

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**AYDINLATMA SİSTEMLERİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ
VE DIŞ AYDINLATMA KONTROLÜ**

Yüksek Lisans Tezi

YAVUZ TAŞ

İSTANBUL, 2013

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ**

**AYDINLATMA SİSTEMLERİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ
VE DIŞ AYDINLATMA KONTROLÜ**

Yüksek Lisans Tezi

YAVUZ TAŞ

Tez Danışmanı: YRD. DOÇ. DR. MUHAMMED GARİP

İSTANBUL, 2013

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ

Tezin Adı: Aydınlatma Sistemlerinde Enerji Verimliliği Ve Dış Aydınlatma Kontrolü
Öğrencinin Adı Soyadı: Yavuz TAŞ
Tez Savunma Tarihi: 25.04.2013

Bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Doç.Dr. Faik Tunç BOZBURA
Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğunu onaylarım.

Prof.Dr. Mustafa ILICALI
Program Koordinatörü

Bu Tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmzalar

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Muhammed GARİP

Üye

Prf. Dr. Mustafa ILICALI

Üye

Yrd. Doç. Dr. Ömer GÜL

ÖNSÖZ

Bana bu fırsatı sundukları için Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Yüksek Lisans Programı Koordinatörü Sayın Prof. Dr. Mustafa ILICALI ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Nilgün CAMKESEN Hocalarıma; tez çalışmam sırasında bana yol gösteren ve her türlü yardımı sağlayan çok sevdiğim değerli Hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Muhammed Garip'e, tezimin kontrolü ve kaynaklar konusundaki desteklerinden ötürü mesai arkadaşlarım Elektronik Mühendisi Mehmet COŞKUN'a ve İnşaat Mühendisi A.Celal CİNGÖZ'e, boş vakitlerimde beni çalışmam için sürekli motive eden sevgili anneme, babama sabrından ve desteğinden ötürü sevgili nişanlım Sanem Keçeci'ye teşekkürü borç bilirim.

Yavuz TAŞ

İstanbul, 2013

ÖZET

AYDINLATMA SİSTEMLERİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE DIŞ AYDINLATMA KONTROLÜ

Yavuz Taş

Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Muhammed GARİP

Nisan 2013, 118 sayfa

Enerji verimliliği enerji kaynaklarının üretimden tüketime kadar tüm aşamalarda en yüksek etkinlikte değerlendirilmesi, yeni teknolojilerin kullanımı ile üretimi, kaliteyi ve performansı düşürmeden, sosyal refahı engellemeden enerji tüketiminin azaltılmasıdır.

Daha geniş bir biçimde enerji verimliliği; gaz, buhar, hava ve elektrikteki enerji kayıplarını önlemek, ileri teknoloji ile üretimi düşürmeden enerji talebini azaltması, daha verimli enerji kaynakları, gelişmiş endüstriyel süreçler, enerji geri kazanımları gibi etkinliği artırıcı önlemlerin bütünüdür.

Bu çalışmada dış aydınlatmalarına ait enerji tasarrufunu sağlayan bir sistemin uygulanmasıyla enerji tasarrufu sağlamak ve daha iyi, temiz, kaliteli bir aydınlatma sağlanması amaçlanmıştır. Farklı sistemlere uygulanacak farklı çözümlerle aydınlatmada oldukça ciddi bir tasarruf elde edilebilmesi mümkündür. Bu sistemlerin enerji konusunda sıkıntılar yaşayan ülkemizde mevcut sistemlerin üzerine kurularak aydınlatmadaki enerji savurganlığın önüne geçilebilmesi mümkündür. Doğru analiz ve araştırmaların ışığında enerjide daha bağımsız ve güçlü bir ülke konumuna gelmemiz sağlanmalıdır. Çalışmamın bu konudaki her çalışmaya örnek teşkil etmesini dilerim.

ABSTRACT

ENERGY EFFICIENCY FOR LIGHTING SYSTEMS AND CONTROL OF OUTDOOR LIGHTNING

Yavuz Taş

Urban Systems and Transportation Management

Thesis Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Muhammed Garip

April 2013, 118 pages

Energy efficiency can be defined as utilizing the energy at every stage from production to consumption at its highest effectiveness and lowering the energy consumption need by introducing new technologies without compromise of social well-being, quality and performance.

In a broader meaning, energy efficiency is the all measures to increase the effectiveness which are; prevent losses of gas, steam, air and electric; lower the energy demand without reducing the production and using new Technologies; more effective energy source; developed industrial processes; and energy recovery.

The purpose of this study is to present that through the implementation of an energy saving system which is related to outdoor illumination, a better, higher quality and more efficient outdoor illumination can be achieved. It is possible to yield critical energy savings by applying specific solutions to every different system. By means of building these kind of systems onto the existing structures, energy wasting in the field of illumination will be prevented in our country which has serious problems about energy. With accurate analysis and research, our country provided higher and powerful position about energy providing. I hope this thesis will be an example and a source to everyone who works with this aims.

İÇİNDEKİLER

TABLolar	viii
ŞEKİLLER	ix
1. GİRİŞ	1
2. ENERJİ VE AYDINLATMA	3
2.1 ENERJİ	3
2.1.1 Enerji Kaynakları	3
2.1.2 Enerji Verimliliği	5
2.2 AYDINLATMA	7
2.2.1 Aydınlatma Tanımı ve Aydınlatma Türleri	8
2.2.2 Yol Aydınlatmaları	10
2.2.3 Dış Aydınlatmada Enerji Verimliliği	10
2.2.3.1 Ülkemizde Aydınlatma Kriterleri	13
2.2.3.2 İstanbul'daki Mevcut Aydınlatma Uygulaması	18
2.2.3.3 Mevcut Uygulama İçin Öneriler	18
3. AYDINLATMA SİSTEMLERİNDE FİZİKSEL TANIMLAR	24
3.1 GÖRME	25
3.2 AYDINLATMA SİSTEMLERİNDE FİZİKSEL BÜYÜKLÜKLER	26
3.2.1 Etkinlik Faktörü	26
3.2.2 Işıksal Güç (Işık Akısı)	28
3.2.3 Işık Şiddeti	30
3.2.4 Aydınlık Düzeyi	31
3.2.5 Parıltı	33
3.2.6 Kontrast	35
3.2.7 Kamaşma	36
3.2.8 Ömür	37
3.2.8.1 Ekonomik Ömür:	37
3.2.8.2 Servis Ömrü	38
3.2.8.3 Anahtarlama (Açma-kapama)	38
3.2.9 Lümen Kararlılığı (LLD)	39
3.2.10 Renksel Özellikler	41
3.2.10.1 Renksel Geriverim	41

3.2.10.2	Renk Sıcaklığı.....	42
3.2.10.3	Isıl Faktörler.....	44
3.2.10.4	Ateşleme ve Rejim Süreci.....	47
3.2.10.5	UV-IR Işınımlar	49
4.	DIŞ AYDINLATMADA KULLANILAN IŞIK KAYNAKLARI.....	51
4.1	YÜKSEK BASINÇLI CİVA BUHARLI LAMBALAR.....	55
4.2	METAL HALOJEN LAMBALAR.....	57
4.3	ALÇAK BASINÇLI SODYUM BUHARLI LAMBALAR	59
4.4	YÜKSEK BASINÇLI SODYUM BUHARLI LAMBALAR.....	61
4.5	DEŞARJ LAMBALARINDA KULLANILAN YARDIMCI ELEMENLAR	65
4.5.1	Balast	65
4.5.1.1	Reaktör Balastlar	67
4.5.1.2	Sabit Güçlü Ototransformatör Balastlar (CWA).....	68
4.5.2	Ateşleyiciler.....	69
4.5.2.1	Yarı-paralel Ateşleyiciler	69
4.5.2.2	Yüksek Frekanslı Darbe (Superimposed Pulse) Ateşleyiciler	70
4.5.3	Kompanzasyon Kondansatörü Ve Filtre Bobini	71
5.	LAMBALAR İÇİN LOŞLAŞTIRMA TEKNİKLERİ.....	72
5.1	KADEMELİ LOŞLAŞTIRMA TEKNİKLERİ	72
5.1.1	Sabit Güçlü Ototransformatör Balastlar ile Kademeli Loşlaştırma ..	72
5.1.2	Seri Bağlı İki Manyetik Balast Kullanılarak Kademeli Loşlaştırma .	73
5.1.3	Elektronik Balast İle Kademeli Loşlaştırma	74
5.2	SÜREKLİ LOŞLAŞTIRMA TEKNİKLERİ.....	74
5.2.1	Değişken Kademe Transformatorü İle Loşlaştırma	75
5.2.2	Değişken Reaktör İle Loşlaştırma	75
5.2.3	Sinüs Dalga Modifikasyonu İle Loşlaştırma.....	75
5.2.4	Elektronik Loşlaştırma Balastları İle Loşlaştırma	78
5.3	UZAKTAN KONTROL SİSTEMLERİ.....	80
5.3.1	Yerel Kontrol Birimi İle Loşlaştırma Cihazı Arasındaki Haberleşme	81
5.3.1.1	Güç Hattı Üzerinden Veri Tasıma	81
5.3.1.2	1-10V Analog Kontrol	83

5.3.1.3	Dijital Adreslenebilir Aydınlatma Arayüzü (DALI).....	83
6.	DÜNYADAN UYGULAMALAR VE ÖRNEK KONTROL UYGULAMASI	85
6.1	DÜNYADA ENERJİ TASARRUF CİHAZI ÖRNEKLERİ	92
6.1.1	TİP 1 Enerji Sistemi.....	92
6.1.2	TİP 2 Enerji Sistemi.....	94
6.1.3	TİP 3 Sistemi.....	97
6.2	TİP 4 ENERJİ SİSTEMLERİ VE ÇALIŞMA PRENSİBİ	99
6.2.1	TİP 4 Enerji Sistemi.....	99
6.2.1.1	TİP 4 Sisteminin Özellikleri	102
7.	İSTANBULDAKİ MEVCUT PARKLAR VE GENEL DURUM	105
7.1	UYGULAMA YAPILAN PARKLAR	108
7.1.1	Gaziosmanpaşa Gazi Parkı	108
7.1.2	Bebek Sahil Parkı.....	110
7.1.3	Sultanahmet At Meydanı Parkı	112
7.1.4	Sistem Uygulandıktan Sonraki Genel Durum.....	115
8.	SONUÇ	117
	KAYNAKÇA	119
	ÖZGEÇMİŞ.....	121

TABLolar

Tablo 2.1 "Ülkelerin enerji tüketimi ve enerji yoğunlukları.....	7
Tablo 2.2 "Türkiye Yolları Aydınlatması için Tip Projeler" adlı yayına göre tipleri.....	14
Tablo 2.3 "Türkiye Yolları Aydınlatması İçin Tip Projeler" adlı yayına göre, aydınlatmanın kalite büyüklükleri.....	14
Tablo 2.4 Armatürlerin IP Koruma Sınıfları.....	16
Tablo 2.5 CIE 115'e göre yol aydınlatma sınıfları.....	19
Tablo 2.6. Aydınlatma sınıfları için uygulanacak kalite büyüklükleri.....	20
Tablo 2.7 Yol aydınlatmasında kullanılan lambaların karakteristik özellikleri.....	21
Tablo 3.1 Bazı ışık kaynaklarına ait etkinlik faktörleri.....	27
Tablo 3.2 Bazı ışık kaynaklarının güç ve ışık akısı değerleri.....	30
Tablo 3.3 Bazı örnekler.....	34
Tablo 3.4 Işık kaynaklarına ait renk sıcaklığı ve renksel geriverim değerleri.....	43
Tablo 4.1 Yol aydınlatmasında kullanılan lambaların karakteristik özellikleri.....	52
Tablo 4.2 Farklı lamba tiplerinin karşılaştırılması.....	54
Tablo 5.1 Yol aydınlatmasında kullanılan haberleşme yöntemlerinin karşılaştırılması..	81
Tablo 6.1 Bazı ülkelerin son 5 yılının elektrik fiyat artışları ve en yüksek elektrik fiyatları.....	85
Tablo 6.2 Ülkelerin elektrik harcamaları ve CO2 emisyonları.....	88
Tablo 6.3 Enerji tasarrufu çözümleri karşılaştırmalı analizi.....	89
Tablo 6.4 Lambaların tasarruf değerleri.....	97
Tablo 6.5 TİP 4 giriş karakteristiği.....	102
Tablo 6.6 TİP 4 çevresel çalışma karakteristiği.....	103
Tablo 6.7 TİP 4 kullanıcı arayüzü.....	103
Tablo 6.8 TİP 4 Haberleşme arayüzü.....	103
Tablo 6.9 TİP 4 LCD ara yüzü ve kullanıcı parametreleri.....	104
Tablo 7.1 Gaziosmanpaşa Gazi Parkı haftalık enerji kullanım değerleri.....	109
Tablo 7.2 Bebek Sahil Parkı haftalık enerji kullanım değerleri.....	111
Tablo 7.3 Sultanahmet At Meydanı Parkı haftalık enerji kullanım değerleri.....	113

ŞEKİLLER

Şekil 3.1 Bazı ışık kaynaklarına ait etkinlik faktörleri.....	27
Şekil 3.2 Renk kodu etkinlik faktörü ilişkisi.....	28
Şekil 3.3 Güç etkinlik faktörü ilişkisi.....	28
Şekil 3.4 Bazı ışık kaynaklarına ait ışıksal güç ve etkinlik faktörü değerleri.....	29
Şekil 3.5 Aydınlik düzeyinin tanımı.....	31
Şekil 3.6 Uzaklıkların Karesiyle Ters Orantı Yasası.....	32
Şekil 3.7 Bir yüzeyin bir M noktasının α doğrultusundaki parıltısının tanımı.....	34
Şekil 3.8 Değişik aydınlanma kontrastları a)Engel zeminden daha koyu b) Engel zeminden daha koyu ışık kaynağı engelden önce c) Engel zeminden daha koyu ışık kaynağı engelden sonra.....	35
Şekil 3.9 Kontrast eşiği ile fon parıltısı arasındaki ilişki.....	36
Şekil 3.10 Ekonomik Ömür.....	37
Şekil 3.11 Servis ömrü.....	38
Şekil 3.12 Servis ömrünün anahtarlama ve elektriksel eleman yapısına bağlı değişimi.....	39
Şekil 3.13 Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba (E40) için lümen kararlılığı.....	40
Şekil 3.14 Yüksek basınçlı civa buharlı lamba için lümen kararlılığı.....	40
Şekil 3.15 Renksel geriverim sınıflandırması.....	42
Şekil 3.16 Renk sıcaklığı.....	42
Şekil 3.17 Bazı ışık kaynaklarının spektral özellikleri.....	43
Şekil 3.18 T5 ve T8 ışık kaynaklarının ısı ışık ilişkisi.....	45
Şekil 3.19 Amalgam destekli kompakt floresan için rejime ve sıcaklık karakteristiği.....	46
Şekil 3.20 Rejime girme karakteristikleri (a) Y.B. civa (b) A.B. sodyum.....	48
Şekil 3.21 Amalgam destekli kompakt floresan için rejime girme süreci.....	49
Şekil 3.22 IR ve UV ışık kaynaklarına örnek.....	50
Şekil 4.1 Yüksek basınçlı civa buharlı lamba örnekleri ve ışık spektrumu.....	55
Şekil 4.2 Yüksek basınçlı civa buharlı lambanın iç yapısı.....	55
Şekil 4.3 Yüksek basınçlı civa buharlı lamba elektrik devresi.....	56
Şekil 4.4 Metal halojen lamba çeşitleri.....	57
Şekil 4.5 Metal halojen lamba iç yapısı.....	58

Şekil 4.6 Osram HMI 4000W lamba için ışık spektrumu.....	58
Şekil 4.7 Alçak basınçlı sodyum buharlı lamba içyapısı.....	59
Şekil 4.8 Alçak basınçlı sodyum buharlı lamba örneği ve ışık spektrumu.....	59
Şekil 4.9 Alçak basınçlı sodyum buharlı lamba elektrik devresi.....	61
Şekil 4.10 Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba içyapısı.....	61
Şekil 4.11 Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba örnekleri ve ışık spektrumları.....	62
Şekil 4.12 Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba elektrik devresi.....	63
Şekil 4.13 Deşarj lambaları için akım gerilim karakteristikleri.....	65
Şekil 4.14 Balast ile akımın sınırlandırılması.....	66
Şekil 4.15 Balastlı bir devrenin akım/gerilim karakteristiği.....	66
Şekil 4.16 Örnek Balast Devresi.....	69
Şekil 4.17 Yarı-paralel ateşleyici.....	70
Şekil 4.18 Yüksek frekanslı darbe ateşleyici.....	70
Şekil 4.19 Filtre bobinlerini uygun kondansatörler ile gruplama yöntemleri.....	71
Şekil 5.1 Paralel bağlı kondansatör kullanılan kontrol devresi.....	72
Şekil 5.2 Seri bağlı kondansatör bulunan kontrol devresi.....	72
Şekil 5.3 Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların iki balast ile kademeli olarak loşlaştırılması.....	73
Şekil 5.4 Elektronik balast ve kontrol ünitesi.....	74
Şekil 5.5 Faz kesme yönteminde dalga şekli.....	76
Şekil 5.6 Yeni faz keme yöntemi ile oluşan dalga şekli.....	77
Şekil 5.7 Hibrit elektronik balast sistemi.....	77
Şekil 5.8 Elektronik balast devresi.....	78
Şekil 5.9 Philips marka elektronik balastta kontrol gerilimine bağlı olarak ışık akısındaki değişim.....	79
Şekil 5.10 Haberleşme yöntemleri.....	80
Şekil 5.11 Standart DALI haberleşme halkası ve loşlaştırma sinyali.....	84
Şekil 6.1 TİP 1 enerji sistemi ana panosu.....	92
Şekil 6.2 Tek fazlı sistemin elektrik devresi.....	93
Şekil 6.3 Üç fazlı sistemin elektrik devresi.....	93
Şekil 6.4 Sistem kurulmadan önce.....	94
Şekil 6.5 Sistem kurulduktan sonra.....	95
Şekil 6.6 TİP 3 tasarruf grafiği.....	98

Şekil 6.7 Örnek bir bölgedeki Voltaj değişimi.....	100
Şekil 6.8 Aynı bölgedeki Güç değişimleri.....	100
Şekil 6.9 Regülatörün çalışma prensibi.....	101
Şekil 6.10 Regülatörün çalışma prensibi.....	101

1. GİRİŞ

Kyoto Protokolü kapsamında, sanayileşmiş ülkeler toplam sera gazı emisyonlarını 1990 yılındaki emisyon seviyesine göre 2012 yılına kadar yüzde 5,2 oranında azaltmayı kabul etmiştir.

Elektrik, günümüzde sera gazlarını en çok artıran etkidir. Konutların ve ticari binaların CO₂ emisyonlarının yüzde 50'ye kadar olan bölümü elektrik tüketiminden kaynaklanmaktadır.

Devletler Kyoto Protokolü ile CO₂ emisyonunun azaltılmasına dair taahhüt ettikleri hedefleri gündemlerine almaya başlamıştır. Bunun ötesinde birçok ülke daha uzun vadeli planlar öngörmektedir ve CO₂ konsantrasyonunu 450 ppm seviyesine getirebilmek için GIEEC'nin UNFCC'ye (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçevesi) uygun hedefleri vardır. (2050 yılından önce, 1990 yılındaki CO₂ emisyon seviyesinin yarısına gelinmesi gerekmektedir). Avrupa Birliği, Mart 2007'de AB'ye üye ülkelerinin liderleri tarafından belirlenen 2020 yılına kadar yüzde 20 daha az emisyon hedefiyle iyi bir örnektir.

Tüm dünyada enerji verimliliği ile mali planlar ve vergi planları oluşturulmakta, yapılan yasal düzenlemeler ile yükümlülükleri arttırmaktadır.

Enerji, hayatımızın her yönünü etkilemektedir: Bize ışık, ısı, ulaşım ve diğer araçlar için yakıt sağlar. Ancak bugün, enerji tedarikimizin güvenliği ve fosil yakıtlardan elde edilen enerjinin, çevre üzerindeki etkisi konularını her zaman olduğundan daha fazla düşünmemiz gereken bir dönemdeyiz.

Artık hepimiz enerjinin üretim ve tüketim şeklini değiştirmeye başlamadığımız takdirde geri dönüşü olmayan bir çevre kriziyle karşı karşıya olduğumuzu anlamış bulunmaktayız. Bunun anlamı, gelecekte yenilenebilir enerji kaynaklarını çok daha fazla kullanmamız ve enerji verimliliğine daha fazla odaklanmamız gerektiğidir.

Enerji verimliliğinde en önemli faktör enerji tasarrufudur. Genellikle enerjinin az kullanılması, iki ampulden birinin söndürülmesi şeklinde algılanmakta olan enerji tasarrufu, aslında enerji atıklarının değerlendirilmesi ve mevcut enerji kayıplarının

önlenmesi yoluyla tüketilen enerji miktarının, kalite ve performansı düşürmeden en aza indirilmesidir. Enerji tasarrufu iki biçimde gerçekleştirilmektedir. Birincisi, doğrudan enerji tasarruf eden ev, araba ve diğer son teknolojileri kullanmak; alışkanlıkları ve günlük davranışları enerjiyi daha verimli kullanacak biçimde düzenlemek gibi somut önlemlerden oluşmaktadır. İkincisi ise, dolaylı enerji tasarrufu olup mevcut malların daha uzun süre kullanılmasını sağlayarak yeni malların üretimini azaltmak; enerji tüketimini minimize edecek biçimde yerleşim yerlerini düzenlemek, enerjiyi daha az tüketen teknolojiler kullanmak, ekonomide doğrudan materyal tüketiminin olmadığı etkinliklere geçiş yapmak gibi önlemlerdir.

Aydınlatmada enerji tasarrufu görsel performans ve konfordan ödün vermeksizin aydınlatma verimliliğini artırarak enerji girdisinin azaltılmasıyla enerji tasarrufu yapılmasıdır. Bu tasarruf yanlış bilindiği üzere yetersiz aydınlatma yapılarak sağlanmaz. Çünkü yetersiz aydınlatma, her ne kadar enerji tüketimini düşürse de ilgili alanda çalışanların verimlerine negatif etkidiği için nihayetinde bir tasarruf sağlamaz. Ayrıca iş kazalarının artmasına neden olduğundan beklenenin tam aksine bir sonuç doğurabilir. Bu tasarruf aşağıdaki aydınlatma bileşenlerinin iyileştirilmesi ile mümkün olabilir;

- a. Yüksek verimli ışık kaynakları kullanmak,
- b. Yüksek verimli armatürler kullanmak,
- c. Daha az kayıplı bileşenler (Örneğin: daha düşük kayıplı balast) kullanmak,
- d. Aydınlatma kontrolü yapmak.

2. ENERJİ VE AYDINLATMA

2.1 ENERJİ

Herhangi bir hareketi (aksiyonu) yapan ya da yapmaya hazır olan kabiliyete Enerji denir. Kısaca “iş yapma yeteneği” olarak da tanımlanabilir.

Enerji; insan yaşamı ve ekonomik gelişme için olmazsa olmaz temel unsurdur. Ülkemizde nüfus artışı, konfor standartlarının yükselmesi, sanayi ve teknolojiadaki gelişmelere paralel olarak enerji tüketimi hızla artmaktadır. Bu enerji artışının Türkiye'nin sahip olmadığı özellikle doğal gaz gibi kaynaklara doğru yoğunlaşması ve kaynakların uluslararası güçlerce yönetilen fiyat artışlarının ülke ekonomisi üzerinde oluşturduğu ağır yük, Türkiye'nin önemli problemleri arasındadır.

Enerji ikiye ayrılır.

a) Potansiyel enerji: Depolanan enerjiye denir. Saat zembereği ya da pil gibi.

b) Kinetik enerji: Hareket enerjisidir. Rüzgar, akan sular, giden arabanın enerjisi gibi.

2.1.1 Enerji Kaynakları

Kinetik Enerji

Bir hareket sonucu açığa çıkan enerjiye denir. Örneğin rüzgar bir pervaneyi kinetik enerjisi nedeni ile çevirir. Bu pervaneye bağlı jeneratör de elektrik üretir. İşte rüzgarın kinetik (hareket) enerjisi elektrik enerjisine dönüşmüştür.

