.



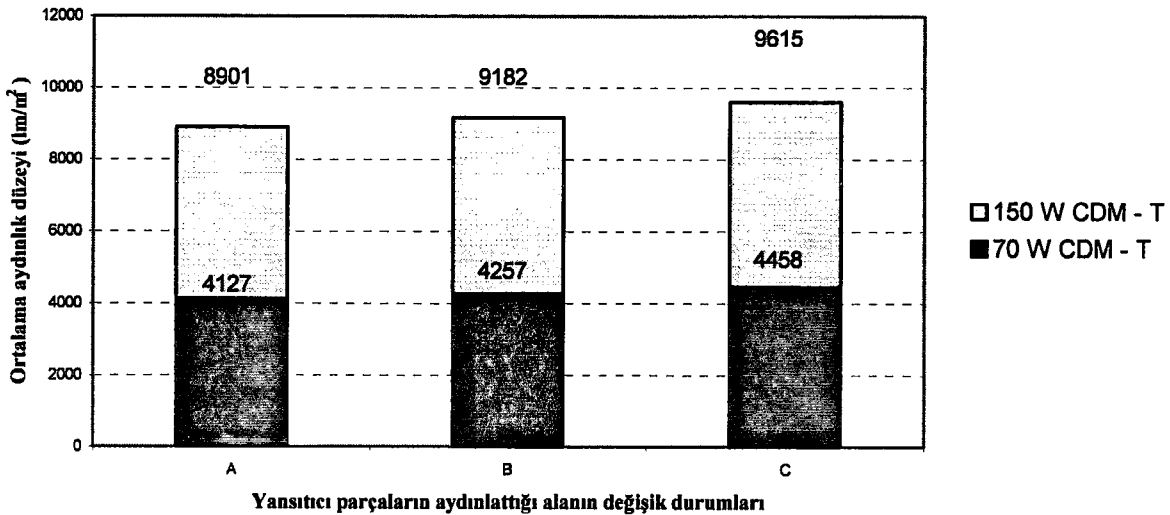
Şekil 9.22 C durumunda oluşan ortalama aydınlık düzeyinin (E_{ort}), aydınlanan alanın yarıçapına (R) bağlı olarak değişimi.



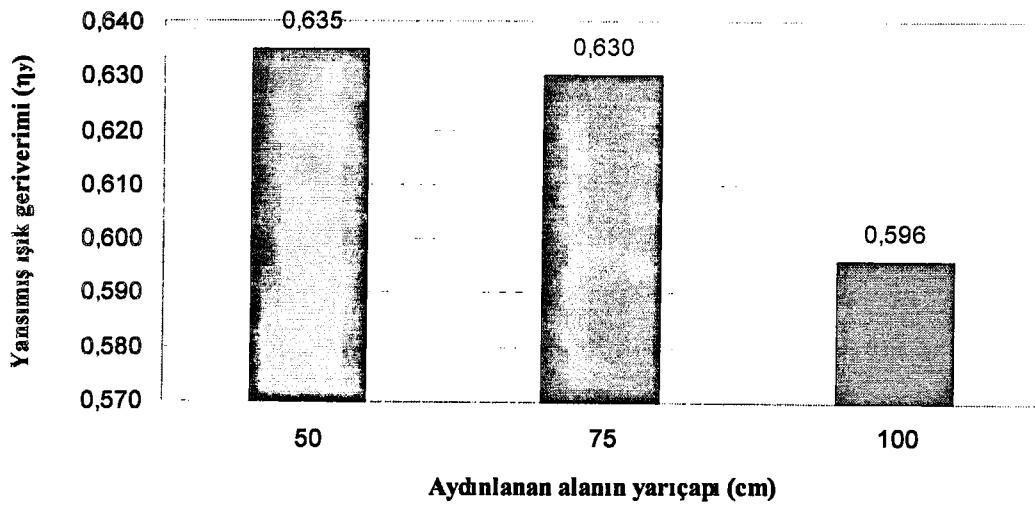
Şekil 9.23 Aydınlanan alan yarıçapının (R) 100 cm olduğu koşulda oluşan ortalama aydınlık düzeyinin (E_{ort}), A, B ve C durumlarına göre değişimi.



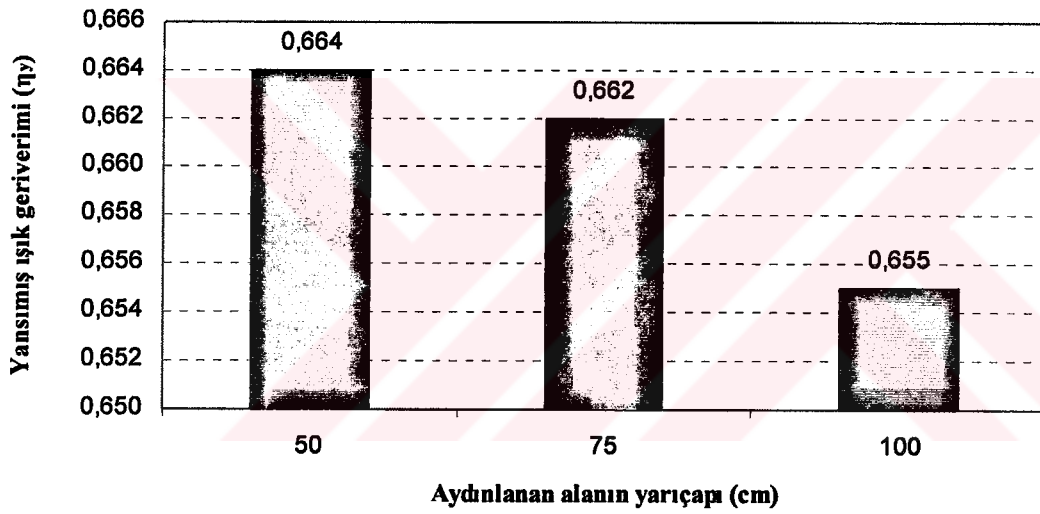
Şekil 9.24 Aydınlanan alan yarıçapının (R) 75 cm olduğu koşulda oluşan ortalama aydınlık düzeyinin (E_{ort}), A, B ve C durumlarına göre değişimi.



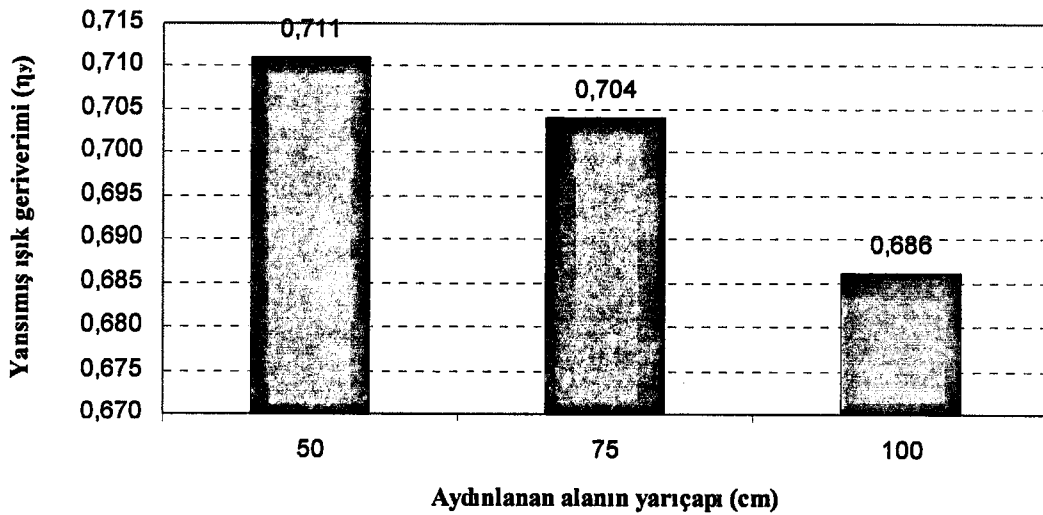
Şekil 9.25 Aydınlanan alan yarıçapının (R) 50 cm olduğu koşulda oluşan ortalama aydınlık düzeyinin (E_{ort}), A, B ve C durumlarına göre değişimi.



Şekil 9.26 A durumundaki yansımış ışık geriveriminin (η_y), aydınlanan alanın yarıçapına (R) göre değişimi.



Şekil 9.27 B durumundaki yansımış ışık geriveriminin (η_y), aydınlanan alanın yarıçapına (R) göre değişimi.



Şekil 9.28 C durumundaki yansımış ışık geriveriminin (η_y), aydınlanan alanın yarıçapına (R) göre değişimi.