Hidrolik (Su) Enerjisi

Barajda biriken suyun yüksekten düşerken sahip olduğu kinetik enerji aşağıda bir su tribünün (pervanesi) çevrilmesi ile elektrik enerjisine dönüşür.

Kimyasal Enerji

Bir maddenin moleküllerinin başka bir madde molekülleri ile yaptığı reaksiyon sonucu ortaya çıkan enerjiye denilir. Bunun en temel örneği yanan odun, kömür, petrol gibi fosil yakıtlar, kağıt vb. gibi birçok malzemelerdeki molekül ile havadaki oksijen molekülünün birleşerek ortaya çıkardığı ısıl enerjidir. Uzmanlar bunu termik enerji ya da ısıl enerji olarak isimlendirmektedir.

Nükleer (Çekirdek) Enerji

Atom çekirdeklerinin bölünmesi veya parçalanması neticesi açığa çıkan enerji olarak tanımlanır. Bu enerji miktarını belli eden Einstein formülü ise $E=mc^2$ dir. Burada “m” kaybolan kütle, “c” ise ışık hızını ifade eder. 300.000.000 m/sn olan bu değer, karesinin ne denli büyük bir enerjiye karşılık geleceği ortadadır. Dünyada mevcut 443 nükleer santral bu prensip ile çalışır.

Termonükleer (Termâl) Enerji

Atom çekirdeklerinin birleşmesi neticesi ortaya çıkan bir çekirdek enerjisi olup Termonükleer olarak isimlendirilir. İki Hidrojen atomunun birleşmesi ile ortaya çıkan ve bilimin artık laboratuvar da kolayca gerçekleştirdiği bir enerji dalıdır. Kısacası Güneş bu reaksiyon ile ayakta duran dev bir termonükleer enerji merkezidir. İlk FÜZYON yani termonükleer enerji santralin inşasına 10 milyar €-avro bütçe ile Fransa da 10 ülkenin ortaklığı ile Haziran 2005 yılında başlanmıştır.

Elektrik Enerjisi

Serbest elektronların hareketinden kaynaklanan bir enerjidir. Genelde bakır veya alüminyum tel ile iletilen “alternatif ve doğru” akım modelleri olan bir enerjidir. Elektrik insanlık tarihinde “tekerlekten” sonraki en önemli buluş olarak bilinir.

2.1.1.1.1 Elektrik Enerji Üretim Kaynakları

Elektrik enerjisi üretim kaynakları iki ana başlık altında ifade edilir.

a) Ana enerji kaynakları

b) Yenilenebilir (Alternatif) enerji kaynakları

Ana enerji kaynakları 3 çeşittir:

- a. Su enerjisine hidrolik,
- b. Kömür, petrol ve gaz enerjisine termik,
- c. Çekirdek enerjisine de nükleer enerji denilmektedir.

Alternatif (yenilenebilir) enerji kaynakları ise çok çeşitlidir:

Rüzgâr, güneş, jeotermal, biomas, güneş pilleri vb.

Alternatif enerji kaynakları ana enerji kaynakları yerine ikame edilemez. Çünkü; Ana enerji kaynaklarının en önemli kriterinden birisi olan “sürdürülebilirlik” ilkesini alternatif enerji kaynakları sağlamakta başarısız olmaktadır. Bu yüzden ki kesintisiz ve hiçbir şarta bağlı olmaksızın elde edilebilen enerji türüne ana enerji kaynakları denilmektedir.

2.1.2 Enerji Verimliliği

Enerji verimliliği, tüketilen enerji miktarının, üretimdeki miktar ve kaliteyi düşürmeden, ekonomik kalkınmayı ve sosyal refahı engellemeden en aza indirilmesidir.

Daha geniş bir biçimde enerji verimliliği; gaz, buhar, ısı, hava ve elektrikteki enerji kayıplarını önlemek, çeşitli atıkların geri kazanımı ve değerlendirilmesi veya ileri teknoloji ile üretimi düşürmeden enerji talebini azaltması, daha verimli enerji kaynakları, gelişmiş endüstriyel süreçler, enerji geri kazanımları gibi etkinliği artırıcı önlemlerin bütünüdür(Özkaya 2004).

Enerji verimliliğinde en önemli faktör enerji tasarrufudur. Genellikle enerjinin az kullanılması, iki ampulden birinin söndürülmesi şeklinde algılanmakta olan enerji tasarrufu, aslında enerji atıklarının değerlendirilmesi ve mevcut enerji kayıplarının önlenmesi yoluyla tüketilen enerji miktarının, kalite ve performansı düşürmeden en aza indirilmesidir. Enerji tasarrufu iki biçimde gerçekleştirilmektedir. Birincisi, doğrudan enerji tasarruf eden ev, araba ve diğer son teknolojileri kullanmak; alışkanlıkları ve günlük davranışları enerjiyi daha verimli kullanacak biçimde düzenlemek gibi somut önlemlerden oluşmaktadır. İkincisi ise, dolaylı enerji tasarrufu olup mevcut malların daha uzun süre kullanılmasını sağlayarak yeni malların üretimini azaltmak; enerji tüketimini minimize edecek biçimde yerleşim yerlerini düzenlemek, enerjiyi daha az tüketen teknolojiler kullanmak, ekonomide doğrudan materyal tüketiminin olmadığı etkinliklere geçiş yapmak gibi önlemlerdir(Özkaya 2004).

- i. En önemli enerji kaynağı olan petrol ve kömür gibi fosil yakıtlar hızla tükeniyor.
- ii. Enerji üretim ve tüketim süreçlerinde ortaya çıkan sera gazı emisyonları küresel ısınma ve iklim değişikliğinin en önemli nedenleri arasındadır.

- iii. Kullandığımız enerjinin yüzde 70'ini yurtdışından döviz ödeyerek satın alıyoruz.
- iv. Evimizde ve ulaşımda tükettiğimiz enerjinin faturası aile bütçemizin en önemli kalemlerindedir.

Enerji verimliliğinin artırılması önemli bir problemdir ki ülkemizdeki kayıpların yıllık değeri 6-7 milyar dolar civarındadır. Bu problemin çözümünde izlenecek yol haritaları çeşitli olmakla birlikte bunlardan en önemlisi zengin imkânlarla sahip olduğumuz yenilebilir enerji kaynaklarının daha fazla kullanılmasıdır. Bu sadece küresel iklim değişikliği politikalarına uyum için değil, aynı zamanda; ülkenin dış ödemeler açığı, istihdam katkısı, hava kirliliğine bağlı sağlık problemlerinin azalması, hane halkının harcamalarında rahatlama gibi çok sayıda ve çok yönlü yararlar sağlaması açısından da önemli bir çözüm paketi olanağı sağlamaktadır.

Enerjinin verimli kullanımının sağlanmasında en temel gösterge enerji yoğunluğunun düşürülmesidir. Ülkemizde kişi başına enerji tüketimi OECD ülkeleri ortalamasının yaklaşık 1/5 'i oranında, enerji yoğunluğu ise OECD ortalamasının iki katı kadardır. Bugüne kadar yürütülen çalışmalara rağmen enerji yoğunluğu, düşme eğilimine girmemiştir. Uluslararası Enerji Ajansı verilerine göre gelişmiş ülkelerde enerji yoğunluğu 0.09-0.19 arasında iken, ülkemizde 0.38 olması ve azalma eğilimi göstermemesi bu konunun ciddi olarak ele alınması gereğini ortaya koymaktadır. Sadece bu rakam bile, Türkiye'nin enerji verimliliğinin artırılması konusunda yapılabilecek çok şey olduğunu göstermektedir.

Tablo 2.1 Ülkelerin enerji tüketimi ve enerji yoğunluğu

Ülke	GDP (milyar \$)	Tüketim (milyon TEP)	Enerji yoğunluğu	Kişi başına tüketim (TEP/nüfus)
Türkiye	190,3	72,5	0,38	1,06
Japonya	5 648	520,7	0,09	4,09
ABD	8977,9	2281,5	0,25	7,98
Yunanistan	144,8	28,7	0,20	2,62
OECD	27880,9	8970	0,19	4,68
Dünya	34399,8	10029	0,29	1,64

2.2 AYDINLATMA

Ülkemizde tüketilen toplam elektrik enerjisi içinde aydınlatmanın payı yüzde 20 civarındadır. Aydınlatmada verimliliğin sağlanması ile hem görsel, hem bütçesel rahatlama sağlanacaktır. Aydınlatmada enerji tasarrufu, görsel konfordan ödün vermeden, gerekli en az aydınlık şiddetlerinin sağlanması ile elde edilir. Bunun için öncelikle düşük verimli ışık kaynakları yerine yüksek verimli ışık kaynakları kullanılmalıdır(Özkaya 2004).

Yol aydınlatmalarından beklenen, emniyetli ve konforlu görüş olanakları yaratılarak, yolların ve alanların geceleri de rahatlıkla kullanılabilir olmasını sağlamaktır. Motorlu ve motorsuz araçlar ve yaya trafiğinin olabildiği kent içi ulaşım yollarında trafiğin hızı, çeşidi ve çevre koşullarına uygun kriterlere sahip yol aydınlatması tesisatları ile gece kazalarının sayısında ve işlenen suç oranlarında önemli bir azalma sağlanmaktadır. Tüm dünya ülkeleri gibi ülkemiz için de önemli bir sorun olan enerji tasarrufunun lambaların gelişigüzel söndürülmesi ya da tesisat yapılmaması ile değil, görme yeteneği ve görsel konfordan ödün vermeden, gerekli minimum düzeyde aydınlatmalar yaratılarak sağlanabileceği akıldan çıkarılmamalıdır. Bu şekilde gerçekleştirilecek aydınlatmalarla enerji tasarrufu sağlanabileceği gibi, ışık kirliliğinin de önüne geçilebilecektir.

2.2.1 Aydınlatma Tanımı ve Aydınlatma Türleri

Işığın bir yere, nesnelere veya bunların çevrelerine görülebilecekleri şekilde uygulanmasına Aydınlatma denir. Işık ise, yaydığı ışınlar ile gözün ağtabakasını etkileyerek görmeyi sağlayan özel bir enerjidir ve görme sistemine ait bütün algılama ve hissetmelerdir.

Aydınlatmada temel amaç iyi görme koşullarının sağlanmasıdır. Bürolarda, okullarda, hastanelerde, fabrikalarda, trafikte, güvenlik konularında ve hemen her konuda aydınlatma bu amaçla yapılır. Yanıltıcı, şaşırtıcı, ilgi çekici, alışılmamış etkiler elde etmeye yönelik amaçlarla yapılan aydınlatmalarda, bu etkilerin elde edilebilmesi görme koşulları ve aydınlığın niteliği konularının çok iyi bilinmesine bağlıdır.

Burada çok önemli bir kurala özellikle dikkat çekmek gerekir. Aydınlatmada amaç, belli bir aydınlık düzeyi elde etmek değil, iyi görme koşullarını sağlamaktır. İyi bir aydınlatma ile aşağıdaki yararlar sağlanır.

- a. Gözün görme yeteneği artar
- b. Göz sağlığı korunur
- c. Kazalar azalır
- d. Yapılan işin verimi yükselir
- e. Güvenlik sağlanır
- f. Estetik hislere ve konfor gereksinimine yanıt verilir

Amacı bakımından aydınlatma üçe ayrılır.

- a. Fizyolojik Aydınlatma: Amaç, cisimleri şekil, renk ve ayrıntıları ile rahat ve hızla görebilmektir. Bu koşulları sağlayan aydınlatmaya Fizyolojik Aydınlatma denir.
- b. Dekoratif Aydınlatma: Amaç, görülmesi istenen cisimleri bütün ayrıntıları ile göstermek değil, daha çok estetik etkiler uyandırmaktır.

c. Dikkati Çeken Aydınlatma: Amaç, dikkati çekmek, yani reklam yapmaktır. Bunun için yüksek aydınlık düzeyleri, renkli ışıklar, değişken ışıklı şekiller ve yanıp sönen düzenler kullanılır.

Aydınlatma, ışığın kökenine göre doğal ve yapay olmak üzere ikiye; aydınlatılan yere göre de iç ve dış aydınlatma olarak ikiye ayrılabilir.

Doğal aydınlatma doğal ışığın en uygun şekilde dağıtılması ile yapılır. Ayrıca doğal ışığın yapay ışıkla birlikte kullanılması konusu ve ekonomik koşulların sağlanması için binaların yerleştirilmesi ve projelendirilmesi de doğal aydınlatmanın konusudur.

Yapay aydınlatma günümüzde hemen hemen sadece elektrikli ışık kaynakları ile sağlanmaktadır. Kullanılan kaynaklara göre bu aydınlatma akkor telli lambalarla aydınlatma, deşarj lambaları ile aydınlatma ve floresan lambalarla aydınlatma gibi alt türlere ayrılabilir.

İç aydınlatma kapalı yerlerin aydınlatması olup, bu aydınlatma türünde tavan ve duvarlar yansıtma yoluyla çalışma düzlemine ışık gönderirler ve çalışma düzleminin aydınlanmasına yardım ederler. Ev, okul, hastane, fabrika, tiyatro, sinema ve benzeri yerlerin aydınlatılması bu sınıfa girer. Bu aydınlatma türünde aydınlatma aygıtının türüne göre alttürler ayırt edilebilir.

Aydınlatma aygıtından çıkan ışık akısının;

Yüzde 90-100 ü alt yarı uzaya gidiyorsa direkt aydınlatma,

Yüzde 60-90 ı alt yarı uzaya gidiyorsa yarı-direkt aydınlatma,

Yüzde 40-60 ı alt yarı uzaya gidiyorsa karma aydınlatma,

Yüzde 10-40 ı alt yarı uzaya gidiyorsa yarı-endirekt aydınlatma,

Yüzde 0-10 u alt yarı uzaya gidiyorsa endirekt aydınlatma olarak adlandırılır.

Dış aydınlatma açık yerlerin aydınlatması olup bu aydınlatma türünde aydınlatılacak yüzey genel olarak ışık kaynaklarından gelen direkt ışıklar tarafından aydınlatılır. Yol ve cadde, meydan, spor alanları, rıhtım gibi yerlerin aydınlatılması bu sınıfa girer.

2.2.2 Yol Aydınlatmaları

Güvenli ve konforlu yaşam koşullarının yaratılması temel amaç olan şehircilik anlayışı içinde kent içi yol aydınlatmalarının önemi büyüktür. Gündüze oranla trafik yoğunluğunun yüzde 50 azalmasına karşın, gece aydınlatılmamış yollarda meydana gelen öldürücü ciddi kaza sayısında 3 kat artış olduğu açıklanmaktadır. 15 ülkede 62 test yolunda yapılan araştırmalar sonucunda, gece yollar aydınlatıldığında kaza sayısının yüzde 13 ila yüzde 75 oranlarında düştüğü saptanmıştır. Aydınlatmanın kriminal suçları önleme üzerine etkisini araştırmak için yapılan çalışmalardan da, kent içi yollar ve alanlar yönetmeliklere uygun olarak aydınlatıldığında suç işleme oranlarında yaklaşık yüzde 20, suçların şiddetinde ise yüzde 40'lık oranlarda azalmalar olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara dayanılarak, kent içi yol aydınlatmalarının güvenlik ve konfor açısından ne kadar önemli olduğu görülmektedir. Ülkemizde de "enerji tasarrufu" konusu tüm dünyada olduğu gibi en güncel konu olarak yerini korumaktadır.

İllere göre farklılık göstermesine rağmen, ülke genelinde toplam elektrik enerjisi tüketiminde yaklaşık yüzde 5'lik paya sahip genel aydınlatma amaçlı uygulamaların büyük bölümünü yol aydınlatmaları kapsamaktadır. Ocak 2004'ten itibaren belediyelere faturalanan kent içi yol aydınlatmaları elektrik tüketim bedellerinin ödenmesi konusunda anlaşmazlıklar yaşanmaktadır. Enerji Piyasası Düzenleme Kanunu gereği bir an önce özelleştirilmesi amaçlanan Elektrik Dağıtım Şirketleri'nin bu aşamalarda tüm gelir ve giderlerinin kontrol altına alınması büyük önem taşımaktadır. Bu açıdan yol aydınlatma tesisatlarının işletme maliyetlerinin düşürülmesi önemli olurken, diğer yandan kent yaşamı için hayati öneme sahip güvenli yol aydınlatma tesisatlarının yeterli seviyede tesis edilmesi de gerekmektedir.

2.2.3 Dış Aydınlatmada Enerji Verimliliği

İyi ve kaliteli bir aydınlatma tesisatından, aydınlatılması amaçlanan alanlara gereksinim duyulan miktarlarda ışık göndermesi beklenilir. Kullanılmayan alanların aydınlatılmasının ya da kullanılan alanlarda gereğinden fazla aydınlatma yaratılmasının büyük enerji savurganlığı olacağı açıktır. Yetersiz bir aydınlatma emniyet ve konfor açısından büyük bir tehlike yarattığı gibi, yanlış yönlendirilmiş aşırı bir aydınlatma da kamaşma problemi nedeni ile görüş koşullarını tamamen bozabilir.

1999 yılı istatistiksel verilerine göre ülkemizde tüketilen 1222 GWh elektrik enerjisinin yüzde 4.7'si genel aydınlatma amaçlı kullanılmıştır. Genel aydınlatma adı altında toplanan bu tüketimin büyük bölümü yol aydınlatmalarında harcanmaktadır. Park ve bahçe aydınlatmalarında çoğu zaman bilinçsizce tüketilen enerji miktarları da küçümsenmeyecek boyutlardadır.

Bu konuda 12 milyonu aşan nüfusu ile İstanbul şehri, değişken ve dağınık yaşam koşulları nedeniyle ülke genelinde çözülmesi gereken en önemli sorunları barındırmaktadır.

Değeri her geçen yıl hızla artan ve bedeli ödenmediği için tüketici tarifelerine dâhil edilen bu aydınlatma uygulamalarında doğru ve verimli çözümlerle güvenli, konforlu ve az enerji tüketen tesisatlar gerçekleştirilmesi temel amaç olmalıdır.

Yol aydınlatmalarından beklenen, emniyetli ve konforlu görüş olanakları yaratılarak, yolların ve alanların geceleri de rahatlıkla kullanılabilir olmasını sağlamaktır. Motorlu ve motorsuz araçlar, yaya ve hayvan trafiğinin olabildiği kent içi ulaşım yollarında trafiğin hızı, çeşidi ve çevre koşullarına uygun kriterlere sahip yol aydınlatması tesisatları ile gece kazalarının sayısında ve işlenen suç oranlarında önemli bir azalma sağlanmaktadır. Tüm dünya ülkeleri gibi ülkemiz için de önemli bir sorun olan enerji tasarrufunun lambaların gelişigüzel söndürülmesi ya da tesisat yapılmaması ile değil, görme yeteneği ve görsel konfordan ödün vermeden, gerekli minimum düzeyde aydınlatmalar yaratılarak sağlanabileceği akıldan çıkarılmamalıdır. Bu şekilde gerçekleştirilecek aydınlatmalarla enerji tasarrufu sağlanabileceği gibi, ışık kirliliğinin de önüne geçilebilecektir (Özkaya 2004).

Ekonomik nedenlerle minimum değerlerde tesis edilen yol aydınlatması tesisatlarında, enerji tasarruf önlemleri düşünülerek gelişigüzel lambaların söndürülmesi ya da atlamalı yakılması gibi uygulamalar, mevcut sistemin yarardan çok zarar getirmesine neden olabilmektedir. Gereken aydınlık düzeylerinin altında olan, özellikle düzgünlük koşullarını sağlayamayan bir yol aydınlatması, sürücülerde hareket yanılgılarına, aşırı yorgunluklara ve sonuç olarak da tehlikeli kazalara yol açabilir.

Ekonomik ve yeterli düzeyde uygulamalar için yollarda ve açık alanlarda sağlanması gereken aydınlatma kriterleri, bu konulardaki araştırma ve uygulama çalışmaları esas

alınarak hazırlanan en yeni standart ve önerilere göre belirlenmelidir. Tesisatlarda kullanılan ışık kaynakları (lambaların) ve aydınlatma armatürlerinin teknik özellikleri ve verimleri de aydınlatmanın ekonomikliğini ve sürekliliğini etkileyen en önemli faktörlerdir (Onaygil ve Güler 2005).

Doğru ve verimli bir aydınlatma için kriterler:

- a. Aydınlatmada enerji tasarrufunun basit tedbirlerle sağlanması önemli bir avantajdır. Burada önemli olan konuya gereken ilginin gösterilmesidir.
- b. İyi bir aydınlatma daha verimli aydınlatma elemanlarıyla sağlandığı için, sonuçta aynı aydınlatma seviyeleri daha az enerji tüketimi ile elde edilebilir.
- c. Kullanım amaçlarına göre gereksinim duyulan miktarlarda aydınlatma yaparak aydınlatmada kullanılan ışığın niteliğinin uygun olması sağlanır. Aydınlatılmak istenilen ortamın aydınlık düzeyi ihtiyacı daha önceden belirlenmeli ve bu ihtiyaçlar doğrultusunda armatürler seçilmelidir. Aydınlatma kalitesini arttırmak ve de enerji tasarrufu sağlamak için, verimli lamba kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.
- d. Lambaların seçiminde, etkinlik faktörü lümen/Watt oranı yüksek olanları, daha uzun ömürlü ve verimli olanları tercih edilmelidir.
- e. Doğru aydınlatma, gözü yormayan, kamaşma yaratmayan, aydınlatılacak objelere uygun renkte olan, kullanım amacına uygun ampullerle elde edilir. Doğru olmayan aydınlatma biçimi veya yetersiz aydınlatma emniyet ve konfor açısından sakıncalıdır.
- f. Lambanın gücünü arttırmak yerine sayısı arttırmak daha doğru karardır.
- g. İç veya dış aydınlatma için tasarlanan lambalar tasarlandıkları alanlarda dâhilinde kullanılmalıdır.
- h. Ayar anahtarı ile doluluk boşluk oranını değiştirmekle lambaların verimli çalışmaları mümkündür. Aydınlatma otomasyon sistemlerinde kullanılan dimmer üniteleri sayesinde, aydınlatmanın kısıldığı oranda enerjiden tasarruf etmek ve ışık kaynaklarının ömrünü uzatmak mümkündür böyle sistemler sayesinde ışık seviyeleri yüzde 1 ile yüzde 100 aralığında ayarlayarak, mekanlarda daha estetik ortamlar

oluşturabilir. Vurgulanması gereken öğeleri daha ön plana çıkaracak ışık senaryoları oluşturulabilir.

- i. Aydınlatmada kullanılan sensörler ile aydınlatma kontrolü hedeflenip verimli bir aydınlatma sağlanmış olunur. Buradaki amaç gereksizce yapılan aydınlatma süresini dolayısıyla enerji sarfiyatını en aza indirmektir ve önemli enerji tasarrufları sağlanır
- j. Işık kaynağı titreşim yapmamalıdır. Titreşime, ışık kaynağının parlaklığındaki hızlı değişme sebep olduğundan, göz bu hızlı değişikliklere uyabilmek için aşırı çaba harcar ve çabuk yorulur.
- k. Aydınlatmada enerji tasarrufu, aydınlatmanın kalitesini düşürmeden iyi bir aydınlatmanın gereklerini yerine getirerek yapılmalıdır.
- l. Işık sensörleri, hareket dedektörleri ve zaman saatleri tek başlarına kullanılarak da belirli oranlarda enerji tasarrufu elde edilebilir, fakat koşullu programlama yapabilen herhangi bir aydınlatma otomasyon sistemi ile hepsi birlikte kullanılarak enerji tasarrufu maksimum seviyeye çıkarılabilir.
- m. İyi tasarlanan ve gün ışığından faydalanan bir aydınlatma sistemi, aydınlatma enerjisinden tasarruf sağlar.
- n. Aydınlatma otomasyon sistemleri, bağlı buldukları aydınlatma devrelerinin tamamına, herhangi bir enerji kablosu kullanmadan sadece haberleşme kablosu ile merkezden veya istenilen bir noktadan kumanda edebilmesinden dolayı, aydınlatma kontrolü ihtiyaçlara göre çok değişken bir şekilde yapılabilir.