9.4.4 Sonuçların Karşılaştırması ve Değerlendirilmesi

9.4.3. bölümde yapılan uygulama örneklerinde ulaşılan sonuçlar aşağıda karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir:

- Çalışma içinde önerilen yaklaşım doğrultusunda oluşturulan tekli bükey yüzeyli yansıtıcının her parçasından ışık tek bir yansıma ile dışarı çıkmaktadır.
 - A durumunda, tüm yansıtıcı parçalarından yansıyan ışık, R yarıçaplı alanın bütününe yayıldığından, B ve C durumlarına göre, söz konusu alandaki aydınlık daha düzgün yayılır.
 - Aydınlanan alan küçüldükçe, ele alınan her üç durumda (A, B ve C), yansıtıcı parçalarının boyları kısalmakta ve sayıları artmaktadır.
 - Belli büyüklükteki bir alan için, A durumundan C durumuna doğru gidildikçe, yansıtıcı parçalarının boyu kısalmakta, eğimi ve sayısı artmaktadır.
 - Aydınlanan alanın büyüklüğü ne olursa olsun, her üç durumda (A, B ve C), yansıtıcının tepe bölgesinden uzaklaştıkça yansıtıcı parçasının boyu uzamakta ve eğimi artmakta, yani yansıtıcı parçasının düşey eksen ile yaptığı açı küçülmektedir.
 - Aydınlanan alan küçüldükçe,
 - A durumunda, yansıtıcının yüksekliği büyümekte, dolaysız ışığın yayılma açısı küçülmekte,
 - B ve C durumlarında, yansıtıcının yüksekliği küçülmekte, dolaysız ışığın yayılma açısı büyümektedir.
 - Aydınlanan alanın büyüklüğü ne olursa olsun, yansıtıcının yüksekliği en küçük A, en büyük C durumunda; dolaysız ışığın yayılma açısı en büyük A, en küçük C durumundadır.
 - A, B ve C durumlarının her birinde, aydınlanan alanın yarı çapı, buna bağlı olarak dolaysız ışığın yayılma açısı küçüldükçe, η_y (yansımış ışık geriverimi) artmaktadır.
- Belirlenen η_y değerleri,
- A durumu için,
 - dolaysız ışığın yayılma açısı: 55.8 derece ve R=100 olduğu durumda, 0.60,
 - dolaysız ışığın yayılma açısı: 50.2 derece ve R=75 olduğu durumda, 0.63,
 - dolaysız ışığın yayılma açısı: 49 derece ve R=50 olduğu durumda, 0.64,
 - B durumu için,
 - dolaysız ışığın yayılma açısı: 42.4 derece ve R=100 olduğu durumda, 0.65,
 - dolaysız ışığın yayılma açısı: 43 derece ve R=75 olduğu durumda, 0.66.

- dolaysız ışığın yayılma açısı: 44.2 derece ve $R=50$ olduğu durumda, 0.67,
 - C durumu için,
 - dolaysız ışığın yayılma açısı: 25.8 derece ve $R=100$ olduğu durumda, 0.69,
 - dolaysız ışığın yayılma açısı: 28.1 derece ve $R=75$ olduğu durumda, 0.70,
 - dolaysız ışığın yayılma açısı: 35.4 derece ve $R=50$ olduğu durumda, 0.71.
- olmaktadır. Buna göre, 9 durum arasında en yüksek yansımış ışık geriverimi, $R=100$ olduğu C durumunda, en düşük yansımış ışık geriverimi ise $R=100$ olduğu A durumunda saptanmıştır.

- Aydınlanan alanın büyüklüğü ne olursa olsun, ortalama aydınlık düzeyi (E_{ort}), A durumundan C durumuna doğru gidildikçe yükselmektedir. E_{ort} değerleri, örneğin; 70 W MHN-T için,

- $R=100$ cm. iken,
 - A durumunda, 968.16 lm/m^2 ,
 - B durumunda, 1079.97 lm/m^2 ,
 - C durumunda, 1156.01 lm/m^2 ,
- $R=75$ cm. iken,
 - A durumunda, 1819.42 lm/m^2 ,
 - B durumunda, 1913.97 lm/m^2 ,
 - C durumunda, 2034.66 lm/m^2 ,
- $R=50$ cm. iken,
 - A durumunda, 4127.23 lm/m^2 ,
 - B durumunda, 4257.13 lm/m^2 ,
 - C durumunda, 4458.12 lm/m^2 ,

olmaktadır. Buna göre, aydınlanan alanın büyüklüğü ne olursa olsun, aydınlanan alandaki ortalama aydınlık düzeyi (E_{ort}), A durumunda en düşük, C durumunda en yüksektir.

10. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Kapalı bir hacimde, iyi görme koşullarının sağlanması, kurulacak aydınlatma düzeninin, mekan özelliklerine uygun ve kullanıcı gereksinimlerini karşılayacak nitelikte olması ile olanaklıdır. Bir aydınlatma düzeninde kullanılacak lambanın –lambaların- seçimi, aydınlığın nitelik ve niceliğine ilişkin gerekli koşulların sağlanmasında büyük rol oynar. Lamba seçiminde, koşullara göre lamba özelliklerinden kimileri daha fazla önem taşıyabilir. Örneğin, kullanılacak lamba türü konusunda karar verilirken, renkle ilgili çalışmalar yapıldığı ve renkleri doğru görmenin gerektiği ortamlarda renksel geriverim; yüksek aydınlık düzeyi elde edilmek istenen mekanlarda verim belirleyici olabilir. Buna benzer örnekler lamba boyutu, ampul biçimi, lamba ömrü vb. özellikler açısından da verilebilir. Lamba seçiminin doğru yapılabilmesi doğrudan doğruya, lambaları belirleyen çeşitli özelliklerin iyi bilinmesi ve böylece değişik lamba türlerinin bu özellikler açısından karşılaştırılabilmesine bağlıdır. Nitekim, en basit bir seçimde bile, lambaların ilk döşem ve kullanma giderlerinin karşılaştırılması gerekir.

Kapalı mekanların aydınlatılmasında, akkor ve flüoresan lambaların yanı sıra, kimi özelliklerinde sağlanan iyileştirmelerin bir sonucu olarak, yüksek basınçlı boşalmalı lambalardan giderek daha fazla yararlanılmaktadır. Yüksek basınçlı boşalmalı lambalar; yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar, yüksek basınçlı civa buharlı lambalar, karışık ışıklı lambalar ve metalik halojenürlü lambalar olmak üzere başlıca dört lamba grubunu içerir. Bu lambaların kimi özellikleri benzer olmakla birlikte, aralarında önemli özellik ayrımları da bulunmaktadır. Bu çalışmada, yüksek basınçlı boşalmalı lambaların çeşitli özellikleri incelenmiş ve söz konusu lambalar değişik özellikleri açısından karşılaştırılmıştır. İnceleme ve karşılaştırma sonuçlarına göre lambaların,

- enerji kullanımı açısından, lambanın tükettiği enerjinin ışık ışınlımına dönüşen bölümleri genel olarak,
 - yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalarda % 29.5,
 - metalik halojenürlü lambalarda % 24.3,
 - yüksek basınçlı civa buharlı lambalarda % 16.75,
 - karışık ışıklı lambalarda % 9,
- ömürleri –ortalama yanma süreleri- temelde maksimum,
 - yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalarda 31000 saat,
 - yüksek basınçlı civa buharlı lambalarda 28000 saat,

- metalik halojenürlü lambalarda 13000 saat,
- karışık ışıklı lambalarda 12000 saat,
- verimleri genelde,
 - yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalarda 37 – 150 lm/W,
 - metalik halojenürlü lambalarda 67 – 113 lm/W,
 - yüksek basınçlı civa buharlı lambalarda 32 – 61 lm/W,
 - karışık ışıklı lambalarda 11 – 28 lm/W,
- renksel geriverim sınıfları,
 - metalik halojenürlü lambalarda 1A-2B,
 - karışık ışıklı lambalarda 2A-3,
 - yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalarda 1B-4,
 - yüksek basınçlı civa buharlı lambalarda 2B-3,

değerlerini taşımaktadır.

Çalışma içinde, yayımladıkları ışık akısı niceliğinin, iç mekanlarda kullanılan öteki lamba türlerine göre yüksek olmasından ötürü, genellikle yüksek tavanlı, ortalama kullanım süresi uzun ve / ya da yüksek aydınlık düzeyine gereksinim duyulan hacimlerde yeğlenen bu lambaların, yukarıda başlıcaları özetlenen temel özelliklerine bağlı olarak kullanım alanları da belirlenmiştir. Buna göre, renksel geriverimin önemli olduğu mekanlarda yaygın olarak kullanılan yüksek basınçlı boşalmalı lambalar, renksel geriverimleri oldukça iyileştirilmiş kimi metalik halojenürlü ve sodyum buharlı lamba türleridir. Bu iki lamba türünün renksel geriverimleri belli bir düzeyin altında olan tipleri ile yüksek basınçlı civa buharlı ve karışık ışıklı lambaların ise, mekanda gereksinim duyulan renksel geriverime de bağlı olarak, daha sınırlı bir alanda kullanıldıkları belirlenmiştir.