2.2.3.1 Ülkemizde Aydınlatma Kriterleri

1999 yılı istatistiksel verilerine göre ülkemizde tüketilen 9 1222 GWh elektrik enerjisinin yüzde 4.7'si genel aydınlatma amaçlı kullanılmıştır. Genel aydınlatma adı altında toplanan bu tüketimin büyük bölümü yol aydınlatmalarında harcanmaktadır. Park ve bahçe aydınlatmalarında çoğu zaman bilinçsizce tüketilen enerji miktarları da küçümsenmeyecek boyutlardadır.

1989 yılında hazırlanan "Türkiye Yolları Aydınlatması İçin Tip Projeler" adlı yayın incelendiğinde, hesaplarda parıltı yöntemi kullanılıp, Uluslararası Aydınlatma

Komisyonu (CIE)' nun 1977 tarihli 12-2 nolu "Trafik Yollarının Aydınlatılması için Öneriler" adlı yayınının esas alındığı anlaşılmaktadır. Tip projelerde, şerit sayısı, yol genişliği ve geometrisine göre aşağıdaki 5 tip yol tanımlanmıştır. (Tablo 2.2)

Tablo 2.2 "Türkiye Yolları Aydınlatması için Tip Projeler" adlı yayına göre yol tipleri

Tip	Şerit Sayısı	Yol Genişliği	Geometrisi
Y1: 1x1	1	6 m	tek veya çift yön
Y2: 1x2	2	8 m	tek veya çift yön
Y3: 1x3	2	11 m	tek veya çift yön
Y4: 2x2	2x2	2x8 m	ortası refüj; her bir yol tek yön
Y5: 2x3	2x3	2x11 m	ortası refüj; her bir yol tek yön

Bu tip yollarda sağlanması gereken aydınlatmanın kalite büyüklükleri de Tablo 2.3'deki gibi verilmiştir.

Tablo 2.3 "Türkiye Yolları Aydınlatması İçin Tip Projeler" adlı yayına göre, aydınlatmanın kalite büyüklükleri

Yol Tipi	L_o (cd/m ²)	U_o	U_1	G	TI (%)
Şehir içi yan yollar (Y3; Y4; Y5)	Z 1.7	Z 0.4	Z 0.6	Z 4	Z 10
Şehiriçi 2. derece önemli yollar (Y2; Y3)	Z 1.12	Z 0.4	Z 0.5	Z 0.5	Z 20

Burada;

L_o (Yolun ortalama parlaklığı): (cd/m²)

U₀ (Ortalama düzgünlük): Her şeridin orta çizgisi üzerinde bulunan gözlemciye göre 60 m ilerisinden başlayan 100 m'lik hesap alanındaki minimum parıltının ortalama parıltıya oranıdır. En düşük değer esas alınır ($U_0=L_{min} / L_{ort}$).

U₁ (Boyuna düzgünlük): Her yol şeridinin orta çizgisi üzerinde bulunan gözlemci noktasına göre, bu orta çizgi boyunca uzanan kısmi alanlardaki minimum parıltının maksimum parıltıya oranıdır

($U_1=L_{min}/ L_{max}$).

G (Kamaşma kontrol katsayısı): Psikolojik kamaşmanın ölçüsüdür.

T₁ (Bağıl Eşik Artışı): Fizyolojik kamaşmanın neden olduğu görülebilirlik azalmasının ölçüsüdür. Kamaşma koşullarındaki parıltı eşiği ΔLK ile kamaşma olmadıdaki ΔLe eşik farkının ΔLe 'ye oranı olarak ifade edilir ($T_1 = \{\Delta LK - \Delta Le\} / \Delta Le$).

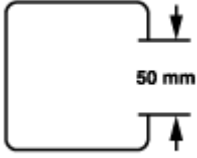

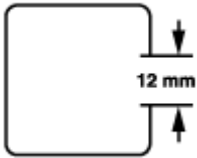
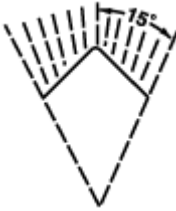
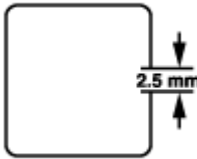
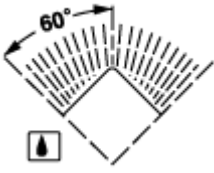

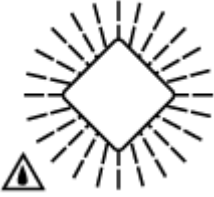
Söz konusu yayında bu tablonun altındaki açıklamalarda "genellikle ortalama parıltı ve buna bağlı düzgünlük değerlerinin sağlanması optimum sonuçlar bakımından yeterli olup, G ve T₁'nin de sağlanması ancak çok iyi bir aydınlatma sistemi gerekmesi halinde aranacaktır" ifadesi yer almaktadır.

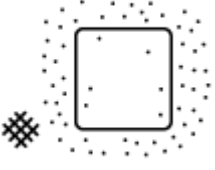
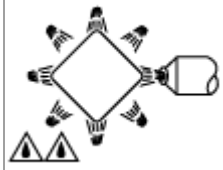
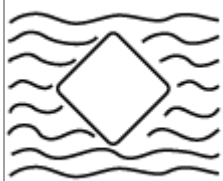
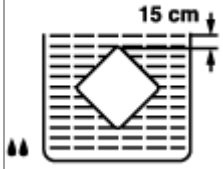
Tip projelerdeki hesaplamaların yansıtıcı ve kırıcı yapısı şematik olarak verilen A, B1 ve B2 tipi diye adlandırılan üç tip armatüre göre yapıldığı açıklanmaktadır. Yayında, armatürlerin içlerinde 125W, 250W, 400W yüksek basınçlı civa buharlı, 110, 210 ve 350W özel tip ateşleyicisiz yüksek basınçlı sodyum buharlı, 70W, 150W, 250W ve 400W ateşleyicili floresan kaplı elips şeklindeki yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar kullanılarak farklı tesisat, farklı armatür yüksekliği ve direk açıklıkları dikkate alınarak 378 kombinasyon için hesaplar tekrarlanmıştır.

Ekonomik ve uzun ömürlü tesisatlar, ancak seçilen lambaların iyi korumalı, dış koşullardan en az etkilenen ve uygun fotometrik özelliklere sahip armatürlere yerleştirilmeleri ile elde edilebilir. Her türlü atmosferik ve kirlilik koşullarının geçerli olduğu dış mekânlarda gerçekleştirilen yol aydınlatmalarında kullanılan aydınlatma armatürlerinin koruma sınıfları (IP - International Protection - dereceleri) yüksek olmak zorundadır. İlki toza karşı, ikincisi suya karşı koruma özelliğini ifade eden iki rakamla verilen IP koruma sınıflarının açıklamaları Tablo 2.4'de verilmektedir. Eski

şartnamelerde yol aydınlatmalarında IP54 koruma sınıfı yeterli görülürken, günümüz koşullarında bu değerin IP65 olarak seçimi bakım ve tesisat ömrü açısından önemli üstünlükler sağlamaktadır.

Tablo 2.4 Armatürlerin İP Koruma Sınıfları

İP Koruma Sınıfları			
İP	Birinci rakam maddesel temas-giriş ile ilgili karakteristiktir	İP	İkinci rakam suya ve sıvı girişine karşı koruma ile ilgili karakteristiktir
0	Özel koruma yok	0	Su geçirmezlik özelliği yok
1	50 mm çapındaki büyük katı objelere karşı koruma 	1	Damlayan suya karşı koruma 
2	12mm çapından büyük olmayan nesnelere karşı koruma 	2	Dikey olarak damlayan suya karşı koruma (15° ye kadar eğilmiş) 
3	2,5mm çapından büyük olmayan nesnelere karşı koruma 	3	Püskürtülen suya karşı koruma (60° ye kadar eğilmiş) 
4	1 mm çapından büyük olmayan nesnelere karşı koruma 	4	Şıçrayan suya karşı koruma 

5	Temasa karşı komple koruma ve toz birikmesine karşı koruma 	5	Nozulden gelen suya karşı koruma 
6	Temasa karşı komple koruma, toz birikmesine karşı koruma, Toz nüfuzuna karşı koruma	6	Güçlü su fişkirmasına veya ağır deniz koşullarına karşı koruma 
7		7	Daldırılma durumlarına karşı koruma 
8		8	Sürekli suya batırılma durumuna karşı koruma.
9		9	Kafes üzerinde yoğun basınçlı suya karşı koruma (Yüksek-basınç, 80-100 bar)

Şu andaki mevcut uygulamalarda, şehir içindeki yollar ana yol veya ikinci derece önemli yol sınıfına sokularak, ortalama parıltıları sırasıyla 1,7 veya 1,2 cd/m² den büyük olacak ve parıltı düzgünlük değerleri de sağlanacak şekilde, Tip Projeler yayınındaki hesaplama örneklerinden en uygunu seçilerek, tesisatın direk yüksekliği, direkler arası açıklık, konsol açısı gibi özellikleri belirlenmekte ve tesisat bu değerlere göre yapılmaktadır. Tip projelerde, konsol boyu hakkında bir bilgi mevcut değildir. Kullanılan armatürlerin fotometrik değerlerinin, hesaplarda esas alınan armatürlerle birebir aynı oldukları kabulü yapılmaktadır.

Son yıllarda İstanbul Büyükşehir Belediyesi birçok yol ve alanda, farklı armatür, lamba ve tesisat tipleri içeren aydınlatma projelerini hayata geçirmektedir. Yol

aydınlatmalarının projelendirilmesi, tesisi ve bakımından direk sorumlu olan BEDAŞ ile Belediye arasındaki koordinasyonsuzluk bu tesislerin doğruluğu ve sürekliliği açısından büyük sorunlar yaratmaktadır.

2.2.3.2 İstanbul'daki Mevcut Aydınlatma Uygulaması

İstanbul'da kent içi yol aydınlatmaları için mevcut bir yönetmeliğin olmadığı, tüm tesisatların Türkiye Elektrik Kurumu Genel Müdürlüğü D.A.P.T. Dairesi Başkanlığınca 1989 yılında yayınlanan "Türkiye Yolları Aydınlatması İçin Tip Projeler" adlı yayındaki örnek hesaplamalar esas alınarak gerçekleştirildiği görülüyor. Bunun dışında Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. Malzeme Yönetimi Dairesi Başkanlığı'nca sırasıyla Ekim 1994 ve Ekim 1995 yıllarında yayımlanan "Yüksek Basınçlı Civa Buharlı Lambalar ve Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı Lambalar Teknik Şartnamesi" ve "Harici Aydınlatma Armatürleri Teknik Şartnamesi" adlı dokümanlar mevcut (Onaygil ve Güler 2005).

Son durumdan çıkarılan sonuca göre yeni tesisatların da hala söz konusu bu tip projelere göre yapıldığı, yaklaşık 220 bin aydınlatma direk noktası bulunan İstanbul'da yol aydınlatması amaçlı kullanılan lambaların yüzde 70'inin yüksek basınçlı civa buharlı, yüzde 30'unun ise ateşleyicisiz özel tip yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar olduğu, ateşleyicili yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların ise çok az sayıda kullanıldığı görülmüştür.

2.2.3.3 Mevcut Uygulama İçin Öneriler

Elektrik idarelerinin tüm kent içi yol aydınlatmalarında esas kabul ettiği "Türkiye Yolları Aydınlatması İçin Tip Projeler" adlı yayında verilen aydınlatma kalite büyüklükleri, aslında 1977 tarihli CIE 12-2 yayınındaki önerilerin keyfi bir uyarlamasıdır. Uluslararası Aydınlatma Komisyonu 1995 yılında "Motorlu ve Yaya Trafikli Yolların Aydınlatılması için Öneriler" adı altında 115 nolu yeni bir teknik rapor yayımlamıştır. Bu rapora göre yollar Tablo 2.5'teki gibi kullanım amaçları, kullanıcıları, trafik yoğunluğu ve kontrolüne göre sınıflandırılmaktadır.

Tablo 2.5 CIE 115'e göre yol aydınlatma sınıfları

Yolun Tanımı	Aydınlatma Sınıfı
Bölünmüş yollar, ekspres yollar, otoyollar (otoyola giriş ve çıkışlar, bağlantı yolları, kavşaklar, ücret toplama alanları) Trafik yoğunluğu ve yolun karmaşıklık düzeyi (Not 1);	
Yüksek	M1
Orta	M2
Düşük	M3
Devlet yolu ve il yolları (tek yönlü veya iki yönlü; kavşaklar ve bağlantı noktaları ile şehir geçişleri ve çevre yolları dahil) Trafik kontrolü (Not 2) ve yol kullanıcılarının (Not3) tiplerine göre ayrımı (Not 4)	
Zayıf	M1
İyi	M2
Şehir içi ana güzergahlar (bulvarlar ve caddeler), ring yolları, dağıtıcı yollar Trafik kontrolü (Not 2) ve yol kullanıcıların (Not 3) tiplerine göre ayrımı (Not 4);	
Zayıf	M2
İyi	M3
Şehir içi yollar (yerleşim alanlarına giriş çıkışın yapıldığı ana yollar ve bağlantı yolları) Trafik kontrolü (Not 2) ve yol kullanıcılarının (Not 3) tiplerine göre ayrımı (Not 4);	
Zayıf	M4
İyi	M5
<ul style="list-style-type: none">• Not 1. Karmaşıklık; Yolun geometrik yapısını, trafik hareketlerini ve görsel çevreyi içerir. Göz önünde bulundurulması gereken faktörler; şerit sayısı, yolun eğimi, trafik ışık	

ve işaretleri.

- Not 2. Trafik kontrolü; Yatay ve düşey işaretlemeler ve sinyalizasyon ile trafik mevzuatının varlığı anlamında kullanılmıştır. Bunların olmadığı yerlerde trafik kontrolü zayıf olarak adlandırılır.
- Not 3. Kullanıcılar; Motorlu araçlar (kamyon, otobüs, otomobil vb.), bisiklet, yavaş araçlar ve yayalar.
- Not 4. Ayrım; Tahsisli yol (Herbir trafik cinsinin kullanacağı şeridin kesin olarak ayrıldığı yerler, örneğin otobüs yolu, bisiklet yolu vb.).

Bu yol sınıflarında sağlanması gereken aydınlatmanın kalite büyüklükleri de Tablo 2.6'de verilmektedir.

Tablo 2.6. Aydınlatma sınıfları için uygulanacak kalite büyüklükleri

Aydınlatma sınıfı	L_o (cd/m ²)	U_o	U_1	TI (%)
M1	Z 2.0	Z 0.4	Z 0.7	10
M2	Z 1.5	Z 0.4	Z 0.7	10
M3	Z 1.0	Z 0.4	Z 0.5	10
M4	Z 0.75	Z 0.4	-	15
M5	Z 0.5	Z 0.4	-	15

Kent içi yol aydınlatmalarında bu yeni öneriler uygulandığında, şehir içi ana yollar trafik kontrolü de iyi olduğunda M3 sınıfına girmekte, mevcut uygulamalardaki 1.7 cd/m²'lik ortalama yol yüzeyi parlantisı yerine 1.0 cd/m²'lik parlanti değeri yeterli olmaktadır. Ortalama parlantisı en az 1.2 cd/m² olacak şekilde tesis edilen trafik kontrolü

olmayan 2. derece önemli yollar ise M4 sınıfına girmekte ve 0.75 cd/m²'lik ortalama parlıltı değeri önerilmektedir.

Yeni öneride, kamaşma açısından sadece bağıl eşik artışı TI'nın hesaplanması yeterli görülmektedir. Ancak kamaşma değeri, mevcut uygulamalardaki gibi sadece çok iyi aydınlatma sistemlerinde aranması gereken bir kriter değildir. Kamaşma, bir aydınlatma tesisatının güvenlik ve konfor açısından en önemli kriteridir ve yol aydınlatmalarının, aydınlatılması amaçlanan yol yüzeyinde sınırlı kalması, çevreyi ve sürücülerini rahatsız etmemesinin de önemi büyüktür. Böyle bir aydınlatma da ancak, fotometrik değerleri bilinen armatürlerin kullanılması ve tasarım hesaplarının da bu fotometrik değerlere göre yapılması ile mümkündür. Armatürlerin koruma sınıflarının yüksek olması bakım çalışmalarının yükünü büyük ölçüde azaltmakta, tesisatın ömrünü uzatmaktadır.

Günümüz teknolojisine göre, yol aydınlatmalarında kullanılabilen lambaların karakteristik özellikleri Tablo 2.7'da toplu olarak verilmektedir.

Tablo 2.7 Yol aydınlatmasında kullanılan lambaların karakteristik özellikleri

	Gücü (W)	Balast Kaybı (W)	Işık Akısı (lm)	Etkinlik Fak. (lm/W)*	Ekonomik Ömür (saat)**
Yüksek Basınçlı Civa Buharlı	50-400	9-25	1800-22000	31-52	15000
Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı- Ateşleyicisiz	110-350	15-35	8000-34000	64-88	7000
Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı - Elips(FI.Kaplı)	150-400	20-40	14000-47000	82-107	18000
Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı - Şeffaf Tüp	100-400	15-50	10000-55500	87-123	20000

Alçak Basınçlı Sodyum Buharlı	26-131	32-43	3500-25000	57-145	13500
Metal Halojen Lamba	70-400	19-60	5500-45000	62-98	6000-9000

Tek renkli (monokromatik) sarı ışık yayan alçak basınçlı sodyum buharlı lambaların renk özellikleri açısından yerleşim ve yaya trafiği olan kent içi yollarda kullanılmaları uygun değildir. Ancak, ışınları tek bir filtre ile elimine edilebilen bu lambalar, ışık kirliliğinin önlenmesi gereken doğal çevre ve astronomi gözlemevleri etrafındaki yol, sokak, meydan aydınlatmalarında kullanılmaları zorunlu ışık kaynaklarıdır.

Renk özellikleri oldukça iyi olan metal halojen lambaların ömürlerinin kısa olması nedeniyle yol aydınlatması amaçlı kullanılmaları uygun değildir. Dekoratif amaçlı park, bahçe, alan aydınlatmalarında kullanılabilirler. Son yıllarda gerçekleştirilen yeni çalışmalarda metal halojen lambaların yaygın spektrometrik diyagramları nedeniyle renkli yol kaplamalarında iyi görüş koşulları sağladıkları açıklanmaktadır. Ancak bu lambaların yol aydınlatmalarında yaygın kullanımları için özellikle ömürleri konusunda teknolojik gelişmelere ihtiyaç vardır.

Halen kent içi yollarda uygulanan "Türkiye Yolları Aydınlatması için Tip Projeler" adlı yayında" ana yollarda altın sarısı renkte ışık veren yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar, tali yollarda ise mavimsi beyaz ışık rengine sahip yüksek basınçlı civa buharlı lambalar kullanılacaktır" ifadesi yer almaktadır. TEDAŞ Malzeme Yönetimi Dairesi Başkanlığı'nca yayınlanan lamba teknik şartnamesinde sadece yüksek basınçlı civa, ateşleyicisiz sodyum ve floresan balonlu ateşleyicili sodyum lambaların karakteristik özellikleri tanımlanmıştır. Ateşleyicili şeffaf tüp yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalardan söz edilmemiştir.

Geçmiş yıllarda özellikle kent içi yol aydınlatmalarında çok kullanılan yüksek basınçlı civa buharlı lambalar zaman içinde yerlerini yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalara bırakmıştır. Özellikle 1970'li yıllarda enerji fiyatlarının çok yükselmesi ile enerji tasarrufunun önem kazanması üzerine, mevcut civa buharlı lambalı armatürlerde hiçbir teçhizat değişikliği yapmadan sadece lamba değiştirilerek kullanılabilen ateşleyicisiz

yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar geliştirilmiştir. 125W, 250W ve 400W gücündeki yüksek basınçlı cıva buharlı lamba teçhizatı ile kullanılabilen sırasıyla 110W, 210W ve 350W gücündeki bu lambalarla yüzde 15 daha az enerji tüketilirken, yüzde 35 daha fazla ışık elde edilebilmektedir. Ancak sadece eski cıva buharlı lambalı tesisatların iyileştirilmesi amaçlı geliştirilen bu lamba tipinin, İstanbul'daki uygulamalarda olduğu gibi, yeni bir tesisatta kullanılması çok yanlıştır. Tablo 2.7'deki bilgilere bakıldığında, etkinlik faktörleri 120 lm/W, ömürleri 20 000 saat olan şeffaf tüp yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar varken, etkinlik faktörleri 80 lm/W, ömürleri ise sadece 7000 saat olan bu lambaların kullanılmasındaki yanlışlık açıkça ortaya çıkmaktadır. Tabloda verilen ömür değerleri ekonomik ömür olup, lambaların kullanılmaz hale gelmesi ve ışık akılarının azalmalarından dolayı, toplam ışık akısının yüzde 30 değer kaybettiği ana kadar geçen süredir. Bu süre sonunda lambalar yanmaya devam etseler bile, yenileri ile değiştirilmelidir.

Lambaların karakteristik özellikleri dikkate alındığında, günümüzde kent içi yol aydınlatmalarında parlak sarı renkte ışık yayan şeffaf cam tüplü yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların kullanılması en uygun çözüm olarak gözükmektedir.

Aydınlatma sistemlerinin enerji tasarrufu ve ışık kirliliği açısından gözden geçirilerek kullanılması gerekmektedir. Yeni yapılacak tesisatlarda ise gerekli şartnamelere ve kanunlara uyularak en verimli sistemler kullanılmalıdır. Elektrik tüketiminde tasarrufu teşvik edici uygulamalar olmalı ve toplumda enerjide tasarruf bilinci oluşturulmalıdır. Enerji verimliliği kanununun başarılı bir şekilde uygulanması durumunda, ülkemiz enerji yoğunluğunun ve birim ürün veya hizmet başına enerji tüketiminin azaltılması suretiyle enerji maliyetlerinin ekonomi üzerinde baskısının ve enerji kullanımından kaynaklanan kirliliğin azaltılmasında önemli faydaların sağlanması beklenmektedir (Onaygil ve Güler 2005).

3. AYDINLATMA SİSTEMLERİNDE FİZİKSEL TANIMLAR

Aydınlatmada amaç, belli bir aydınlık düzeyi elde etmek değil, iyi görme koşullarını sağlamaktır. Bu amaca ulaşmak, çok büyük oranda, aydınlığın niteliğinin doğru belirlenmesine bağlı olmasına karşın, aydınlatma projesi adı altında hazırlanan projelerin hemen tümünde gerekli aydınlık düzeylerinin sağlanması ile yetinilmektedir. Bu ise, amaçla aracın karıştırılması, önemsiz araçlardan birinin esas amaç sanılması gibi, klasik yanlışların en büyüklerinden birinin yinelenmesinden başka bir şey değildir.

Aydınlık düzeyi saptamada yardımcı unsurlar:

- a. Görülmesi gereken ayrıntıların boyutları
- b. Nesnelerin yansıtma çarpanları
- c. Nesne ile çevre ya da fon arasındaki ışıklık karşıtlığı
- d. Görsel algılama süresi
- e. Görme konusunun devingenliği
- f. Kişinin yaş durumu

gibi verilere göre, sağlanması gereken en düşük ve kimi zaman da en yüksek aydınlık düzeyleri saptanmış ve bunlar değişik kuruluşlarca çizelgeler biçiminde yayınlanmıştır. Gerekli aydınlık düzeyi bu çizelgelere göre hesaplanır.

Görsel algılama konusunun, (yani görülmesi gereken nesne ya da nesnelere bütünü) özelliklerine uygun olmayan bir aydınlık niteliği, gerekli görme koşullarını, sağlayamaz. Doğru bir aydınlatmada:

- 1) Gerekli aydınlık düzeyi sağlanmalıdır. İyi bir aydınlatma düzeninin özellikleri
 - a. Aydınlatma şiddeti
 - b. Es düzeyde aydınlatma
 - c. Işık yönü ile gölge etkisi
 - d. Işık dağılımı

- e. Işıktan yararlanma
- f. Göz kamaşmasının sınırlandırılması
- g. Işığın rengi ve renksel yansıma

2) Aydınlığın niteliği, görme konusunun özelliklerine uygun olmalıdır.