Lambaların, kullanıldıkları mekanın iç mimari düzeni ile bütünleşmesi ve lamba ışığının, görme konusuna göre biçimlendirilebilmesi, aydınlatma aygıtları aracılığı ile gerçekleştirilir. Aydınlatma aygıtı, görme konusunun ve ışık kaynağının özelliklerine bağlı olarak seçilir –tasarlanır-. Yüksek basınçlı boşalmalı lambalar ile kullanılan aygıtların içinde bulunan yansıtıcıların özellikleri,

- Işığı yansıtma biçimi bakımından, iç yüzeyi, düzgün yansıma, açılı düzgün yansıma ya da düzgün yansımaya yakın yayınlık yansıma yapan saydamsız, ve

- geometrik özellikleri bakımından, tekli bükümlü yüzeyli (dönel simetri ekseni olan tekli bükümlü yansıtıcı, parabolik silindir, eliptik silindir vb.) ya da ikili bükümlü yüzeyli (paraboloit, elipsoit vb.)

yansıtıcı olarak belirlenmiştir. Belirtilen ışık yansıtma biçimlerinden düzgün yansımanın söz konusu olduğu koşullarda, yansıtıcıdan yansıyan ışığın, dolayısıyla aydınlanan düzlemde oluşan aydınlığın, aygıtın tasarımı aşamasında denetlenmesi olanaklıdır.

Söz konusu yansıtıcılar ve boşalmalı lambaların içinde bulunduğu aydınlatma aygıtlarının iç mimari düzende yer alış biçimleri incelendiğinde, ağırlıklı olarak,

- sıva üstü aygıtlar,
 - tavana (sıva üstü) tespit edilmiş,
 - duvara (sıva üstü) tespit edilmiş,
- gömme aygıtlar,
 - tavana gömülü,
- yönlendirmeli aygıtlar,
 - tavana gömülü, tavana (sıva üstü) tespit edilmiş,
 - duvara gömülü, duvara (sıva üstü) tespit edilmiş,
- sarkıt aygıtlar,
 - tavandan sarkıtılmış,
- raylı sistemde kullanılan aygıtlar
 - tavana gömülü, tavandan sarkıtılmış, tavana (sıva üstü) tespit edilmiş,
 - duvara gömülü, duvardan sarkıtılmış, duvara (sıva üstü) tespit edilmiş,

biçimlerde kullanıldıkları saptanmıştır.

İç mekan aydınlatmasında en yaygın olarak yararlanılan lamba türü, özellikle üstün verim ve renksel geriverim özelliklerinden ötürü, metalik halojenürlü lambalardır. Buna bağlı olarak, iki ayrı metalik halojenürlü lamba tipi ile birlikte kullanılabilecek yansıtıcıların tasarımına ilişkin uygulama örnekleri yapılmıştır. Ele alınan lamba ve yansıtıcı türleri,

- CDM-T (70 W ve 150 W) lambaları ile birlikte paraboloit yansıtıcı,
 - MHN-T (70 W ve 150 W) lambaları ile birlikte dönel simetri ekseni olan tekli bükümlü yüzeyli yansıtıcı,
- olarak belirlenmiştir.

Paraboloit yansıtıcı tasarımına ilişkin 94 uygulama örneği yapılmıştır. Bunların arasından seçilen 35 değişik durum için yansıtıcı özellikleri saptanmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Düzgün yayılmış aydınlık alanı yarıçapı (R_{min}), yansıtıcı yüksekliği (h_{min}) ve yansıtıcı ağız açıklığının yarısı (y_{min}) sabit tutulduğunda, kullanılan ışık kaynağı boyutu küçüldükçe,
 - odak uzaklığı (f) büyümekte,
 - dolaysız ışığın yayılma açısı yarısı ($\hat{\alpha}_{min}$) büyümekte,
 - yansıtıcının yüksekliği (x_{min}) küçülmekte,
 - yansımış ışık geriverimi (η_y) küçülmektedir.
- ışık kaynağının boyutu ne olursa olsun, düzgün yayılmış aydınlık alanı yarıçapı (R_{min}) ve yansıtıcı ağız açıklığının yarısı (y_{min}) sabit tutulduğunda, yansıtıcı yüksekliği (h_{min}) büyüdükçe,
 - odak uzaklığı (f) küçülmekte,
 - dolaysız ışığın yayılma açısı yarısı ($\hat{\alpha}_{min}$) küçülmekte,
 - yansıtıcının yüksekliği (x_{min}) büyümektedir.
- ışık kaynağının boyutu ne olursa olsun, yansıtıcı yüksekliği (h_{min}) eşit iken, düzgün yayılmış aydınlık alanı yarıçapı (R_{min}) ve yansıtıcı ağız açıklığının yarısı (y_{min}) büyüdükçe,
 - odak uzaklığı (f) büyümekte,
 - dolaysız ışığın yayılma açısı yarısı ($\hat{\alpha}_{min}$) büyümekte,
 - yansıtıcının yüksekliği (x_{min}) küçülmektedir.

Tekli bükümlü yüzeyli yansıtıcı tasarımı için yapılan 9 değişik uygulama örneğinde ulaşılan sonuçlar aşağıda sunulmuştur:

- A durumunda, tüm yansıtıcı parçalarından yansıyan ışık, R yarıçaplı alanın bütününe yayıldığından, B ve C durumlarına göre, söz konusu alandaki aydınlık daha düzgün yayılır.
- Aydınlanan alan küçüldükçe, ele alınan her üç durumda (A, B ve C), yansıtıcı parçalarının boyları kısalmakta ve sayıları artmaktadır.
- Belli büyüklükteki bir alan için, A durumundan C durumuna doğru gidildikçe, yansıtıcı parçalarının boyu kısalmakta, eğimi ve sayısı artmaktadır.

- Aydınlanan alanın büyüklüğü ne olursa olsun, her üç durumda (A, B ve C), yansıtıcının tepe bölgesinden uzaklaştıkça yansıtıcı parçasının boyu uzamakta ve eğimi artmakta, yani yansıtıcı parçasının düşey eksen ile yaptığı açı küçülmektedir.
- Aydınlanan alan küçüldükçe,
 - A durumunda, yansıtıcının yüksekliği büyümekte, dolaysız ışığın yayılma açısı küçülmekte,
 - B ve C durumlarında, yansıtıcının yüksekliği küçülmekte, dolaysız ışığın yayılma açısı büyümektedir.
- Aydınlanan alanın büyüklüğü ne olursa olsun, yansıtıcının yüksekliği en küçük A, en büyük C durumunda; dolaysız ışığın yayılma açısı en büyük A, en küçük C durumundadır.
- A, B ve C durumlarının her birinde, aydınlanan alanın yarı çapı, buna bağlı olarak dolaysız ışığın yayılma açısı küçüldükçe, yansımış ışık geriverimi (η_y) artmaktadır.
- Aydınlanan alanın büyüklüğü ne olursa olsun, ortalama aydınlık düzeyi (E_{ort}), A durumundan C durumuna doğru gidildikçe yükselmektedir.

Bu çalışma, yüksek basınçlı boşalmalı lambaların,

- temel özelliklerini ve lamba türleri arasındaki önemli ayrımları,
- iç mekanlarda,
 - kullanım yerlerini,
 - kullanıldıkları aydınlatma aygıtlarını ve
 - kullanıldıkları aydınlatma aygıtlarının iç mimari düzende yer alış biçimlerini,
- kimi türlerinin, değişik özelliklerdeki yansıtıcılar içinde kullanımına ilişkin uygulama örneklerini göstermektedir. Çalışma içinde ulaşılan sonuçlar,
- farklı etkenlerin söz konusu olması nedeniyle, basit kuralların verilemediği lamba seçimi gibi karmaşık bir konuda yönlendirici,
- yüksek basınçlı boşalmalı lambaların kullanılabileceği yansıtıcıların tasarımında yol gösterici,