Su iki nokta da kesinlikle unutulmamalıdır:

a) Aydınlığın niteliği uygunsa, yeterli minimum aydınlık düzeyleri ile iyi görme koşulları sağlanır. Biraz yetersiz aydınlık düzeylerinde bile, kısa süreler için, göz, uyma yapar ve iyi görme koşulları elde edilir.

b) Aydınlığın niteliği uygun değilse, aydınlık düzeyinin yükseltilmesi ile iyi görme koşulları sağlanamaz. Hatta daha kötü sonuçlar bile doğabilir. Ayrıca elektrik enerjisi boşuna harcanmış olur. Niteliği doğru belirlenmemiş bir aydınlığın bu kusurunu, göz, uyma ile gideremez.

3.1 GÖRME

Görme, ya da görsel algılama, insanın dış dünya, yakın ve uzak çevre ile olan algısal ilişkiler bütününde yüzde 95 e varan bir yer kaplar. Bu bakımdan, görmenin eksiksiz ve kusursuz olması büyük önem taşır.

Görme ışık aracılığı ile olur. Nesnelere yansıyan ve geçen ışığın göze gelmesi ile bu nesnelere görülür. Bu nedenle ışığın niteliği, dolayısı ile aydınlığın niteliği iyi görmenin kesin belirleyicisidir.

Görsel algılamanın iyi olması, aydınlatma tekniğinde belli tanımlara, belli ölçütlere uyması ile anlaşılır. Bu ölçütler yaklaşık olarak şöylece sıralanabilir.

- a. Tüm ayrıntıları, en ufak parçaları rahatça görebilmek.
- b. Renkleri doğru görmek, en ufak renk ayrımlarını fark edebilmek.
- c. Yüzey biçimlerini, iki ve üç boyutlu dokuları ve öteki yüzey özelliklerini doğru algılayabilmek.
- d. Devingenliği, doğrultu, yön, hız, ivme vb. tüm özellikleri ile doğru algılayabilmek.

e. Görsel algılamayı, zorlanmadan rahatça yapabilmek ve yorulmadan uzun süre sürdürebilmek.

3.2 AYDINLATMA SİSTEMLERİNDE FİZİKSEL BÜYÜKLÜKLER

Mekânları ve içinde bulunan nesnelere gerçek büyüklükleri ve doğal renkleri ile fark edebilmemiz için, doğal ve yapay aydınlatma araçları ile nesnelere üzerine ışık göndererek görmemizi sağlayan sistemlere aydınlatma denir.

Mekânlar ve nesnelere için aydınlatmalar, aydınlatma gereksinimlerine göre iki şekilde aydınlatılmaktadır. Bunlar;

I. Genel aydınlatma: Mekânlarda ki aydınlık düzeyinin, mekânın tüm bölümlerine eşdeğer biçimde dağıtılmasının sağlanması amacıyla yapılan aydınlatmadır.

II. Bölgesel Aydınlatma: Mekân içinde belli bir bölgenin yüksek aydınlığa gereksinim olması ve bu bölgenin vurgulanması amacıyla yapılan aydınlatmadır. Bölgesel aydınlatmaların yapıldığı mekânların bütününde, aydınlık düzeyi iyi seçilerek genel aydınlatma yapılmasına da dikkat edilmelidir.

3.2.1 Etkinlik Faktörü

Işık akısı ile sarf edilen güç arasındaki ilişkiye “Aydınlanma Verimi veya Etkinlik Faktörü” denir. Bir ışık kaynağının etkinlik faktörü, kaynaktan çıkan toplam ışık akısının kaynağın gücüne oranıdır. Birimi lümen/watt (lm/W) dir. Bu parametre verimlilik konusunda öncelikli olarak göz önünde bulundurulması gereken en temel kriter olmalıdır.

$$e = \Phi / P$$

e: etkinlik faktörü (lm/W)

Φ : ışık akısı (lm)

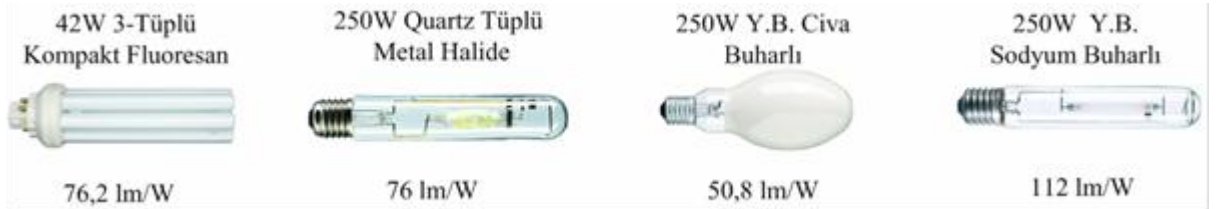
P: güç (W)

Tablo 3.1 ve şekil 3.1 de bazı ışık kaynaklarına ait etkinlik faktörleri görülmektedir.

Tablo 3.1 Bazı ışık kaynaklarına ait etkinlik faktörleri


LAMBA TÜRÜ ETKİNLİK FAKTÖRÜ	lm/w
Akkor Lambalar	8 - 16
Halojen Lambalar	12 - 26
Floresan Lambalar	45 - 100
YB Civa Buharlı Lambalar	36 - 70
Metal Halide Lambalar	71 - 98
YB Sodyum Buharlı Lambalar	66 - 142
AB Sodyum Buharlı	100 – 198

Şekil 3.1 Bazı ışık kaynaklarına ait etkinlik faktörleri



Aynı tip ve yapıdaki ışık kaynaklarında dahi kullanılan üretim tekniğine ve üreticinin teknolojisine bağlı olarak farklılık görülebilmektedir. Bu nedenle standartlaşmış ürün grupları dışındaki ışık kaynaklarına ilişkin değerlendirmeler yapılırken üreticilerin teknik verileri kontrol edilmelidir Genel olarak aynı modeldeki ışık kaynaklarının farklı güçteki versiyonları için farklı ışıksal etkinlik değerleri gözlemlenebilmektedir. Bu noktada tercihler ve tespitler yapılırken bu kriterde göz önünde bulundurulmalıdır. Bu konuyla ilgili olarak şekil 3.2 ve şekil 3.3 iyi birer referans olacaktır.

Şekil 3.2 Renk kodu etkinlik faktörü ilişkisi

	Renksel Kodu	Işıksal Gücü	Etkinlik Faktörü
 T8 Linear Fluoresan 58W	765 (54)	4000 lm	69 lm/W
	865	5000 lm	86 lm/W
	840	5200 lm	90 lm/W

Şekil 3.3 Güç etkinlik faktörü ilişkisi

	Elektriksel Gücü	Işıksal Gücü	Etkinlik Faktörü
 T8 Linear Fluoresan (840)	18 W	1200 lm	66.6 lm/W
	36 W	3350 lm	93.1 lm/W
	58W	5200 lm	89.6 lm/W

Her lamba modeli kullandığı ışığa şekline ve teknolojisine bağlı olarak farklı ışıksal verime sahiptir. Bununla birlikte;

- Dış ortam ısısı,
- Balast özellikleri,
- Lambanın yanma konumu,
- Şebeke gerilimindeki değişimler,
- Kullanım süresi gibi etmenler lamba veriminde değişimlere neden olabilir.

Projelendirmede, ışık kaynağı tercihi yapılırken, istenilen şartları sağlayan en yüksek etkinlik faktörüne sahip olan kaynağı seçmek, sistemi verimli kılmak için yapılacak en temel kriterdir.

3.2.2 Işıksal Güç (Işık Akısı)

Işık kaynakları model ve güçlerine bağlı olarak farklı boyutta ışık çıkışı sağlamaktadır. Bir ışık kaynağının ışıksal gücünün değerlendirilmesinde lümen ölçü birimi kullanılmaktadır.

Genel olarak gözün en büyük spektral duyarlılığına sarı-yeşil renkte yani $\lambda = 555\text{nm}$ ışınlama halinde erişildiğinden bunun görülebilirlik faktörü $V(\lambda) = 1$ kabul edilir. Maksimum duyarlılığın olduğu 555nm. dalga boyunda yayılan gücün 1watt'ı bir "ışık-

watt” olarak tanımlanabilir. $V(\lambda)$ gündüz, $V(\lambda)'$ ise gece görmesinde geçerlidir. Örneğin günışığında aynı aydınlık düzeyine ve parlılıya sahip mavi ve kırmızı renkli iki alana bakılırsa, aydınlık düzeyinin yavaş yavaş azalması ile kırmızı alan aydınlığını çok çabuk kaybeder ve nihayet karanlık olur. Buna karşılık mavi alan rengini uzun süre kaybetmez bir müddet sonra renksiz gri renkte görünmeye devam eder. Hesaplamalara göre 555nm. dalga boyunda yayılan gücün bir watt'ı 683 lümene eşittir. Bu aynı zamanda “maksimum spektral(izgesel) aydınlanma etkinliği” dir. Aynı şekilde 490nm. dalga boyunda yayılan gücün 1 watt'ı $0,208 \times 683 = 142,064$ lümendir. Böylece lümen insan gözünün spektral (izgesel) duyarlılığına karşı saniyede yayılan belli bir enerji miktarı olarak tanımlanabilir (Onaygil 2008).

Bununla birlikte bazı kendinden reflektörlü ışık kaynaklarında parlaklık değerleri de verilebilmektedir. (Örn. Kendinden reflektörlü metal veya halojen ampuller) Fakat bu değerlendirme yapılırken ışık kaynağının ışık dağılım karakteristiğinin de değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle ışıksal gücün değerlendirilmesinde lümen cinsinden ışık çıkışı değeri üzerinden bir kıyaslama yapmak daha kolay olacaktır. Şekil 3.4 de Bazı ışık kaynaklarına ait ışıksal güç ve etkinlik faktörü değerleri görülmektedir.

Şekil 3.4 Bazı ışık kaynaklarına ait ışıksal güç ve etkinlik faktörü değerleri

36W Lineer Floresan (840)	100W Klasik Akkor Lamba	1000W Y.B. Sodyum Buharlı
		
3350 lm 93 lm/W	1380 lm 13,8 lm/W	130000 lm 130 lm/W

Özellikle büyük alanların aydınlatılmasında uygulamanın el verdiği sınırlar içerisinde (dağılım düzgünlüğü – kamaşma vs.) mümkün olabildiğince en yüksek ışıksal güce sahip kaynakların kullanılması projelendirme maliyeti ve genel işletme giderleri açısından en ekonomik çözüm olacaktır. Tabi bu tercih yapılırken ışık kaynağının etkinlik faktörü yani verimliliği de göz ardı edilmemelidir.

Işık akısı Φ harfi ile gösterilir. Birimi lümen dir (lm). Işık akısı, bir ışık kaynağı tarafından saniyede yayılan toplam ışık miktarını gösteren bir kavramdır. İnsan gözünün spektral duyarlılığına karşı bir ışık kaynağı tarafından saniyede yayılan enerjidir.

$$\Phi = K_o \cdot F \cdot V\lambda$$

Burada K_o enerji akısının fotometrik eşdeğeri, F enerji akısı, $V\lambda$ gözün spektral duyarlılığıdır. Aşağıdaki tabloda bazı ışık kaynaklarının değerleri örnekleri görülmektedir.

Tablo 3.2 Bazı ışık kaynaklarının güç ve ışık akısı değerleri

Bisiklet Farı	3 W 30 lm
Enkandesen Lamba	75 W 900 lm
Floresan Lamba	65 W 5 000 lm
Yüksek Basınçlı Sodyum Lamba	100 W 10 000 lm
Alçak Basınçlı Sodyum Lamba	180 W 32 000 lm
Yüksek Basınçlı Civa Lamba	1 000 W 58 000 lm
Metal Halide Lamba	2 000 W 190 000 lm

Tablodan da anlaşılacağı gibi bir lambadan yayılan elektriksel enerji ile yayılan ışık akısı arasında sabit bir ilişki yoktur.

3.2.3 Işık Şiddeti

Işık şiddeti “ I ” ile gösterilir. Birimi “candela (cd)” dır. Işık şiddeti, saniyede yayılan ışığın belli bir yönde yoğunlaşmasıdır. Noktasal ışık kaynakları için tanımlanır ve doğrultuya bağlı bir büyüklüktür. Noktasal bir ışık kaynağının herhangi bir γ doğrultusundaki ışık şiddeti bu doğrultuyu içine alan bir $\Delta\Omega\gamma$ uzay açısından çıkan $\Delta\phi$ ışık akısının γ $\Delta\Omega$ uzay açısına bölümü ile ilgilidir. γ $\Delta\Omega$ sıfıra yaklaşırken bu oranın limiti de γ I ışık şiddetini tanımlar (Onaygil 2008).

Noktasal bir ışık kaynağının γ doğrultusundaki γ I ışık şiddetinin tanımı

$$I_{\gamma} = \lim_{\Delta\Omega_{\gamma} \rightarrow 0} \frac{\Delta\phi}{\Delta\Omega_{\gamma}} = \frac{d\phi}{d\Omega_{\gamma}} \quad \left[1cd = \frac{1lm}{1sr} \right] \quad [4\pi = 12,57 sr]$$

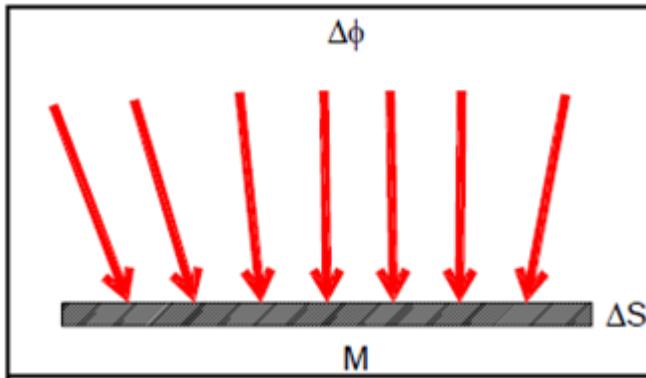
Bu denklemde ışık akısı lümen ve uzay açısı steradyan cinsinden yerlerine konursa ışık şiddeti candela cinsinden bulunur. Buna göre 1 steradyanlık uzay açısından çıkan ışık akısı 1 lümen ise ışık şiddeti 1 candela olur. Eğer kaynaktan geçen bir düzlem üzerindeki ışık şiddetlerinin uç noktaları göz önüne alınırsa bunların geometrik yeri kaynağın ışık dağılım yüzeyi ile söz konusu düzlemin ara kesitinden oluşan bir eğridir. Bu eğriye ışık dağılım eğrisi denir (Onaygil 2008).

3.2.4 Aydınlık Düzeyi

Aydınlık düzeyi “E” harfi ile gösterilir. Birimi lux tür. Aydınlık düzeyi, bir yüzeyin birim alanına düşen ışık veya ışık akısı miktarıdır.

Bir yüzeyin bir M noktasındaki ortalama aydınlık düzeyi bu noktayı içine alan bir ΔS yüzeyine düşen $\Delta\phi$ ışık akısının ΔS yüzeyine bölümüne eşittir. ΔS yüzeyi sıfıra yaklaşırsa $\Delta S / \Delta\phi$ oranının limiti bu noktadaki aydınlık düzeyinin verir.

Şekil 3.5. Aydınlık düzeyinin tanımı



$$E = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta\phi}{\Delta S} = \frac{d\phi}{dS} \quad \left[1lux = \frac{1lm}{1m^2} \right]$$

Eğer ϕ lümen S metrekare olarak alınırsa E lux cinsinden bulunur. Aydınlanma, ışık akısının yüzeye varış yönünden bağımsızdır.

Işığın geliş doğrultusuna dik düzlem üzerindeki bir noktanın aydınlık düzeyi, bu nokta doğrultusundaki ışık şiddetinin, söz konusu nokta ile noktasal ışık kaynağı arasındaki mesafenin karesine bölünmesine eşittir. Uzaklık d ile gösterilirse, ışığın geliş doğrultusuna dik düzlem üzerindeki P noktasındaki aydınlık düzeyi;

$E_p = I / d^2$ şeklinde bulunur.

Bazı örnekler;

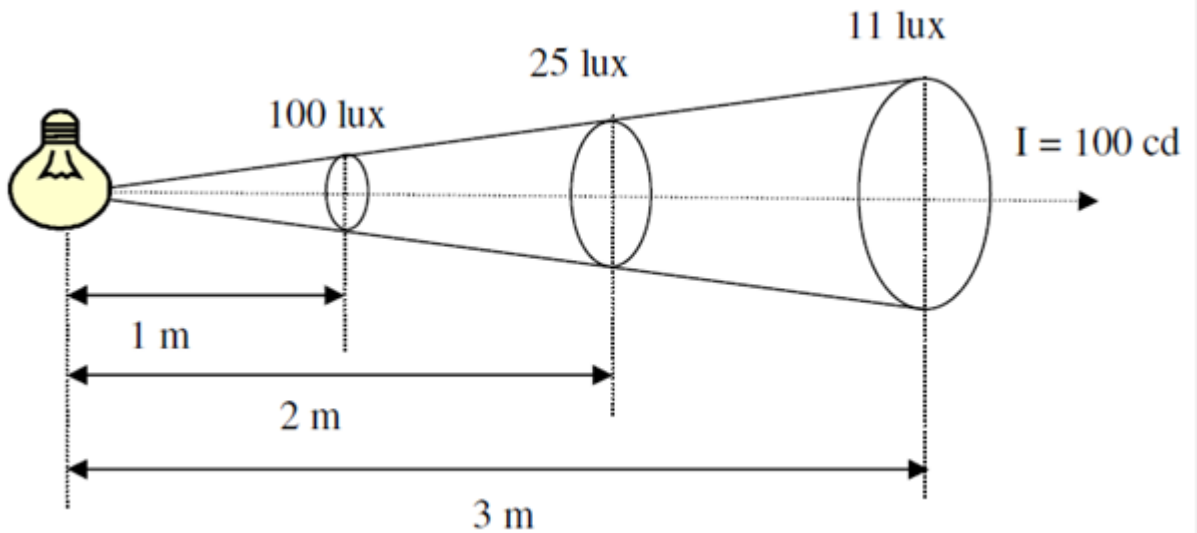
Yaz öğle saatleri bulutsuz bir hava 100000 lux

Yol aydınlatması 5-30 lux

Açık bir gece dolunay 0,25 lux

Bir yüzeyin aydınlık etkisi için aydınlık düzeyinden başka yüzeyin yansıtma durumu da önemli bir faktördür.

Şekil 3.6 Uzaklıkların Karesiyle Ters Orantı Yasası



Şekil 3.6’da örnek bir çizim ile gösterilen bu bağıntı “uzaklıkların karesi ile ters orantı yasası” olarak bilinir ve sadece noktasal kabul edilebilen kaynaklar için geçerlidir. Bir ışık kaynağı, ancak yeter derecede büyük bir uzaklıktan yani sınır veya kritik uzaklık adı verilen bir uzaklıktan bakıldığı zaman noktasal kabul edilebilir. Fotometrik ölçmeler için, sınır uzaklığı yüzde 1’den küçük hata ile, ışık kaynağının en büyük boyutunun yaklaşık 10 katı ve yüzde 1 ila yüzde 2 hata ile de 5 katı kadardır. Fakat uygulamada, ışık kaynağı ile hesap noktası arasındaki uzaklık, ışık kaynağının en büyük boyutundan 3 kat daha fazla olduğunda söz konusu kaynak noktasal kabul edilebilmektedir (Onaygil 2008).

Aydınlatma hesabında çok kullanılan noktasal aydınlatma formülü aşağıda verilmektedir:

$$E_P=(I/d^2).Cos\gamma$$

Noktasal aydınlatma formülü kullanılarak yatay, düşey ve yarı-silindirik aydınlık düzeyleri hesaplanır Yol aydınlatması için kullanılan yatay aydınlık düzeyi hesabında, noktasal aydınlatma formülündeki ışık kaynağı ile nokta arasındaki (d) uzaklığının yerine, ışık kaynağı ile düzlem arasındaki dik mesafenin (h) kullanılması daha pratik olmaktadır (Onaygil 2008).

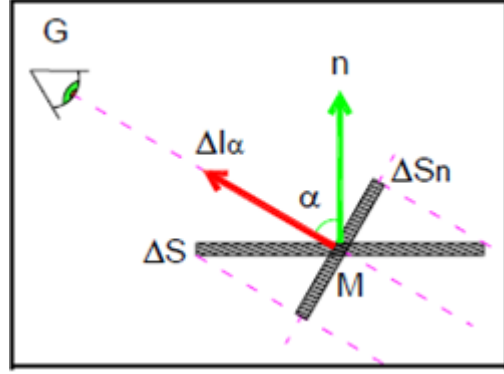
Bu durumda formül su sekli almaktadır;

$$E_{yatay}=(I/h^2).Cos^3\gamma$$

3.2.5 Parıltı

Parıltı “L” harfi ile gösterilir. Birimi cd/m²’dir.Parıltı, belirli bir yönde yüzey birim alanında düşen ışık şiddetidir. Işık yayan bir yüzeyin bir M noktasının bu yüzeyin normali ile α açısı yapan doğrultudaki parıltısı, M noktasını içine alan ΔS yüzey elemanın bu doğrultuda doğurduğu α ΔI ışık şiddetinin ΔS in bu doğrultuya dik düzlemdeki n ΔS görünen alanına oranının limitidir (Onaygil 2008).

Şekil 3.7. Bir yüzeyin bir M noktasının α doğrultusundaki parıltısının tanımı



$$L_{\alpha} = \lim_{\Delta S_n \rightarrow 0} \frac{\Delta I_{\alpha}}{\Delta S_n} = \frac{dI_{\alpha}}{dS_n} \quad \left[\frac{cd}{m^2} \right]$$

İdeal yansıtıcı yüzeylerin parıltısı, aydınlık düzeyinden yararlanılarak hesaplanabilir. Parıltı ile aydınlık düzeyi arasında aşağıdaki ilişki vardır:

$$L = \rho \cdot E / \pi$$

Burada ρ ; yüzeyin yansıtma faktörünü göstermektedir.

Yüzeyin kendisi ışık yayabilir veya başka kaynaklardan yayılan ışığı yansıtabilir. Aynı aydınlık düzeyine sahip fakat değişik yansıtma özellikleri olan yüzeylerin değişik parıltıları vardır. Örneğin asfaltların değişik yansıtma özellikleri mevcuttur. Işık şiddeti ve görülen alan uzaklıktan bağımsızdır. Aynı şey parıltı için de geçerlidir. Parıltı da uzaklıktan bağımsızdır.

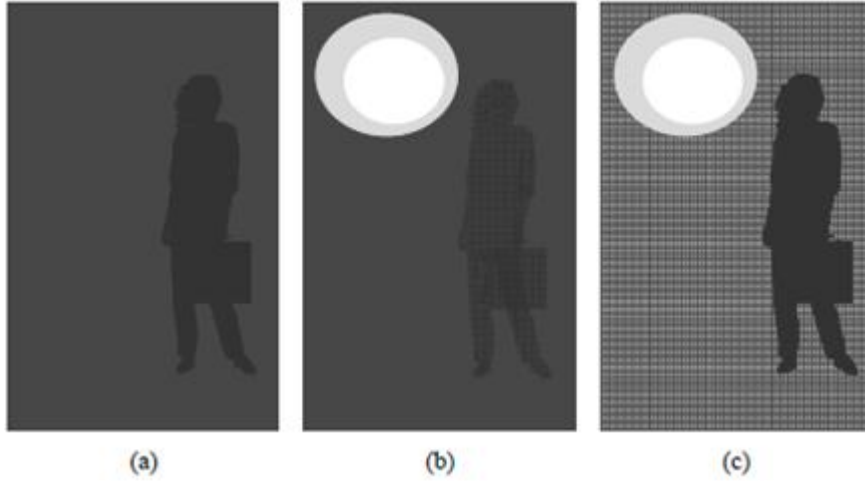
Tablo 3.3 Bazı örnekler

Floresan Lamba	5000-15000 cd/m ²
Dolunayın Yüzeyi	2500 cd/m ²
30 lux lük bir aydınlatma altındaki yol yüzeyi	2 cd/m ²

3.2.6 Kontrast

Kontrast C sembolü ile gösterilir. Aydınlatma tesislerinde değişik aydınlık seviyelerinde engeller, genellikle objelerin veya insanların aydınlık bir zeminde karanlık görülmeleri özelliklerinden yararlanılarak fark edilirler. Dolayısıyla görünürlük zeminle engel arasındaki aydınlanma kontrastına bağlıdır (Manav 2005).