nitelik taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Anon. Aydınlatma Rehberi, Lumina Aydınlatma A.Ş., İstanbul.
- Anon, (1989), Choosing Light Sources for General Lighting, IES, New York, ABD.
- Anon, (1987), CIE, International Lighting Vocabulary, 4. Edition, Publication CIE, No: 17 (E-1.1).
- Anon., (1987), Electric Light Sources State of The Art, Photocopy Edition 1990, No: 77
- Anon., (1991), Electric Light Sources State of The Art, First Edition 1990, No: 96
- Anon, (1994), Code for Interior Lighting, CIBSE, London, Great Britain.
- Anon, (1992), Handbuch für Beleuchtung, SLG, LiTG, LTAG, NSVU, ISBN: 3-609-75390-0, Druckerei Schoder, Gersthofen, Almanya.
- Anon, (1984), IES Lighting Handbook, Reference Volume, New York, ABD.
- Anon, (1987), IES Lighting Handbook, Application Volume, New York, ABD.
- Anon, (1992), IESNA Design Guide For Warehouse Lighting, New York, ABD.
- Anon, (2000), IESNA Lighting Handbook, 9. Edition, ISBN: 0-87995-150-8, New York. ABD.
- Anon, (1996/1997) Indoor and Outdoor Lighting, Osram.
- Anon, (2000) Lamp 83 Aydınlatma Aygıtları Kataloğu.
- Anon, (1966), Lamps and Lighting, Atlas Lighting Manuel, Great Britain.
- Anon, (1998/1999) Philips Aydınlatma Ürünleri Kataloğu.
- Anon, (1995/1996) Philips Compact Lighting Catalogue.
- Anon, (1993), Philips Lighting, Lighting Manuel, Eindhoven, Natherlands.
- Anon, Philips Sports Lighting, Natherlands.
- Anon, (1989), Ready Reference, IES Lighting, New York, ABD.
- Anon, (1998/1999) Osram Aydınlatma Ürünleri Kataloğu.
- Allphin, W., (1959), Primer of Lamps and Lighting, Philadelphia.
- Benlioğlu, B., (1999), Konik Yansıtıcıların İç Mekan Aydınlatma Düzenlerindeki Yeri ve Karşılaştırması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü (yayımlanmamış).
- Bernard, R. Ve Boylan, P., (1987), The Lighting Primer, USA.

Fischer, D. ve De Boer, J. B., (1981), Interior Lighting, Philips Technical Library, Netherlands.

Ganslandt, R ve Hofmann, H., (1992), Handbuch der Lightplanning, ISBN: 3-528-08895-8 Druckhaus Maack, Lüdenscheid-Almanya.

Helms, R. N., (1980), Illumination Engineering, USA.

Koz, .., (1972), Düzlem ve Uzak, Analitik Geometri, Dizerkonca Basımevi, İstanbul.

Lindsey, J. L., (1991), Applied Illumination Engineering, USA.

Nuckolls, J. L., (1983), Interior Lighting for Environmental Designers, USA.

Onaygil, S. ve Güler, Ö., “Yüksek Frekanslı Elektronik Balastlar”, 1. Ulusal Aydınlatma Kongresi, 1996, İstanbul.

Özkaya, M., (1998), Aydınlatma Tekniği, Birsan Yayınevi. İstanbul.

Öztürk, L. D., (1992), Düzgün Yansıma Geometrisinin Aydınlatma Aygıtlarına Uygulanması, Y.Ü. Yayınları. 256, İstanbul.

Öztürk, L. D., (1995), İç mimari Aydınlatmada, Düzgün Yansıma Geometrisi ile Aydınlığın Denetlenmesinde Kullanılabilecek Yeni Bir Yöntem Önerisi, ISBN: 975-461-020-7, YTÜ Basımevi, İstanbul.

Öztürk, L. D., (1999a), Aydınlik Dağılımının Denetlenmesinde Kullanılabilecek Bir Yöntem ve Bir Uygulama Örneği, Elektrokent Perpa Dergisi, Sayı 69, S: 88-91, Mart-Nisan, 1999.

Öztürk, L. D., (1999b), Aydınlik Dağılımının, Aygıt Özelliği, Kaynak Boyutu ve Aygıt Yüksekliğine Bağlı Değişiminin İncelenmesi, Elektrik- Uluslararası Enerji, Elektrik, Elektronik ve Otomasyon Mühendisliği Dergisi, Sayı 121, S: 104-113, Nisan, 1999.

Öztürk, L. D., (1999c), Işık Enerjisindeki Kayıpların Azaltılmasında Yansıtıcı Tasarımının Önemi ve Parabolit Yansıtıcının Tasarımında Yararlanılabilecek Bir Yöntem, Enerji, Elektrik, Elektronik Dergisi, 1. Bölüm: Sayı 59, S: 48-50, Nisan 1999, 2. Bölüm: Sayı 60, S: 56-59, Mayıs, 1999.