Şekil 3.8. Değişik aydınlanma kontrastları a) Engel zeminden daha koyu b) Engel zeminden daha koyu ışık kaynağı engelden önce c) Engel zeminden daha koyu ışık kaynağı engelden sonra



Kontrast aşağıdaki gibi tanımlıdır.

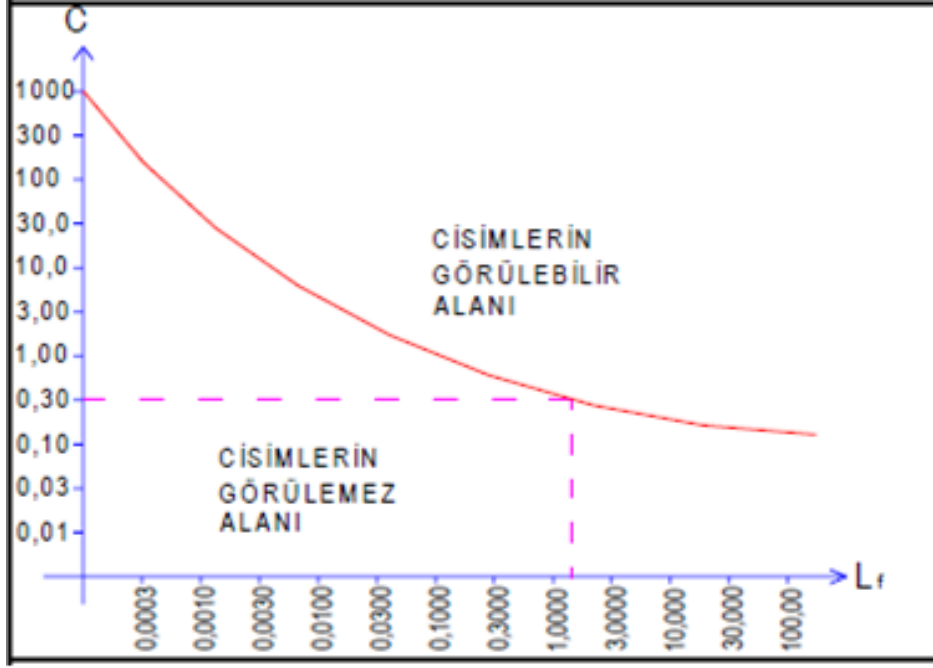
$$C = \frac{|L_c - L_f|}{L_f}$$

L_c : Engelin ya da cismin parıltısı,

L_f : Cismin görüldüğü zeminin yani fonun parıltısıdır.

Engel zeminden daha koyu ise silüet halinde görülür. Buna negatif kontrast denir. Engel zeminden daha açık ise buna pozitif kontrast denir. Yol aydınlatması genellikle negatif kontrast oluşturur.

Şekil 3.9. Kontrast eşiği ile fon parlıtısı arasındaki ilişki



L arttığı zaman C azalmaktadır. Zemin parlıtısının düşük olduğu yerlerde kontrast eşiği yüksektir. $C=0,3$ ü sağlayabilmek için zemin parlıtısının yaklaşık 2 cd/m^2 olması gerektiği grafikte açıkça görülmektedir. Bu kontrast eşiği (20cm x 20cm) lik bir cismin 100m uzaklıktan kabul edilebilir bir güvenilirlik standardı ile fark edilebildiği C değeridir (Manav 2005).

3.2.7 Kamaşma

Kamaşma sağlam bir gözün dış etkilerle geçici olarak etrafındaki cisimleri göremez hale gelmesine denir. Eğer gözün görme alanındaki parlıtı çok büyük değerler alırsa göz kamaşır ve buna “Direkt Kamaşma” denir. Kamaştırıcı kaynak gözün görme alanı dışında ise bu tip kamaşmaya da “Endirekt Kamaşma” denir. Yol aydınlatmasında iki türlü kamaşma söz konusudur:

1- Psikolojik Kamaşma: psikolojik kamaşma, görme yeteneğinde herhangi bir azalma olmaksızın sürücüde hoş olmayan bir duygu uyandırır ve seyahat konforunu olumsuz olarak etkiler.

2- Fizyolojik Kamaşma: Fizyolojik kamaşma gözün görme yeteneğini azaltır[2].

3.2.8 Ömür

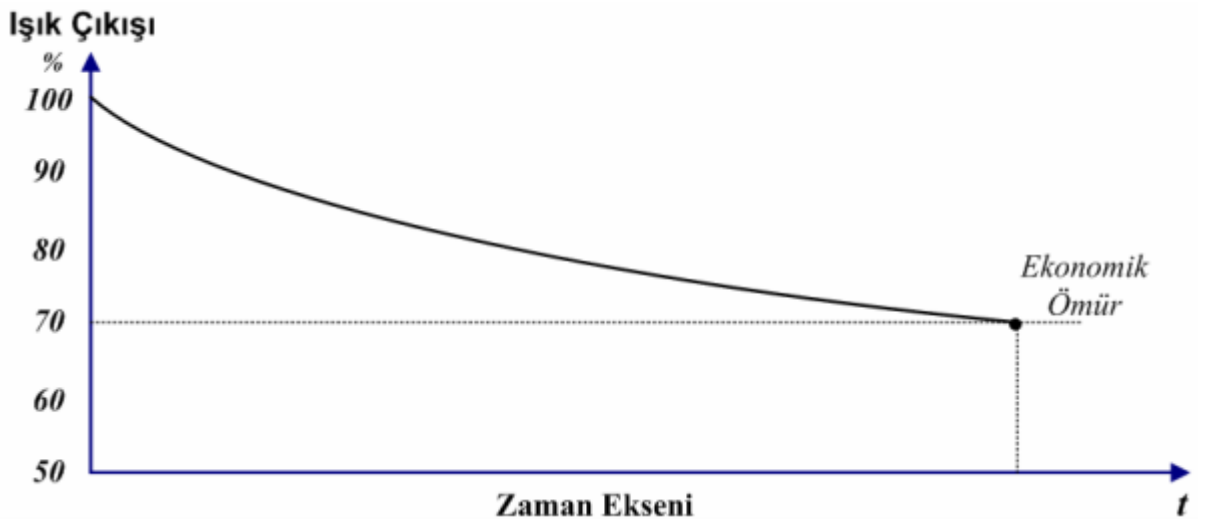
Lamba Ömrü, belirtilen standart çalışma koşullarında lambanın ortalama kaç saat kullanılabileceğini gösterir. Şebeke gerilimindeki aşırı dalgalanmalar, toz, nem, sarsıntı gibi olumsuz dış etmenler, açma kapama sıklığı ve ortam sıcaklığı lamba ömrünü olumsuz yönde etkileyen faktörler arasında sıralanabilir. Ayrıca lambayla birlikte kullanılan ateşleyici starter ve balast gibi elemanların kalite ve özellikleri lamba ömrü üzerine doğrudan etkilidir.

Lamba ömrü, belirtilen çalışma koşullarında ışık kaynaklarının kullanılabilirlik sürelerini göstermektedir. Bu noktada lamba ömrüne ilişkin olarak ekonomik ömür ve servis ömrü olmak üzere iki farklı tanım yapılmaktadır (Manav 2005).

3.2.8.1 Ekonomik Ömür:

Işık kaynaklarının ışık çıkışlarında zamana bağlı olarak belirli bir azalma görüldüğünden ve bu azalmanın karakteristiğinin lümen kararlılığı olarak ifade edildiğinden bahsetmiştik. İşte bu ifadeden hatırlanan doğrultusunda bir ışık kaynağının ışıksal çıkışının yüzde 70 oranına düştüğü süre ekonomik ömür olarak tanımlanmaktadır[3].

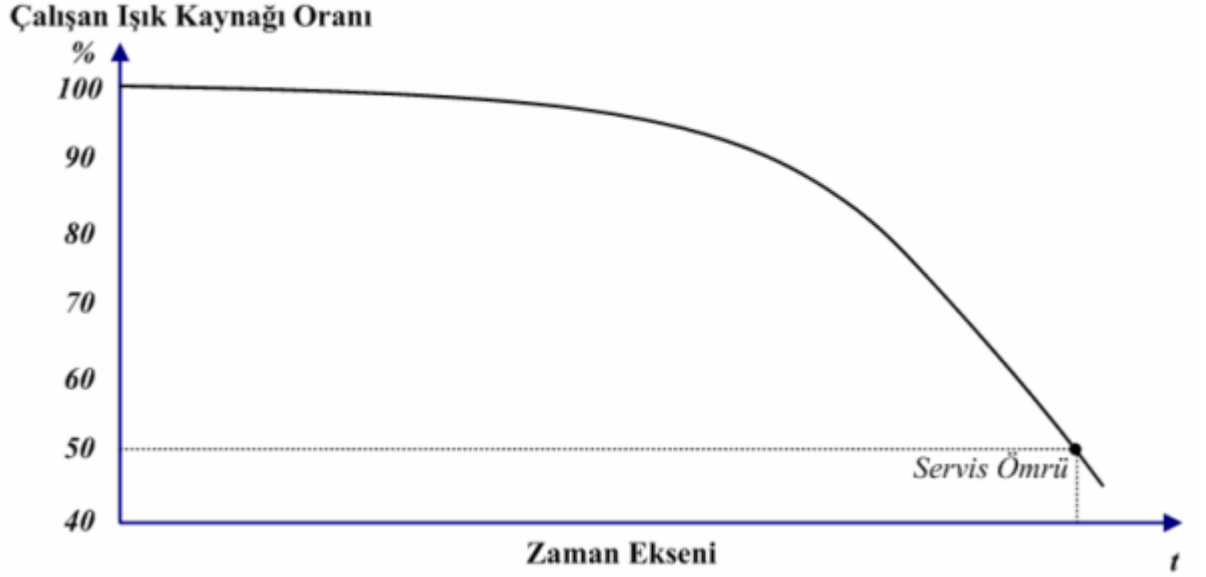
Şekil 3.10 Ekonomik ömür



3.2.8.2 Servis Ömrü

Söz konusu ışık kaynaklarının yüzde 50 sinin fonksiyonunun kaybettiği süre servis ömrü olarak tanımlanmaktadır (Manav 2005).

Şekil 3.11 Servis ömrü



Işık kaynağı üreticilerinin tanımlamış oldukları ömür süreleri ideal component ve ideal çalışma koşulları için geçerli olmaktadır. Sadece elektronik balastla kullanılabilen ışık kaynağı modelleri hariç diğer tüm modeller için belirtilen ampul ömürleri manyetik balast kullanılması durumu için geçerlidir. Deşarj ampulleriyle birlikte elektronik balast kullanılmasının ampul ömrü üzerine olumlu etkilerin görüleceği kesindir.

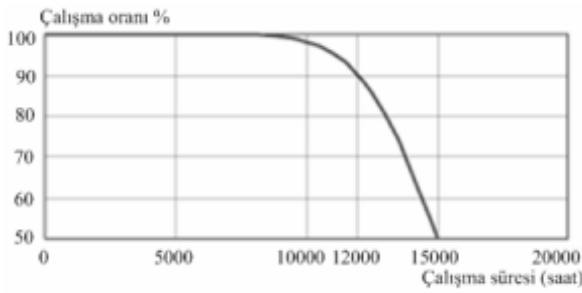
3.2.8.3 Anahtarlama (Açma-kapama)

Anahtarlama (Açma-kapama) da birçok ışık kaynağı yapısında ömrü etkileyen faktörler arasında yer almaktadır. Akkor filamanlı ışık kaynakları veya LED'ler açma kapama sıklığından etkilenmezken özellikle deşarj ampulleri (flüoresan ve HID ışık kaynakları) ateşleme karakteristikleri nedeniyle açma kapama sıklığından olumsuz etkilenir. Bu nedenle deşarj ampulleri için tanımlanan ömür değerleri belirlenen açma kapama sıklığı değerleri içerisinde geçerlidir. Örnek olarak bir flüoresan lamba için tanımlanan ömür

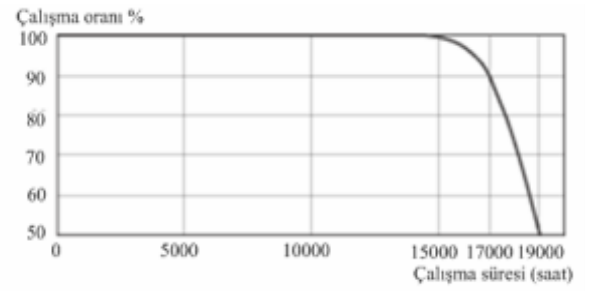
süresi 3 saatlik anahtarlama süresini ön görürken, HID ışık kaynaklarında bu süre 8-11 saat civarındadır.

Genel olarak bu değerlerden daha sık açma kapama lamba ömrünü azaltırken, daha seyrek anahtarlama lamba ömrünün uzamasını sağlayacaktır. Bu durumun etkilerine yönelik olarak şekil 3.12'deki grafik yapısı incelenebilir (Manav 2005).

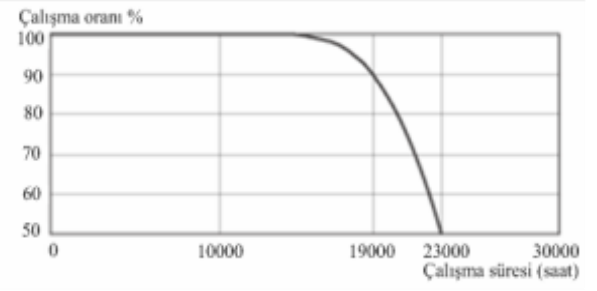
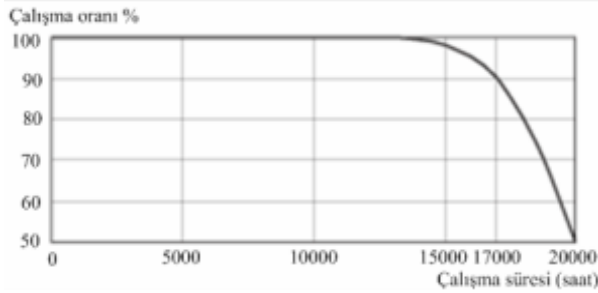
Şekil 3.12 Servis ömrünün anahtarlama ve elektriksel eleman yapısına bağlı değişimi



Manyetik balast ile 3 saatlik anahtarlama



Elektronik balast ile 3 saatlik anahtarlama



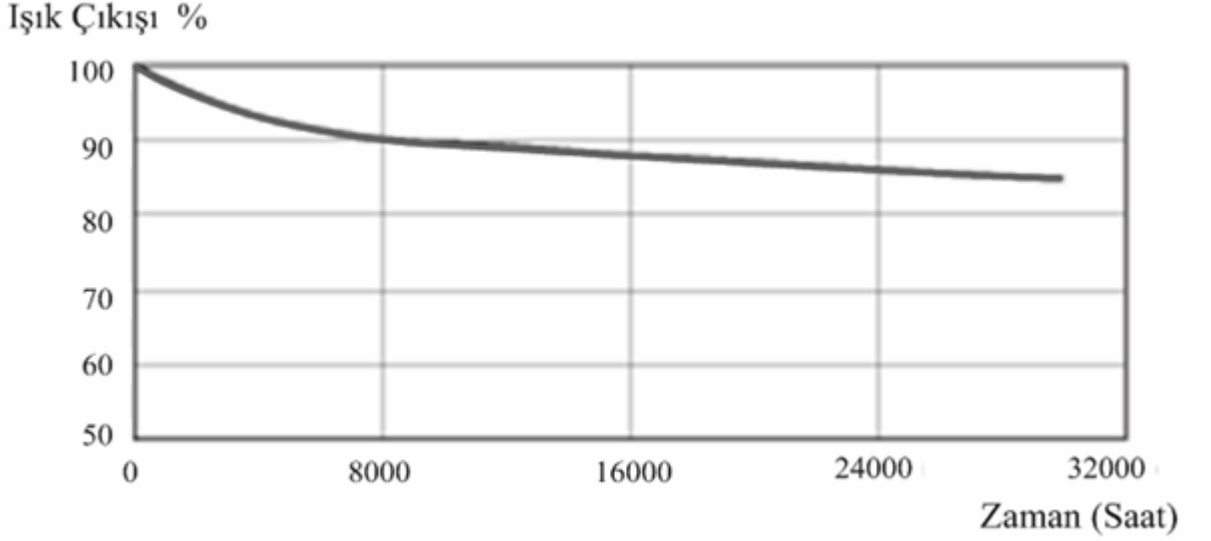
3.2.9 Lümen Kararlılığı (LLD)

Işık kaynaklarının yayımladıkları ışık miktarı elektriksel ve çevresel etkilere bağlı olarak zamanla belli bir azalma gösterecektir. Lümen kararlılığı olarak da adlandırılan bu değer düşümü, hesaplama ve tercihlerde değerlendirilmesi gereken önemli bir kriterdir.

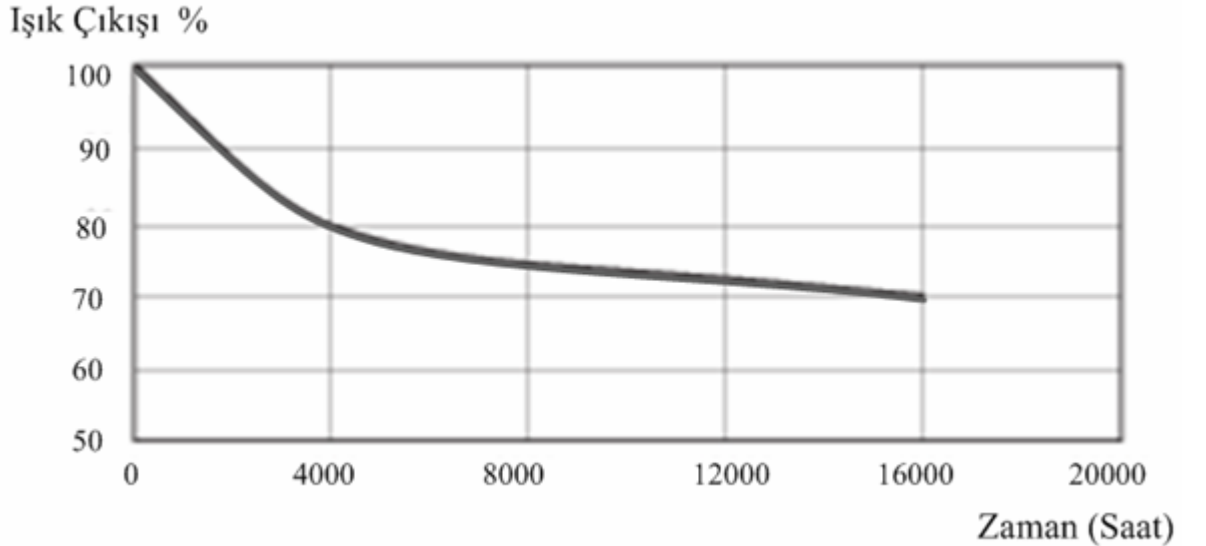
Lümen kararlılığı bir lambanın kullanım ömrü süresince sabit ışık verimi özelliğini ölçer. Bu nedenle daha verimli sistemlerin yapılandırılabilmesi için yüksek lümen kararlılığına sahip ekipmanların tercih edilmesi daha uygun olacaktır. Aydınlatma sistemlerinin tasarımında ışık kaynaklarının yapısına bağlı olarak farklılık gösteren bu karakteristik özellik de hesaplamalara katılır. Aydınlatma sistemlerinde yayımladıkları

ışık akısında zamanla ciddi azalmalar yaşıyan ışıık kaynaklarının kullanılması, kurulu gücün artmasına ve gereksiz enerji sarfiyatı nedeniyle işletme giderlerinin artması anlamına gelmektedir. Bu noktada görülebilecek farklılıklarla ilgili olarak standart yüksek basınçlı civa ve yüksek basınçlı sodyum buharlı ışık kaynaklarının lümen kararlılığını gösteren Şekil 3.13 ve Şekil 3.14'deki grafiklerden incelenebilir.

Şekil 3.13 Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba (E40) için lümen kararlılığı



Şekil 3.14 Yüksek basınçlı civa buharlı lamba için lümen kararlılığı



Yukarıdaki grafiklerden de anlaşılacağı gibi yüksek basınçlı sodyum lamba çalışma ömrü boyunca yaydığı ışık miktarında ciddi azalmalar yaşamazken, standart civa buharlı lamba da ise bu değer düşümü daha belirgin niteliktedir. Buna benzer farklılıklar

aynı tipteki ışık kaynaklarının farklı modelleri arasında da görülebilir. Bu nedenle de bu değerler üreticinin verilerinden kontrol edilmelidir.

3.2.9.1 Renksel Özellikler

Işık kaynaklarına ait en önemli tercih kriterlerinden bir diğeri de kaynağın renksel özellikleridir. Burada tercih edilecek renk kriterlerini belirleyen unsur, aydınlatılacak mekânın hangi amaçla kullanılacağıdır. Renksel ayırımın önemli olduğu mekânlarda yapılacak projelerdeki ışık kaynağı tercihlerinde öncelikli olarak ele alınması gereken parametre, kaynağın renksel özellikleridir. Bu noktada sınırları yine mekânın kullanıma amacı, yapısı ve mimari detaylar belirleyecektir.

Işık kaynaklarıyla ilgili olarak değerlendirilmesi gereken renksel kriterler, kaynağın renksel geriverimi (Ra) ve Renk Sıcaklığı (Rc) olacaktır (Manav 2005).

3.2.9.2 Renksel Geriverim

Bir ışık kaynağının tayfsal yapısının aydınlatılan nesnelere üzerindeki etkisidir. Renksel geriverim Ra ile gösterilir ve birimi yoktur. Değeri 0 ila 100 arasında değişir. Ra değeri yüksek olan ışık kaynakları kullanılan tesisatlarda cisimlerin renkleri, doğal aydınlatma altındaki koşullara yakın olur.

Renksel geriverimi yüksek olan ışık kaynaklarıyla yapılan aydınlatmada, cisimlerin gerçekte (gün ışığında) sahip oldukları renkler ile ışık kaynağı altında göründükleri renkler arasındaki fark azalacaktır. Bu nedenle renksel ayırımın önemli olduğu projelerde, (Müze, sanat galerileri kalite kontrol noktaları vb.) renksel geriverimi yüksek olan lambaların kullanılması kaçınılmazdır. Renksel geriverimin önemsiz olduğu projelerde (sokak cadde aydınlatmalarında) ise renksel verimi düşük, ışıksal etkinliği yüksek ışık kaynakları kullanılmalıdır[4].

3.2.9.2.1 Renksel Geriverim Sınıflandırması

1A ve 1B sınıfı lambalar hassas renk eşleme, renkli baskı, müze ve sanat galerileri gibi renk ayırım ve vurgularının çok önemli olduğu yerlerde kullanılırlar. 2A ve 2B sınıfı lambalar doğru renk görmenin önemli olduğu veya sürekli kullanımın söz konusu olduğu hacimlerde kullanılır.

3. sınıf renksel geriverime sahip lambalar, doğru renk görmenin önemli olmadığı fakat belirgin renk dönmelerinin istenmediği ortamlara kullanılır.

4. sınıf lambalar doğru renk görmenin önemli olmadığı ve renk dönmelerinin kabul edilebildiği ortamlarda kullanılırlar (Manav 2005).

Şekil 3.15 Renksel geriverim sınıflandırması

RENKSEL GERİVERİM SINIFI		Ra
ÇOK İYİ	1A	$Ra > 90$
	1B	$80 < Ra < 90$
İYİ	2A	$70 < Ra < 80$
	2B	$60 < Ra < 70$
ORTA	3	$40 < Ra < 60$
KÖTÜ	4	$20 < Ra < 40$

3.2.9.3 Renk Sıcaklığı

Renk sıcaklığı, siyah cismin ışık yaydığı sıcaklık ile ışık kaynaklarının görünen renklerinin eşleştirilerek, ışık renginin tanımlandığı bir durumdur.

Işınımı, verilmiş bir renk uyarıtısı ile aynı türsellikte bulunan kara cismin sıcaklığı renk sıcaklığı olarak tanımlanır ve T_c ile gösterilir. Bir başka deyişle, bir lambanın renk sıcaklığı, kara cismin renginin, lambanın yayımladığı ışık ile aynı olduğu sıcaklığın Kelvin (K) cinsinden değeridir. Renk sıcaklığının yükselen değerleri için ışık rengi; şekil 3.16'daki gibi kırmızı sarı beyaz mavi şeklinde değişim gösterir.

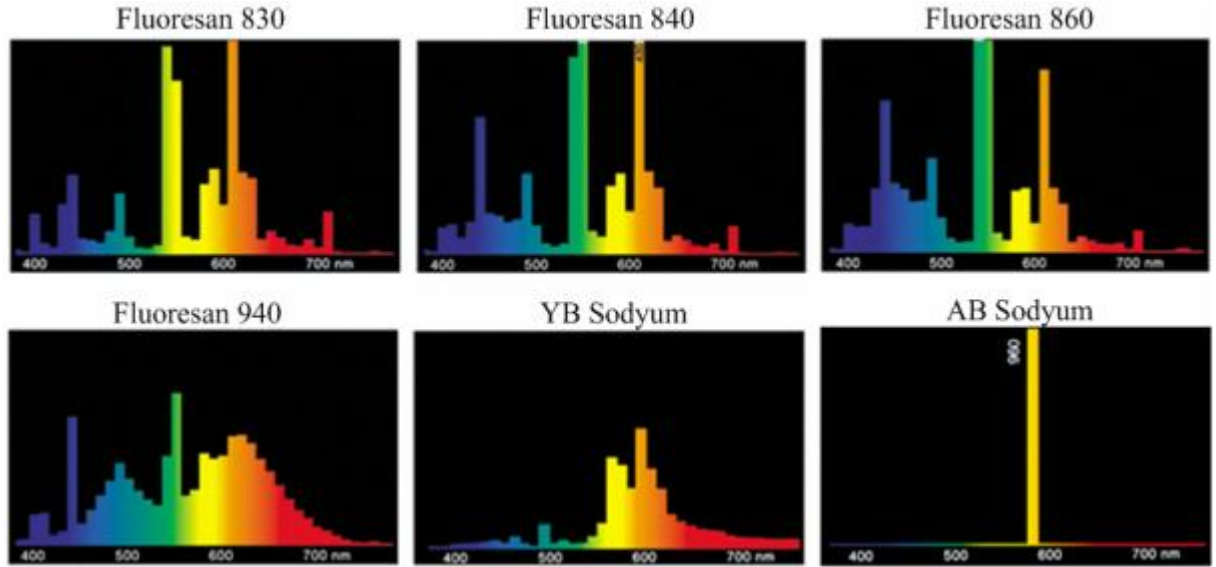
Şekil 3.16 Renk sıcaklığı



En saf ışık bile tek bir dalga boyunu değil de, belirli bir aralıktaki dalga boyu bileşenlerini içerir. Spektral grafikler, ışığın hangi dalga boyunu ne oranda içerdiğini

gösteren grafik yapısıdır. Güneş ışığı görünür aralıktaki dalga boylarını hemen hemen eşit miktarda içerir. Işık kaynaklarının renk spektrumlarının gün ışığına yakın olması istenir (Manav 2005).

Şekil 3.17 Bazı ışık kaynaklarının spektral özellikleri



Işık kaynağına ait renk spektrumlarındaki belli dalga boylarının zayıf olması kaynağın zayıf olduğu dalga boylarını barındıran renkleri iyi yansıtamayacağı anlamına gelir. Örnek olarak sodyum buharlı ışık kaynakları incelendiğinde belli dalga boylarında ne derece zayıf olduğu ve renksel geriverim indeksinin ne denli düşük olduğu anlaşılacaktır.

Tablo3.4 Işık kaynaklarına ait renk sıcaklığı ve renksel geriverim değerleri

LAMBA TÜRÜ	RA	Tc
Akkor Lamba	1A	2700
Tungsten Halojen Lambalar	1A	3000
YB Civa Buharlı Lambalar	3	5500
Metalik Halojenürlü Lambalar	1A-2	3000-6000
YB Sodyum Buharlı Lambalar	1B-4	2000-3000

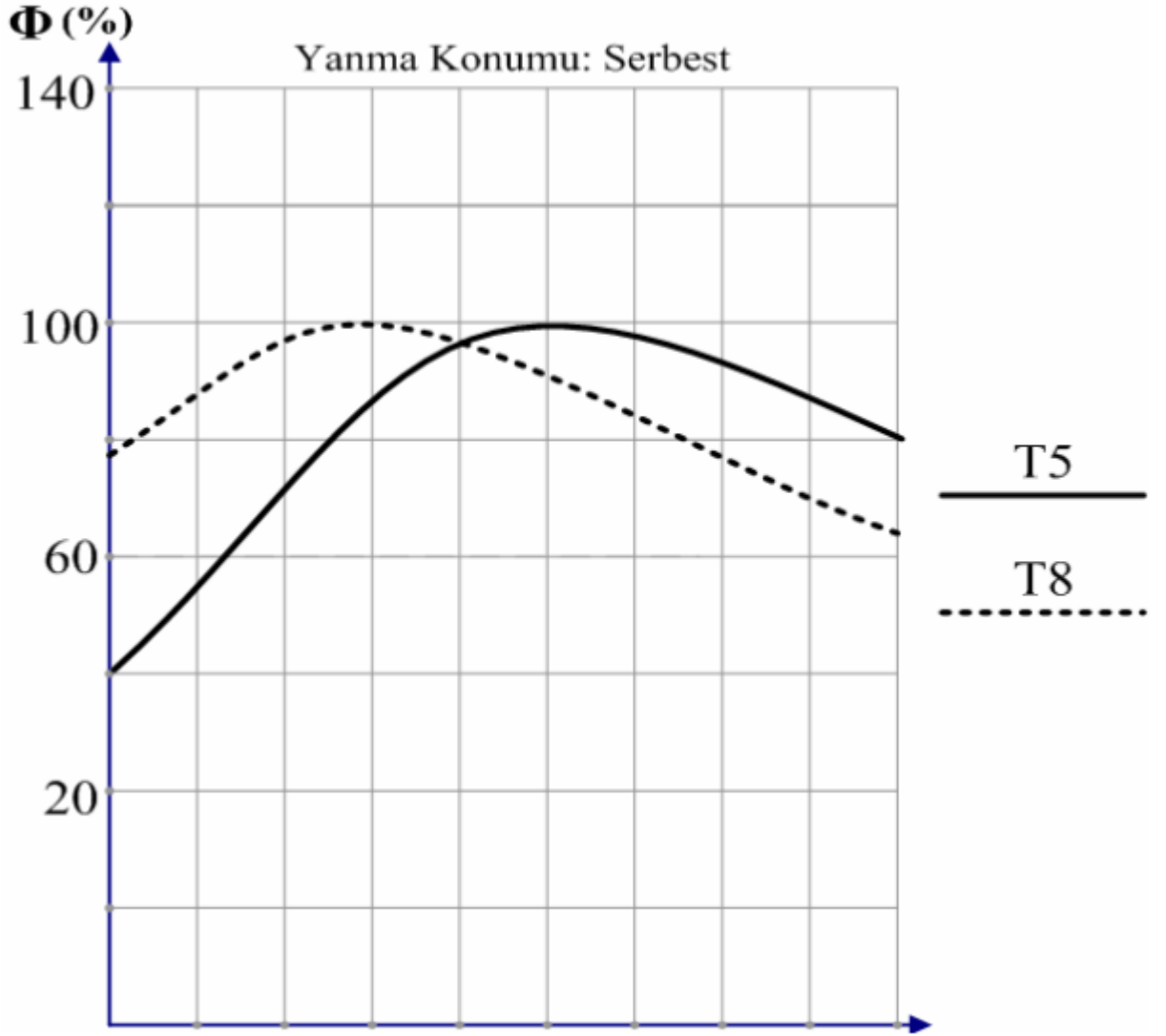
FLORESAN		
Colour 93Deluxe 930 vb.	1A	3000
Colour 82 Polylux 827 vb.	1B	2700
Deluxe Wharmwhite 29 vb.	2	3000
Daylight 54	2	5400
Colour 29 wharmwhite 29 vb.	3	2900

3.2.9.4 Isıl Faktörler

Ortam sıcaklığı bazı ışık kaynaklarında etkinlik faktörünün düşmesine, lamba ömrünün azalmasına, çok düşük ortam sıcaklıklarında deşarj lambalarının ateşlenmemesine yol açabilir. Değişken veya kritik ortam sıcaklıklarının olduğu yerlerde bu durumdan en az etkilenen lambalar tercih edilmelidir. Çevresel ısıl faktörlerin söz konusu olduğu projelerde kullanılan ışık kaynağının ısıl karakteristiği de değerlendirilmelidir.

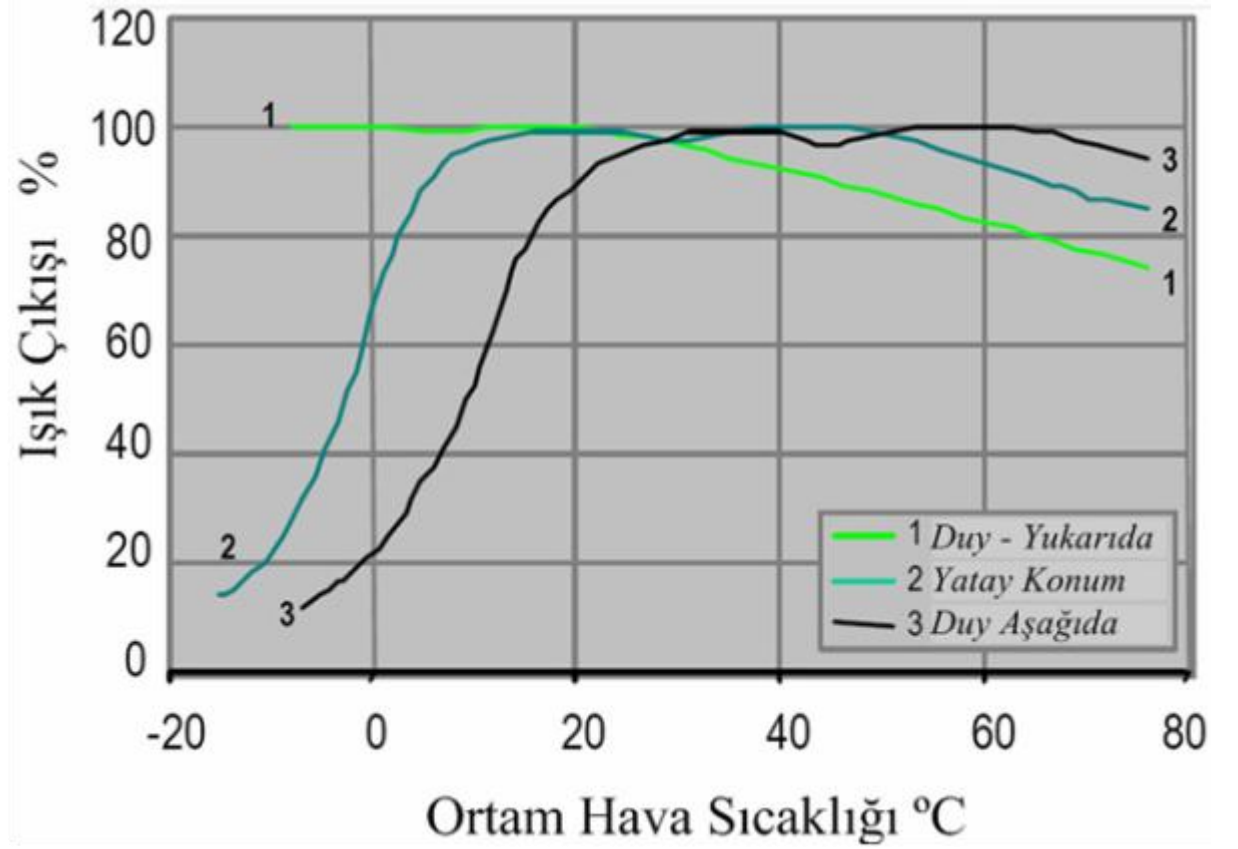
Genel olarak HID (High-intensity discharge: yüksek yoğunluklu deşarj) sistemler çevre sıcaklıklarından ciddi boyutta etkilenmezlerken lineer fluoressan ve amalgam yapısını barındırmayan diğer fluoressan ışık kaynakları çevresel sıcaklık değişimlerinden ciddi boyutta değişebilirler. Şekil 3.18'den de değerlendirilebileceği gibi lineer fluoressan gruplarında 10 derecelik ısıl değişim bile ışık çıkışında ciddi değişimlerin görülmesine neden olabilir.

Şekil 3.18 T5 ve T8 ışık kaynaklarının ısı ışık ilişkisi



Kompakt flüoresan ışık kaynaklarının özellikle park bahçe aydınlatmalarında uygulanmaya başlamasıyla birlikte dış aydınlatma projeleri gibi yüksek ısıl değişimlerin görülebildiği projelere yönelik olarak üretilmiş modelleri de mevcuttur. Standart modellerden farklı olarak amalgam destekli olan bu ışık kaynakları çok geniş ısı aralıklarında dahi ışıksal çıkışlarını koruyabilmektedir. Bu ışık kaynakları amalgamsız alternatiflerine oranla çok daha geç rejime girebilmekte ve dimmerlemeye pek uygun olamamaktadır.

Şekil 3.19 Amalgam destekli kompakt floresan için rejime ve sıcaklık karakteristiği



Çevre ısısının yanı sıra ışık kaynağının ürettiği ısının boyutu da tercihlerde göz önünde bulundurulmalıdır. Isı oluşumunun yüksek olduğu noktalarda yüksek boyutta ısı yayan ışık kaynaklarının kullanılması istenmeyen etkilerin oluşmasına neden olabilmektedir. Örnek olarak yüksek basınçlı deşarj ampulleri ve halojen spotlar çalışırken yüksek sıcaklık değerlerine ulaşırken alçak basınçlı cıva buharlı ışık kaynakları çok daha az ısı oluştururlar.

Kaynağın ısınmasının yanı sıra ışık kaynağının yayımladığı ışığında ısı taşınması bir problem teşkil etmektedir. Özellikle halojen spot ışık kaynaklarının yayımladıkları ışık akılarında bol miktarda IR ışınım bulunması nedeniyle rahatsız edici etkilerin oluşması mümkün olabilmektedir. Bu ışık kaynaklarının bu yöndeki etkilerini azaltmaya yönelik olarak ampul çeperi üzerine IR kaplanarak, yayılan IR ışınımının azaltılması ve

verimliliğin arttırılmasına yönelik gelişimlerin uygulandığı üst tip modelleri de mevcuttur (Özenç 2004).

Işık kaynağının ısıl oluşumu çok büyük ölçüde armatürün termal tasarımını boyutunu ve genel yapısının etkileyecek değerlerde olabilmektedir. Bu nedenle armatürler yapısı içerisinde kullanılacak maksimum ampul gücüne ilişkin sınırlayıcı değerler belirtilmektedir.

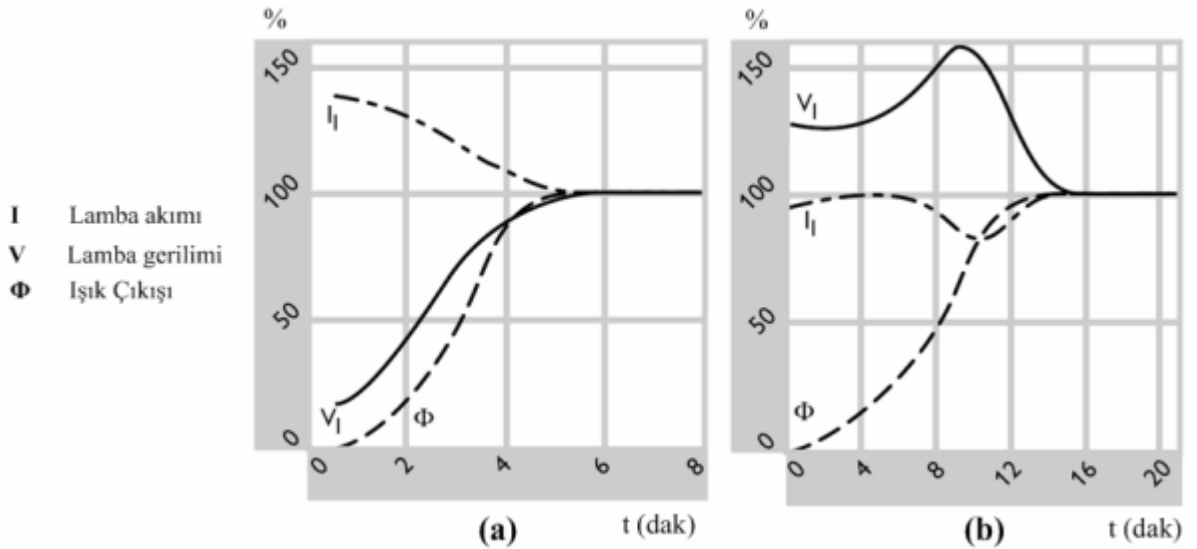
3.2.9.5 Ateşleme ve Rejim Süreci

Ateşleme: Lamba elektrotlarında herhangi bir ön ısıtmaya gerek duyulmadan, deşarj lambalarında ilk ateşlemeye yönelik gerilimsel atlamalar olarak ateşleme tanımlanır. Metal halide ve sodyum buharlı ışık kaynakları ilk çalışma anında şebeke geriliminin çok daha üstünde bir ateşleme gerilimine ihtiyaç duyar. İhtiyaç duyulan bu yüksek gerilim ateşleyici devresi tarafından ışık kaynağının ateşlenebilmesi için darbeler şeklinde uygulanır. Bir ışık kaynağının ateşleme süresi ışık kaynağına, ateşleyici yapısına ampulün yapısına bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Örneğin ani ateşleyici devreleri 1-5 sn. içerisinde lambayı ateşleyebilirken standart ateşleyicilerde normal bir ışık kaynağının ateşlenmesi 30 sn. kadar sürebilmektedir. Ömrünün sonuna gelmiş ışık kaynakları şebeke gerilimindeki düşüşler ve dış ortam koşulları bu sürelerin artmasına ve çoğu zaman ateşlemenin gerçekleşmemesine neden olabilmektedir.

Rejime Girme: Işık kaynağının tam olarak ışık yayabilmeleri için ampul içerisindeki sıcaklık ve basınç değerlerinin ideal seviyeye ulaşması gerekmektedir. Rejime girme süreci olarak da tanımlayabileceğimiz bu sürecin uzunluğu, ışık kaynağının tipine, ateşleyicinin yapısına ve çevresel etmenlere bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. LED'ler ve akkor filamanlı ışık kaynakları çalıştırıldıkları ilk andan itibaren normal ışık çıkış gücünde veya bu değere çok daha yakın değerde ışık yayarlar. Flüoresan ışık kaynakları için ise çok kısa bir rejim süresi tanımlansa da ilk yandıkları anda maksimum ışık çıkışı sağlamazlar. (Flüoresan ışık kaynakları için rejim süresi HID ışık kaynaklarına kıyasla çok kısa olduğundan flüoresan ışık kaynakları da hemen yanan ışık kaynakları arasında değerlendirilebilir.) Yüksek basınçlı ışık kaynakları ise çalıştırıldıkları anda maksimum güçte ışık yayamazlar ve ateşleme periyodunun devamında deşarj tüpünün sıcaklık ve basınç değerlerinin ideal seviyesine ulaşması (rejime girmesi) gerekmektedir.

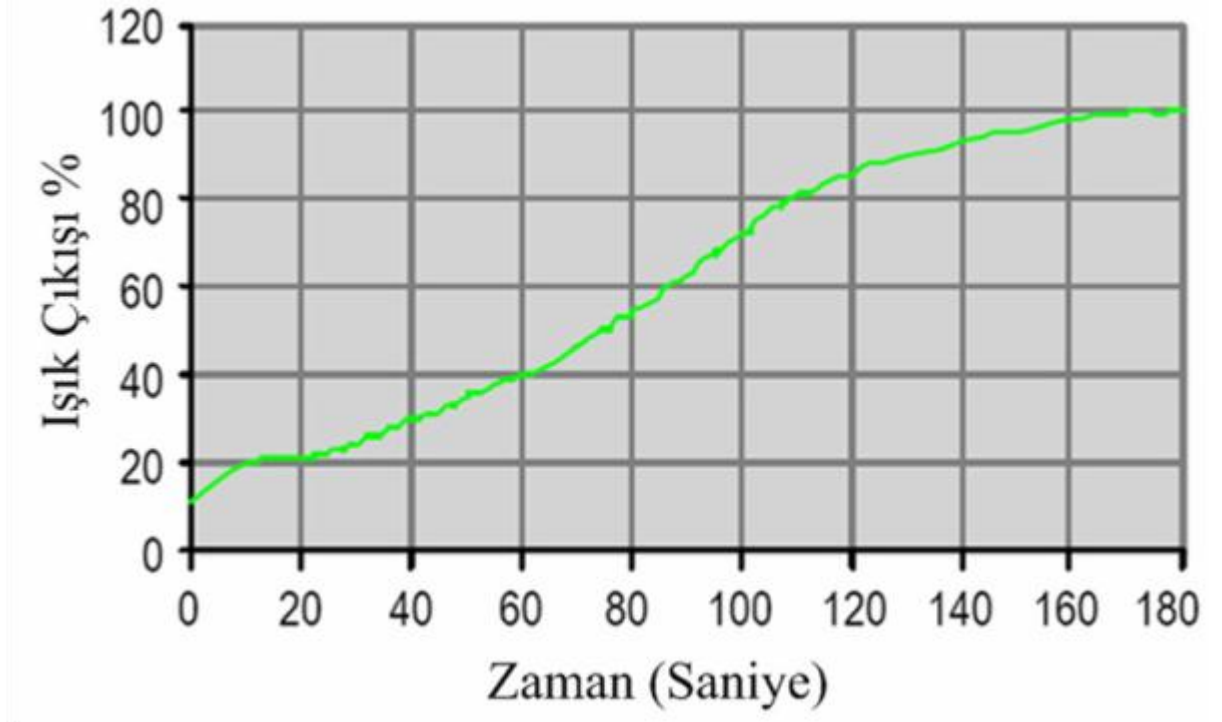
HID ışık kaynakları için rejime girme süresine benzer olarak tekrar rejime girme süresi de tanımlanmaktadır. Tekrar rejime girme süresi çalışma esnasında herhangi bir nedenle sonen bir ışık kaynağının yeniden rejime girmesi için gerekli olan süre olarak tanımlanmaktadır. Işık kaynağının ateşlenebilmesi için deşarj tüpü içerisindeki şartların normal ısı ve basınç değerlerine ulaşması gerektiğinden bu süre rejim süresinde çok daha uzun olacaktır. Bu boyutta bir rejime girme ve/veya tekrar rejime girme süresinin güvenlik problemi oluşturacağı noktalarda tekrar rejime girme süresi beklenmeden lambanın ateşlenmesine olanak sağlayan ateşleme teknolojileri mevcuttur. (Örn. Ani ateşleyici devreleri)

Şekil 3.20 Rejime girme karakteristikleri (a) Y.B. civa (b) A.B. sodyum



Daha önce de belirttiğimiz gibi flüoresan ışık kaynaklarının çok kısa surede tam yükte ışık çıkışı sağlayabildiklerinden dolayı herhangi bir rejim süresi tanımlanmasına gerek yoktur. Fakat amalgam destekli ürün gruplarında bu sürenin standart modellere kıyasla daha uzun olabildiği göz önünde bulundurulmalıdır. Şekil 3.21'de amalgam yapılı 32 W gücünde bir kompakt flüoresan ışık kaynağının rejim karakteristiği verilmiştir.