Öztürk, L. D., (2000a), Düzgün Yansıma Geometrisinin Aydınlatma Aygıtı Yansıtıcılarına Uygulanması, Üniversite Yayın No: YTÜ. MF. YK-2000. 0574, Fakülte Yayın No: MF. MİM- 2000. 002, ISBN: 975-461-273-0, YTÜ Basım –Yayın Merkezi, İstanbul.

Öztürk, L. D., (2000b), Tekli Bükümlü Yüzeyli Yansıtıcı Tasarımı, 3. Ulusal Aydınlatma Kongresi ve Sergisi, ATMK, S: 189-194, İstanbul, 23-24 Kasım, 2000.

Öztürk, L. D., (2000c), Kompakt Flüoresan Lambalı Aydınlatma Aygıtının Oluşturduğu Aydınlik Dağılımının Belirlenmesi, 3. Ulusal Aydınlatma Kongresi ve Sergisi, ATMK, S:178-183, İstanbul, 23-24 Kasım, 2000.

Öztürk, L. D., (2001a), Yansıtıcı Tasarımı, Elektrik- Uluslararası Enerji, Elektrik, Elektronik ve Otomasyon Mühendisliği Dergisi, Sayı 142, S: 122-126, Ocak, 2001.

Öztürk, L. D., (2001b), Tekli Bükümlü Yüzeyli Yansıtıcı Tasarımında Yararlanılabilecek Bir Yaklaşım, Elektrik- Uluslararası Enerji, Elektrik, Elektronik ve Otomasyon Mühendisliği Dergisi, Sayı 147, Haziran, 2001.

Sirel, Ş., (1981), Işıkkölcümsel İlişkiler Konusunda Birkaç Örnek, YTÜ Basımevi, İstanbul.

Sirel, Ş., (1984a), Aydınlatma Terimleri, Yıldız Üniversitesi Yayınları, 112, İstanbul.

Sirel, Ş., (1984b), Mimarlık Öğretiminde Aydınlatma Dersleri, Y.Ü. Yayınları, İstanbul.

Sirel, Ş., (1989), İkincil Işık Kaynağı Düzlem Yüzeyler ve Işıklılık Konularında Birkaç Belirleme, Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, İstanbul.

Sirel, Ş., (1997), Aydınlatma Sözlüğü, YEM Yayınevi, İstanbul.

Sorcar, P. C., (1979), Rapid Lighting Design and Cost Estimating, USA.

Sorcar, P.C., (1987), Architectural Lighting for Commercial Interiors, USA.

Spiegel, M.R., (1968), Mathematical Handbook of Formulas and Tables, Schaum's Outline Series, Mc Graw-Hill Book Company, New York, St Louis, San Francisco, Toronto, Sidney.

Spreadbury, F. G., (1946), Electric Discharge Lighting, London, Great Britain.

Stein, B., Reynolds, J. S. ve McGuinness, W. J., (1986), Mechanical and Electrical Equipment for Buildings, New York, ABD.

Traister, J. E., (1974), Principles of Illumination, USA.

Traister, J. E., (1976), Electrical Design for Building Construction, USA.

Ünver, R., (1991), Kapalı Hacimlerde Lamba Işığının Oluşturduğu Aydınlığın ve Aygıt Geriveriminin Hesaplanması, YTÜ Basımevi, 223, İstanbul.

Ünver, R. ve Öztürk L. D., (1996), Lambalarda Işıksal Verim - Renksel Geriverim İlişkisi, Yıldız Üniversitesi Yayınları, İstanbul.

Ünver, R., (2000), Işık üretme Yöntemleri ve Işık Kaynakları, Aydınlık Düzenleme II Ders Notları, YTÜ, İstanbul.

Weigel, R. G., (1962), Aydınlatma Tekniğinin Esasları (Çev., M. Özkaya), Berksoy Matbaası, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	27.03.1978	
Doğum yeri	Samsun / Bafra	
Lise	1990-1993	Bafra Lisesi
Lisans	1993-1997	Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü
Yüksek Lisans	1998-2001	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği Programı

Çalıştığı kurumlar

1996-1997	Polat İnşaat Ltd. Şti.
1997-1998	Korint Mimarlık Ltd. Şti.