Şekil 3.21 Amalgam destekli kompakt floresan için rejime girme süreci



3.2.9.6 UV-IR Işınım

Işık kaynaklarından yayılan ışık akısı belirli bir dalga boyunda dağılım gösterir. Bu dağılım

- IR (Infrared- Kızılötesi)
- U.V (Ultraviyole – Morötesi)
- Ve görünür bölge olmak üzere 3 grup içerisinde değerlendirilebilir.

Işık kaynağının ana fonksiyonu görünür bölgede ışık üretmektir. Sadece bazı özel uygulamalarda ışık kaynağının özellikle IR ve UV ışınım yapması gerekir. (Kimya tekstil madencilik, endüstriyel uygulamalarda, tıbbi tedavi, solaryum uygulamaları vb.) UV çıkışlı ampullere örnek Solaryum ampulleri, IR çıkışlı ampullere örnek olarak da IR ısıtma ve tıbbi uygulama ampulleri verilebilir.

Şekil 3.22 IR ve UV ışık kaynaklarına örnek



Elbette ki ana görevi görünür ışınım elde etmek olan bir cihazın istenilen sınırların dışarısında oluşturduğu bu ışınımın bazı olumsuz etkileri söz konusudur. Bu nedenle aydınlatma amaçlı ışık kaynaklarının UV ve IR ışınım oranlarının belli sınırlar içerisinde olması gerekmektedir.

U.V ışınımın bu noktada hassasiyeti olan materyaller ve belli oranların aşılması durumunda insan sağlığı için olumsuz etkiler doğurabilmektedir. UV ışınımın en bilinen etkisi soldurma etkisi olmaktadır. Bu noktada bu etkinin gücü ışık kaynağının UV ışınım oranına ve ampulün ışıksal gücüne bağlı olarak değişim gösterecektir. Çoğu ampul UV çıkışını sınırlamak için özel filtre yapılarıyla kaplanır.

IR (Infraed) ısı yükü taşıyan kızılötesi ışınımını temsil eder. Özellikle akkor filamanlı ışık kaynaklarının spektral özellikleri nedeniyle yüksek oranda IR ışınım yapmaları söz konusudur. Bu durum özellikle insanları rahatsız edebilen bir etmen haline gelebilmektedir.

Bu noktada bu tip ışık kaynaklarının IR ışınım çıkışını sınırlamak amacıyla IR-Coating olarak adlandırılan özel kaplamalar kullanılmaktadır. Bu sayede IR ışınımının sınırlanmasının yanında ışıksal etkinlik değerinin de artırılması mümkün olacaktır (Özenç 2004).

4. DIŞ AYDINLATMADA KULLANILAN IŞIK KAYNAKLARI

Yol aydınlatma tesisatlarında genellikle kızgın elektrotlu deşarj lambaları kullanılmaktadır. Deşarj lambaları kendi içerisinde alçak veya yüksek basınçlı ya da cıva veya sodyum buharlı lambalar olmak üzere kendi içerisinde gruplandırılabilirler.

Deşarj lambaları içerisinde bulunan gazlar genellikle yalıtıktır. Fakat gazlara enerji verilip serbest elektron üretilmeye baŐlanırsa iletken hale geçerler. Gazın iletkenliği verilen enerjinin byklğine, gazın cinsine, basıncına, kabın ve elektrotların geometrik boyutlarına bağlıdır. Elektrik alanın etkisi altında serbest elektronlar anoda doğru hızla hareket ederler ve bu sırada gaz atomları ile çarpıŐırlar. ÇarpıŐma sırasında enerji kaybı ısıya dönüşür. Elektronlar temel duruma geçerken ıŐıma olur (nal 2005).

Deşarj lambaları akkor telli veya karma ışık lambaları gibi doğrudan doğruya Şebekeye bağlanamazlar. Bunlar akım sınırlayıcı (endüktif veya kapasitif balast) ve lambayı ateşleyici araçlara ihtiyaç duyarlar.

Günümüz teknolojisine göre, yol aydınlatması ve dış aydınlatma uygulamaları amacıyla kullanılabilen ışık kaynakları dört grupta toplanabilir;

- Yüksek Basınçlı Cıva Buharlı Lambalar
- Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı Lambalar
- Alçak Basınçlı Sodyum Buharlı Lambalar
- Metal Halojen Lambalar

Bu lambaların yol aydınlatmasında kullanılan tiplerinin karakteristik zellikleri Tablo 4.1 'de toplu olarak gösterilmektedir (nal 2005).

Tablo 4.1 Yol aydınlatmasında kullanılan lambaların karakteristik özellikleri

		Gücü (W)	Balast kaybı (W)	Işık akısı (lm)	Etkinlik fak. (lm/W)*	Ekonomik ömür (saat)**
Yüksek B.lı	Civa buharlı	50 - 400	9 - 25	1800- 22000	31 - 52	15 000
Yüksek B.lı	Ateşleyicisiz	110 - 350	15 - 35	8000- 34000	64 - 88	7 000
Sodyum Buharlı	Elips(fl.kaplı)	150 - 400	20 - 40	14000- 47000	82 - 107	18 000
	Şeffaf tüp	100 - 400	15 - 50	10000- 55500	87 - 123	20 000
Alçak basınçlı	Sodyum B.	26 - 131	32 - 43	3500- 25000	57 - 145	13 500
Metal Halojen	Lamba	70 - 400	19 - 60	5500 - 45000	62 - 98	6 000 ' 9 000

* Etkinlik faktörü balast kaybı dikkate alınarak hesaplanmıştır.

** Işık akısının yüzde 30 değer kaybettiği ana kadar geçen süre.

Çalışma prensibi ve özellikleri açısından bazı farklılıklar gösteren yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar tabloda üç grup olarak ele alınmıştır.

Tek renkli (monokromatik) altın sarısı ışınlama yapan alçak basınçlı sodyum buharlı lambaların renk özellikleri açısından yerleşim ve yaya trafiği olan kent içi yollarda kullanılması çok doğru değildir. Ancak ışınları tek bir filtre ile elimine edilebildiğinden, ışık kirliliğinin önlenmesi gereken doğal çevre ve astronomi gözlemevleri etrafındaki yol, sokak, meydan, alan aydınlatmalarında kullanılmaları zorunlu olan tek lamba grubudur.

Renk özellikleri oldukça iyi ama ömürleri kısa olan metal halojen lambalar dış aydınlatmada sadece spor sahaları, bina dış cephe aydınlatmaları ve dekoratif amaçlı alan aydınlatmalarında kullanım alanı bulmaktadır. Son yıllarda gerçekleştirilen yeni çalışmalarda metal halojen lambaların yaygın spektrometrik diyagramları nedeniyle özellikle renkli yol kaplamalarında iyi görüş koşulları sağladıkları ifade edilmektedir. Ancak bu grup lambaların yol aydınlatmalarında yaygın kullanımları için özellikle ömürleri konusunda yeni teknolojik gelişmelere gereksinim vardır.

Geçmiş yıllarda, özellikle kent içi yol aydınlatmalarında çok kullanılan mavimsi beyaz ışık renkli yüksek basınçlı civa buharlı lambalar zaman içinde yerlerini yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalara bırakmıştır. Özellikle 1970'li yıllarda enerji fiyatlarının çok yükselmesi ile enerji tasarrufunun önem kazanması üzerine, mevcut civa buharlı lambalı armatürlerde hiçbir teçhizat değişikliği yapmadan sadece lamba değiştirilerek kullanılabilen kendinden ateşlemeli (ateşleyicisiz) yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar geliştirilmiştir. 125 W, 250 W ve 400 W gücündeki yüksek basınçlı civa buharlı lamba teçhizatı ile kullanılabilen sırasıyla 110 W, 210 W ve 350 W gücündeki bu lambalarla yüzde 15 daha az enerji tüketilirken, yaklaşık yüzde 35 daha fazla ışık elde edilebilmektedir. Ancak sadece eski civa buharlı lambalı tesisatların iyileştirilmesi amaçlı geliştirilen bu lamba tipinin yeni bir tesisatta kullanılması söz konusu değildir. Çünkü etkinlik faktörleri 120 lm/W, ömürleri 20 000 saat olan yeni tip yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar varken, etkinlik faktörleri 80 lm/W, ömürleri ise sadece 7 000 saat olan bu tiplerin düşünülmesi çok büyük bir yanlışlıktır.

Lambaların karakteristik özellikleri dikkate alındığında, günümüzde kent içi yol, cadde, sokak ve meydan aydınlatmalarında parlak sarı renkte ışık yayan şeffaf cam tüplü yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların kullanılması en uygun çözüm olarak görülmektedir.

Uygulamalarda, ışığı gelişigüzel üst yarı uzaya göndermeyen, sadece aydınlatılan alan üzerine ışık yönlendiren fotometrik özelliklere sahip, dış ortam koşullarına dayanıklı armatür tiplerinin seçilmesi de konunun en can alıcı noktasıdır. Bu nedenle, dış aydınlatma yönetmeliklerinde aydınlatma armatürlerinin üst yarı uzaya gönderdikleri ışık miktarlarına kısıtlamalar getirilmektedir. Yoğun ticari alanların olduğu kent içi bölgelerinde üst yarı uzaya yüzde 20 oranında ışık gönderen armatürlerin kullanılmasına

müsaade edilirken, korunması gereken doğal çevreler ve astronomi gözlem evleri etrafındaki alanlarda üst yarı uzaya gönderdikleri ışık yüzdesi sıfır (yüzde 0) olan armatürlerin kullanılması zorunlu tutulmaktadır. Üst yarı uzaya gönderdiği ışık yüzdesi 10'dan düşük olan armatürler içinde farklı lamba tipleri kullanılarak, yukarıda tanımlanan güzergah yolunun soldan tek taraflı düzenek ile aydınlatılması hali için CIE 115 nolu yayına göre önerilen aydınlatma kriterlerinin sağlanması koşulu ile aydınlatma tasarım hesapları yapılmış, elde edilen sonuçlar Tablo 4.2'de verilmiştir (Ünal 2005).

Tablo 4.2 Farklı lamba tiplerinin karşılaştırılması

Lamba Tipi	Y B Civa Buharlı	Y B Sodyum ateşleyicisiz	Metal Halojen	Y B Sodyum (flu.kaplı)	Y B Sodyum (şeffaf tüp)	A B Sodyum Buharlı
Lamba gücü (W)	250	210	150	150	100	131
Açıklık (m)	30	40	25	30	30	45
Yükseklik (m)	10	10	10	10	10	14
L_{ort} (cd/m ²)	1.10	1.07	1.13	1.10	1,08	1,0
Tüketim* (kW/km)	9.04	6.03	6.97	5.78	3,9	3,96

* km başına enerji tüketimi balast kayıpları dikkate alınarak hesaplanmıştır.

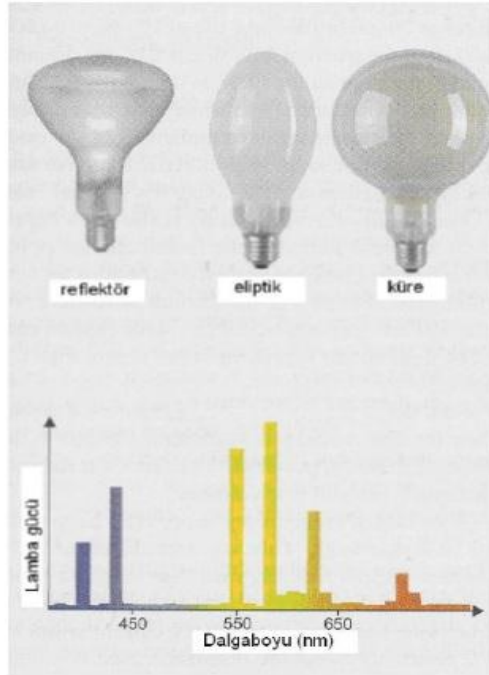
Tablodan yüksek basınçlı civa buharlı lamba yerine, şeffaf tüp şeklinde yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba kullanılması ile aynı aydınlatma kriterleri yaratılırken yüzde 57 enerji tasarrufu sağlanabildiği, flüoresan kaplı elips balonlu yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba yerine şeffaf tüp lambaların kullanılmasıyla da yaklaşık yüzde 33 daha az enerji harcandığı anlaşılmaktadır. Bu hesap sonuçlarına göre de, gerek renk özelliği, gerekse enerji tasarrufu açısından kent içi ulaşım yollarında şeffaf tüp şeklindeki yeni tip yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların kullanılmasının uygun bir çözüm olduğu

görülmektedir. Ancak alçak basınçlı sodyum buharlı lambalarla da, şeffaf tüp yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalı uygulamalara yakın enerji tasarrufları elde edilmektedir. Işık kirliliğinin tamamen önlenmesi açısından, korunması gereken doğal çevre ve astronomi gözlemevleri etrafındaki yol ve açık alanlarda ışığı sadece alt yarı uzaya gönderen tam korumalı armatürler içinde alçak basınçlı sodyum buharlı lambaların kullanılması gerektiği de akıldan çıkarılmamalıdır (Ünal 2005).

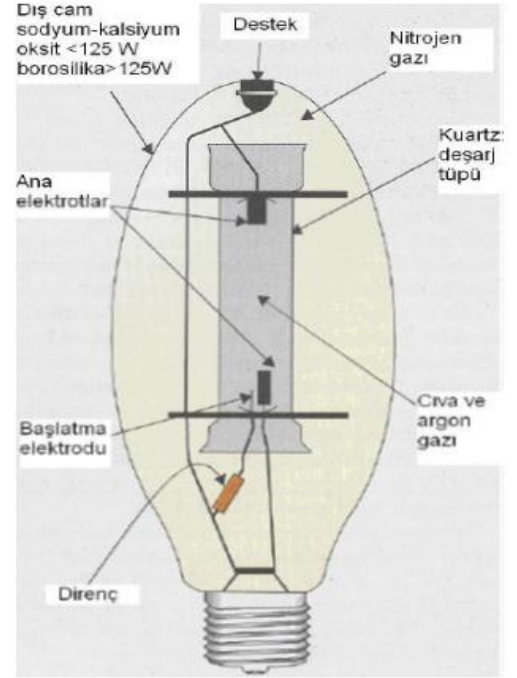
4.1 YÜKSEK BASINÇLI CİVA BUHARLI LAMBALAR

Ticari olarak ilk kullanılan yüksek basınçlı deşarj lambası, yüksek basınçlı civa buharlı lambalardır. Civa buharlı lamba örnekleri ve lamba iç yapısı sırasıyla şekil 4.1 ve şekil 4.2'de gösterilmektedir (Simpson 2003).

Şekil 4.1 Yüksek basınçlı civa buharlı lamba örnekleri ve ışık spektrumu



Şekil 4.2 Yüksek basınçlı civa buharlı lambanın iç yapısı



Bu lambalarda, civa buharı içinde meydana gelen deşarj olayı ile elektromanyetik ısıma sağlanır. Çalışma sırasında lamba iç basıncı 200-400 kPa (atmosfer basıncının 2-4 katı) olmaktadır. Soğuk bir lambada civa buharının deşarjı sağlanamayacağı için lamba içinde ayrıca argon gazı bulunur ve yardımcı elektrotlar ile argon gazının deşarjı sağlanır. Bu ön deşarj sonucu oluşan enerji civayı buharlaştırarak asıl deşarj işleminin gerçekleşmesini sağlar. Asıl deşarj için metal oksit elektrotlar kullanılır.

Oluşan radyasyon görülebilir bölgededir. 405, 436, 546, 577 ve 579 nm dalga boyları birleştiğinde mavimsi beyaz ışık oluşur. Çoğu civa buharlı lambada fosfor kullanılarak renksel geriverim özelliği arttırılmaktadır.

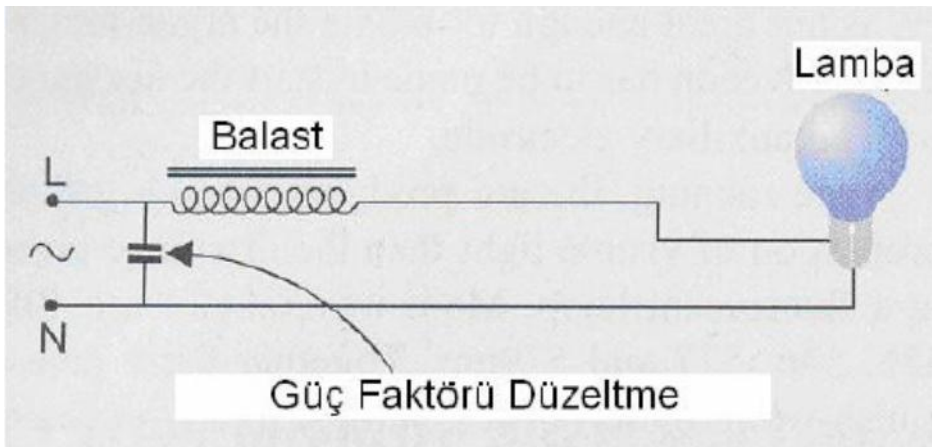
Deşarj için gereken yüksek basınç ve sıcaklık nedeniyle deşarj olayı bir deşarj tüpü içinde gerçekleşir. Bu deşarj tüpü, bir cam balon içine yerleştirilir. Cam balonun iç yüzeyi fosforla kaplanabilmektedir. Bu cam balon genellikle nitrojen ile doldurulup, içerideki parçaların oksitlenmesi önlenir ve deşarj tüpü için gerekli olan sabit bir sıcaklık sağlanır.

Yardımcı elektrotlarda, argon gazının iyonize olması için gereken ateşleme süresinde, lamba üzerinde gerilim düşük ancak akım normal çalışma akımından daha yüksektir. Lamba ısındıkça civa buharlaşır ve akım azalır. Birkaç dakika içinde buhar basıncı sabitlenir.

Lamba gücü kesildiğinde, buhar basıncının deşarj oluşturabilecek bir seviyeye düşmesi için lambanın soğuması gerekir. Soğuma süresi de ısınma süresine benzer şekilde birkaç dakikadır.

Civa buharlı lambaların etkinlik faktörü 30-60 lm/W arasında değişir, ömürleri ise 4000-9000 saat arasındadır. Lamba güçleri 50W ile 2000W aralığında yer alır (Simpson 2003).

Şekil 4.3 Yüksek basınçlı civa buharlı lamba elektrik devresi



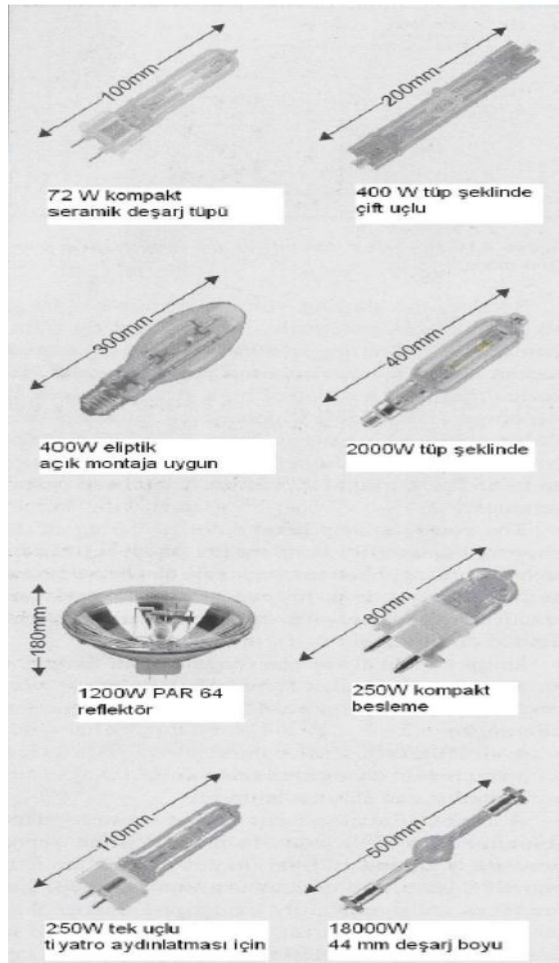
Yüksek basınçlı civa buharlı lamba devresi Şekil 4.3’de görülmektedir. Akım çok fazla azalırsa deşarj kararsız hale geleceğinden bu lambaların ışık çıkışı sınırlı bir şekilde kademeli şoklar ile kontrol edilebilmektedir.

Lambaların etkinlik faktörleri ve ömürleri düşük olduğu için, TEDAS Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı Lambalar Şartnamesi ile Türkiye’de yol aydınlatmalarında yüksek basınçlı civa buharlı lambaların kullanılması yasaklanmıştır (Simpson 2003).

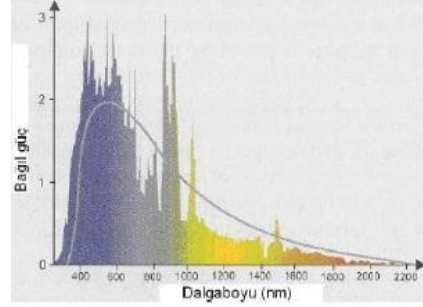
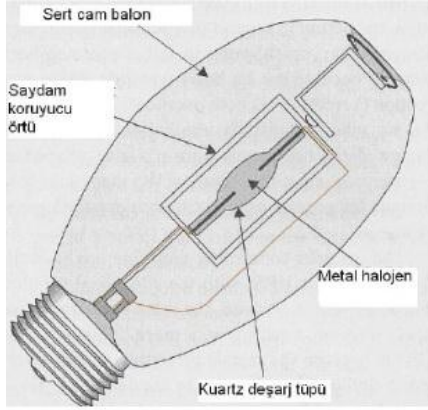
4.2 METAL HALOJEN LAMBALAR

Metal halojen lambalar yüksek basınçlı civa buharlı lambalara benzerdir. Bu lambalarda civa buharı ve argona ilave olarak indiyum, sodyum, talyum gibi metal halojenler bulunmaktadır. Metal halojen lamba örnekleri, lamba içyapısı ve ışık spektrumu; sırasıyla şekil 4.4, şekil 4.5 ve şekil 4.6’da görülmektedir (DiLouie 2005).

Şekil 4.4 Metal halojen lamba çeşitleri



Şekil 4.5 Metal halojen lamba iç yapısı Şekil 4.6 Osram HMI 4000W lamba için ışık spektrumu.



Lamba çalışma sıcaklığına ulaştığında metal halojenler buharlaşır. Halojen buharı deşarj yüksek sıcaklık esiğine ulaştığında, halojen ve metal ayrılır, metal molekülleri kendi spektrumlarını yayar. Metal ve halojenler difüzyon ve konveksiyonla deşarj tüpünün daha soğuk kısımlarına, özellikle dış duvarlara hareket ederek, çevrimi yeniden başlatmak üzere birleşirler (DiLouie 2005).

Metal halojen lambaların etkinlik faktörü 75-125 lm/W aralığındadır. Renksel geriverim özellikleri civa buharlı lambalara göre oldukça yüksektir. Genel amaçlı kullanılan lambaların renksel geriverimi 70'tir, ancak kullanılan halojen miktarına göre 95'e kadar çıkılabilmektedir. Renk sıcaklıkları genel amaçlı kullanımda 3600- 4200 K arasındadır. Lamba ömrü 6000-20000 saattir. Lamba güçleri 35W ile 20000W arasında değişmektedir.

Metal halojen lambaları çalıştırmak için ateşleyiciye ihtiyaç duyulur. Standart devre seması yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar ile aynıdır Metal Halojen lambaların rejime girme süresi 1-4 dakika arasındadır. Çoğu metal halojen lamba sıcakken yeniden ateşlenemediği için 2-10 dakika boyunca soğuması beklenmelidir.

Metal halojen lambaların renk özellikleri iyi ancak etkinlik faktörleri ve ömürleri şeffaf tüp yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalara oranla daha düşüktür. Bu nedenle renk

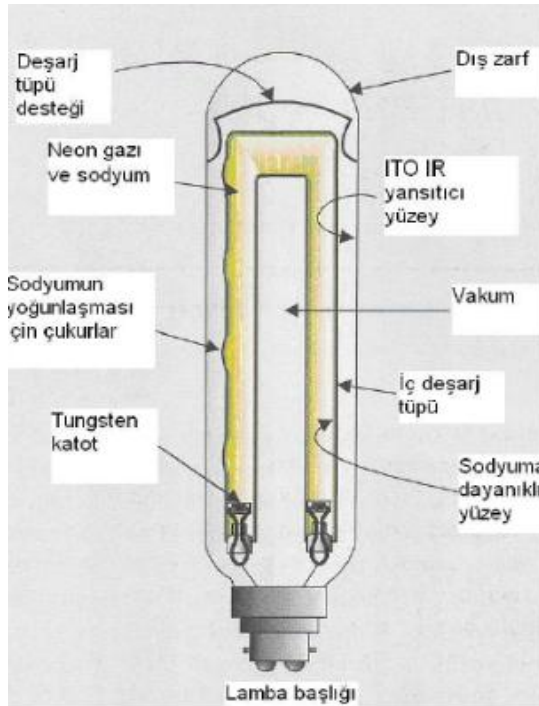
özelliklerinin çok önemli olduğu alanlar dışında, örneğin yol aydınlatmalarında kullanılmaları ekonomik olmamaktadır (DiLouie 2005).

4.3 ALÇAK BASINÇLI SODYUM BUHARLI LAMBALAR

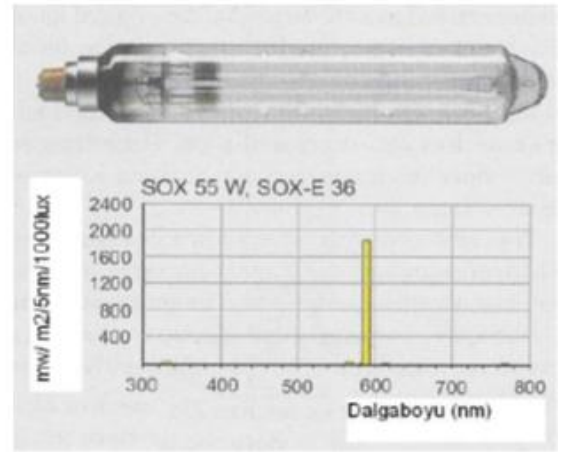
Bunlar kızgın elektrotlu alçak basınçlı ve alçak gerilimli deşarj lambalarıdır. Tüp içinde oda sıcaklığında katı halde bulunan sodyum madeni vardır. Tüpün sıcaklığı 250 ile 300 dereceye çıktığında sodyum madeni buharlaşır ve tüpün basıncı birkaç mmHg aşmasına iner. Deşarj önce yardımcı bir gaz içinde örneğin neon veya argon gazı içinde meydana gelir. Bu bakımdan tüp az miktarda asal gaz içerir. Kızgın elektrotlar baryum oksit kaplı tungstendir. Kural olarak sodyum buharlı lamba alternatif akım şebekelerinde kullanıldığından tüpün her iki ucunda aynı tip elektrot bulunur.

Alçak basınçlı sodyum buharlı lamba içyapısı, lamba örneği ve ışık spektrumu sırasıyla şekil 4.7 ve şekil 4.8’de görülmektedir (Onaygil 2008).

Şekil 4.7 Alçak basınçlı sodyum buharlı lamba içyapısı



Şekil 4.8 Alçak basınçlı sodyum buharlı lamba örneği ve ışık spektrumu

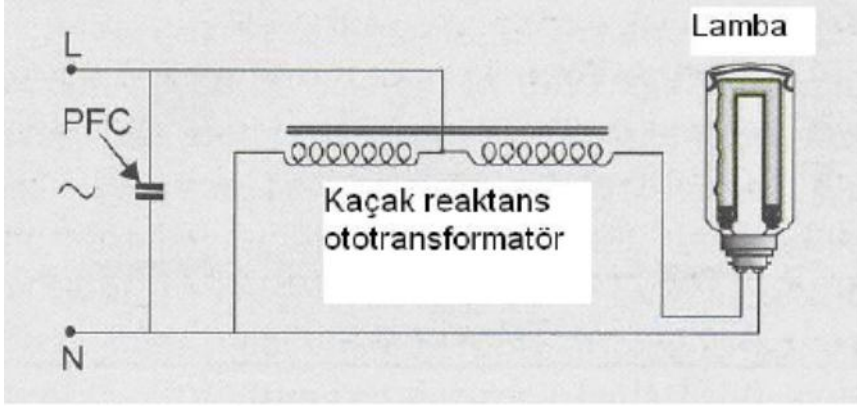


220 voltluk şebeke gerilimi ateşlemeye yetmez Onun için tüp içine elektrotları birbirine yaklaştırmaya yarayan madeni bir ateşleme teli (ignitron) konmuştur. Bu sayede gerilim uygulandıktan sonra ana dolgu gazında (neon veya argon) küçük ışıklı deşarj yolları oluşur ve ön deşarj başlar. İyonizasyon yardımıyla ön deşarj ana deşarjı başlatır. Dolayısıyla tüp ısınır 260 °C katı halde bulunan sodyum madeni buharlaşır ve ışıklı plazma dolgu gazından sodyum buharına intikal eder. Deşarj tüpü U şeklinde bükülmüş ve havası boşaltılmış iç cidarı indium oksitle kaplanmış bir dış tüpün içine yerleştirilmiştir. İndium oksit kızıl ötesi ışınları yansıtarak vakum ise ısı kaybını azaltarak lambanın veriminin yüksek olmasını sağlarlar. Tüpün nominal gerilimi 20 volt olup tüp 220volt işletme geriliminde çalışabilecek şekildedir. Buna karşın kararlı çalışma gerilimi 50-60 volt mertebesinde. Kararlı çalışmada gerilim farkı balast tarafından karşılanır İlk tutuşma geriliminin sağlanması için balast içine konmuş veya ayrı bir ateşleyici (ignitron) vardır.

Balast şebekeye endüktif bir yük etkisi yaptığından şebekeye paralel bir kondansatör bağlamak suretiyle $\cos\phi$ kompanze edilebilir. Bazen deşarj lambaları radyo parazitlerine sebep olabilir. Bunun giderilmesi için balastın iki yarım sargı şeklinde yapılması ve araya yaklaşık olarak 0,1mF değerinde bir kondansatör bağlanması uygun olur. Alçak basınçlı sodyum buharlı lambaların etkinlik faktörü ve verimlerinin çok yüksek olmasına rağmen altın sarısı monokromatik ışık yaydıkları için renk ayırımının önemli olduğu yerlerde pek kullanılmazlar. Buna mukabil bir dış aydınlatma tesisinde mesela yol aydınlatmasında veya rengin önemli olmadığı yükleme boşaltma işyerlerinde, demiryolu güzergâhlarında kazan tesislerinde ve benzeri yerlerde bu lambalar çok kullanılırlar. Bu lambalar rasathane, hava alanlarında bulunan hava kontrol kuleleri civarlarında, ışık kirliliğine tahammül olmayan yerlerde özellikle tercih edilirler. Bu lambaların renk özellikleri açısından yerleşim ve yaya trafiği olan kent içi yollarda kullanılması çok doğru değildir. Ancak ısınları tek bir filtre ile elimine edilebildiğinden, ışık kirliliğinin önlenmesi gereken doğal çevre ve astronomi gözlemevleri etrafındaki yol, sokak, meydan, alan aydınlatmalarında kullanılmaları zorunlu olan tek lamba grubudur. Alçak basınçlı sodyum buhar lambaları 50 yıldan uzun bir süredir kullanılmaktadır. Bu ışık kaynaklarının kullanımı Avrupa ülkelerinde oldukça farklıdır. İngiltere gibi bazı ülkeler bu aydınlatıcıları alışveriş merkezlerinde kullanmaktadır. Fransa'da ise bu aydınlatıcılardan hemen hemen hiç yoktur. Şu anda

Hollanda ve Belçika başta olmak üzere bazı ülkeler bu aydınlatıcıları zayıf renk balansının önemli olmadığı trafik yoğunluğu çok olan otoyollarda kullanmaktadır. Lamba elektrik devresi şekil 4.9’da verilmektedir (Onaygil 2008).

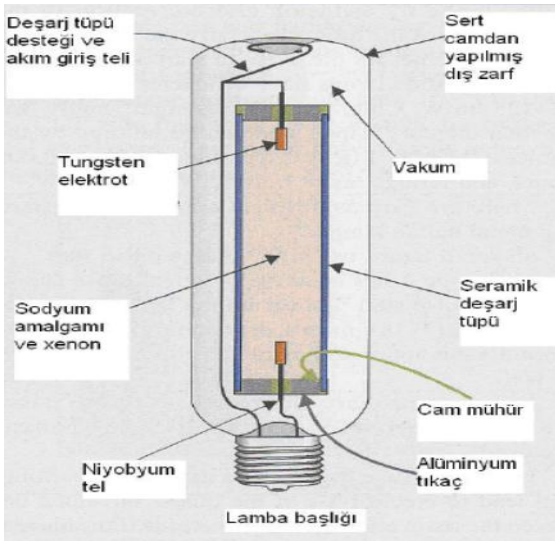
Şekil 4.9 Alçak basınçlı sodyum buharlı lamba elektrik devresi



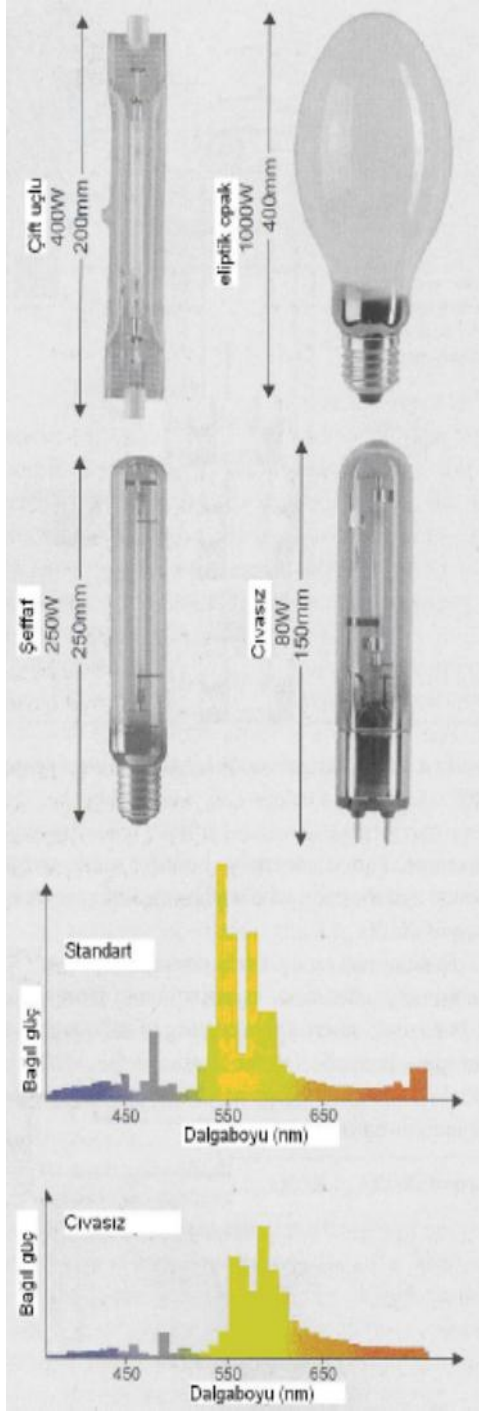
4.4 YÜKSEK BASINÇLI SODYUM BUHARLI LAMBALAR

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar 5-10 kPa basınçta çalışırlar. Yüksek basınçlarda sodyumun oldukça aşındırıcı olmasından dolayı seramik deşarj tüpü kullanılmaktadır. Deşarj tüpü bir cam balon içine yerleştirilir. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba içyapısı, lamba örnekleri ve ışık spektrumu şekil 4.10 ve şekil 4.11’de görülmektedir (Onaygil 2008).

Şekil 4.10 Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba içyapısı



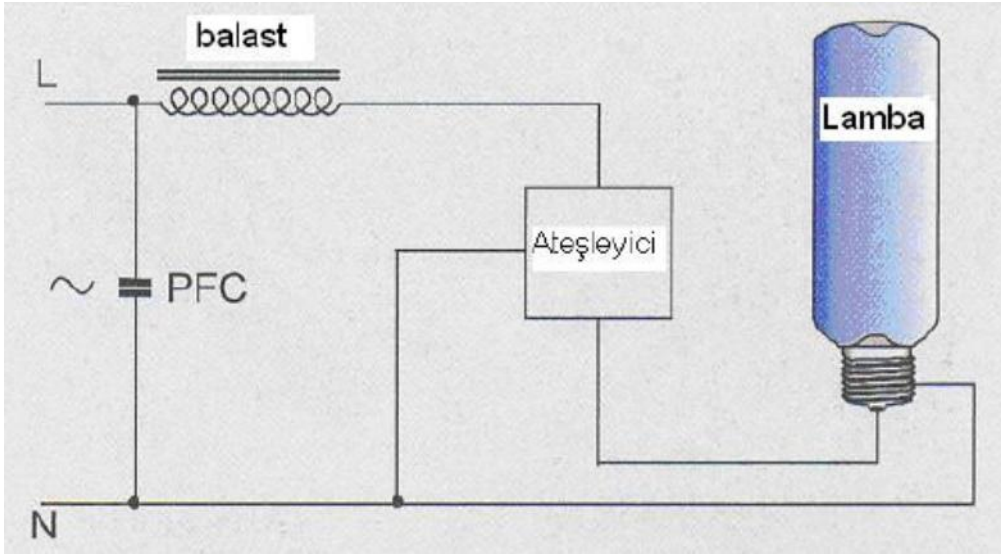
Şekil 4.11 Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba örnekleri ve ışık spektrumları



Lamba güçleri 35W-1000W aralığında değişmektedir. Etkinlik faktörü balast kaybı dâhil 70-150 lm/W'tır, lamba gücü arttıkça etkinlik faktörü de artmaktadır. Sodyum basıncı arttırıldığında renksel geri verim artarken etkinlik faktörü azalmaktadır. Ksenon basıncı arttırılarak etkinlik arttırılabilir ancak bu durumda lambanın çalışması zorlaşmaktadır. Lamba ömrü 10000-24000 saat arasındadır. Renksel geriverim standart lambalar için 25, orta seviyedeki lambalar için 60, iyileştirilmiş renk versiyonları için 85'tir. Daha iyi renksel geriverimi olan lambaların ömrü de azalmaktadır.

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların ateşlenmesi karmaşık bir işlemdir. Başlangıçta ksenon ve sodyum-civa amalgamından oluşan bir karışım bulunmaktadır. 20 kPa basınçtaki ksenon deşarjı başlatır, civa buharı (ısındığında 60kPa basınca ulaşır) basıncın artmasını sağlar. Isınma süresi yaklaşık 10 dakikadır ve yeniden ateşleme 1 dakika içinde gerçekleşebilir. Ateşleme gerilimi transformatör ile sağlanamayacak kadar yüksektir. Bu lambaların ateşlenmesi için "ateşleyici" adı verilen cihazlar kullanılır. Lamba elektrik devresi şekil 4.12'da görülmektedir (Onaygil 2008).

Şekil 4.12 Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba elektrik devresi



Enerji tasarrufu yapabilmek amacıyla, mevcut civa buharlı lambalı armatürlerde hiçbir teçhizat değişikliği yapmadan sadece lamba değiştirilerek kullanılabilen ateşleyicisiz yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar da geliştirilmiştir. 125W, 250W ve 400W gücündeki yüksek basınçlı civa buharlı lamba teçhizatı ile kullanılabilen sırasıyla 110W, 210W ve 350W gücündeki bu lambalarla yüzde 15 daha az enerji tüketilirken, yüzde 35 daha fazla ışık elde edilebilmektedir.

Bu lambalar renk seçimi bakımından alçak basınçlı sodyum buharlı lambalardan üstündür. Buna karşılık etkinlik faktörleri alçak basınçlı sodyum buharlı lambalara nazaran biraz daha düşüktür. Bu lambalarda da balast ve ateşleyici (ignitron) kullanılır. Dış balonu armut olanlarında balonun iç cidarı dağıtıcı toz ile kaplanmıştır. Tüp şeklinde olanlarda ise dış tüp saydamdır. Bu tip lambalar yüksek basınçlı cıva buharlı lambalara göre yüzde 15 az enerji tüketirken yaklaşık yüzde 25 daha fazla ışık akısı üretirler. Yüksek basınçlı sodyum buhar lambalar 1960'ların ortalarına doğru ortaya çıkmıştır. 400 wattlık ilk lambalardan sonra 250watt olanları da üretilmiştir. Yüksek verimlilikleri ve uygun renklerinden (altın beyazı) dolayı bu ışık kaynakları ani bir başarı elde etmiş ve bütün Avrupa'da büyük şehir merkezlerinin aydınlatılması için kullanılmaya başlanmıştır. Böylece ışık kaynağı üreticileri yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba üretimlerini daha düşük güç aralıklarına doğru yöneltmişlerdir.

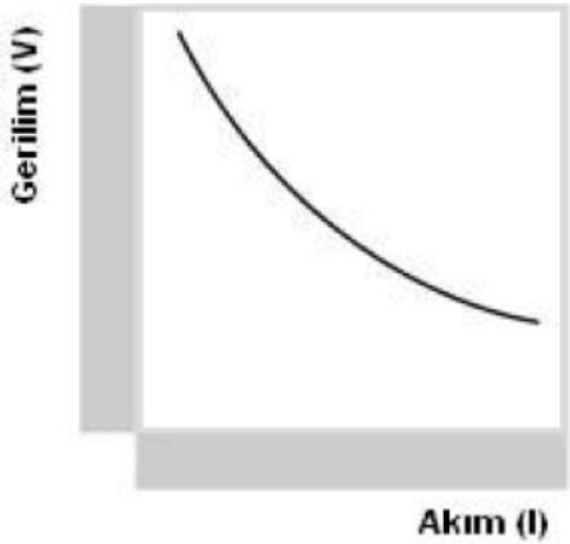
TEDAS Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı Lambalar Teknik Şartnamesi ile yol, cadde, sokak, meydan aydınlatmalarının tamamında parlak beyaz-sarı renkte ışık yayan bu lambaların en verimli tipi olan şeffaf cam tüplü olanların kullanılması zorunlu hale getirilmiştir (Onaygil 2008).

4.5 DEŞARJ LAMBALARINDA KULLANILAN YARDIMCI ELEMANLAR

4.5.1 Balast

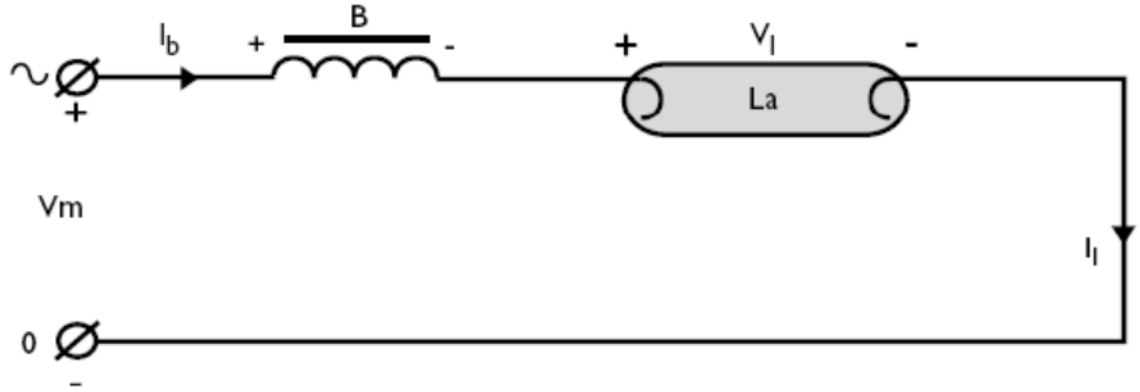
Akım sınırlayıcı bir cihaz olmadığında (lamba gerilimi = şebeke gerilimi), lamba akımındaki küçük bir yükselme, lamba geriliminin düşmesine neden olacaktır. Ancak lamba şebeke geriliminden beslendiği için gerilimi düşmeyecek, bu nedenle akım daha da artacaktır. Bu artan akım lambanın arızalanmasına ya da sigortanın atmasına neden olacaktır. Benzer şekilde lamba akımında ufak bir azalma olduğunda, gerilim yükselecek, ancak şebeke geriliminden daha fazla artamayacağı için bu kez akım daha da azalacak ve lamba düzgün çalışmadığı için sönecektir. Deşarj lambaları için akım gerilim değişimi şekil 4.13'deki gibi olmaktadır (Onaygil ve Güler 2005).

Şekil 4.13 Deşarj lambaları için akım gerilim karakteristikleri



Şekil 4.14'deki gibi, lamba ve besleme arasına yerleştirilen balast lamba üzerinden akan akımı sınırlar. Böylece balast gerilimi ve empedansı oranında lamba akımı sabitlenecektir (Onaygil ve Güler 2005).

Şekil 4.14 Balast ile akımın sınırlandırılması



Balast gerilimi, şebeke gerilimi ve lamba gerilimi arasındaki fark kadar olacağından maksimum lamba akımı şebeke gerilimi ile sınırlandırılmış olur. Bu durumda devrenin akım gerilim karakteristiği şekil 4.15'deki gibi olacaktır (Onaygil ve Güler 2005).

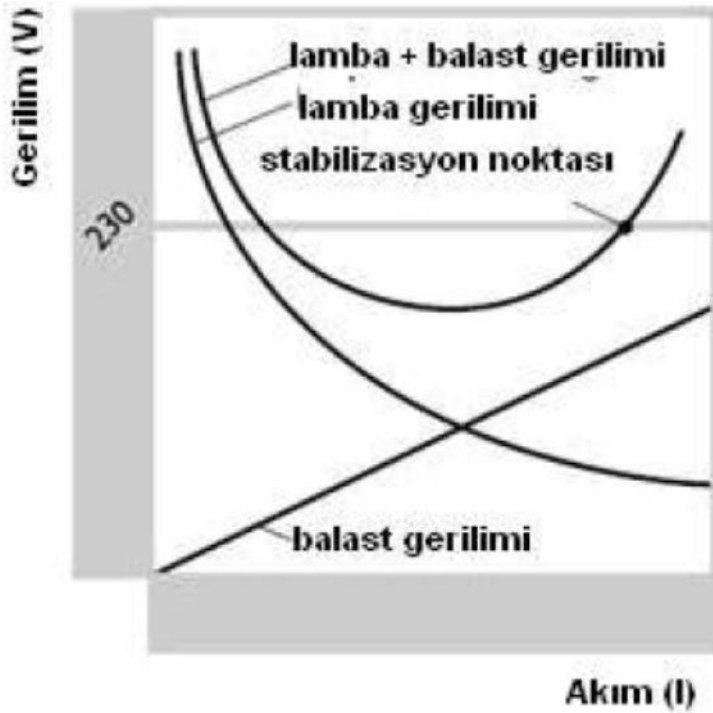
$$I_{\text{lamba}} = I_{\text{balast}}$$

$$I_{\text{balast}} = U_{\text{balast}} / Z_{\text{balast}}$$

$$I_{\text{lamba}} = (U_{\text{şebeke}} - U_{\text{lamba}}) / Z_{\text{balast}}$$

$$U_{\text{balast}} = U_{\text{şebeke}} - U_{\text{lamba}}$$

Şekil 4.15 Balastlı bir devrenin akım/gerilim karakteristiği



Balastların bir diğeri önemli fonksiyonu da lamba gücünü belli sınırlarda tutarak, lamba katotlarında fazla ısınma olmasını önlemek böylece lamba ömrünü uzatmaktır.

Lamba gücü lamba akımı, lamba gerilimi ve lamba faktörü olarak bilinen bir sabitin çarpımına eşittir[10].

$$P_{\text{lamba}} = U_{\text{lamba}} \cdot I_{\text{lamba}} \cdot \alpha_{\text{lamba}}$$

Lamba faktörü α_{lamba} , lambanın sekline, gerilimine ve akımına bağlı olarak değişir. Elektromanyetik balast kullanıldığında yaklaşık olarak 0,8'dir.

Lamba gücü (dolayısıyla ışık akısı) temel olarak lamba akımına bağlıdır. Şebeke geriliminin seviyesi ve balastın empedansı da etkili olmaktadır. Şebeke geriliminin frekansı balast sokunun empedansına etki eder.

$$Z = \omega L$$

$$\omega = 2\pi f$$

Z: empedans

L: endüktans

f: frekans

Balast endüktansı, bakır sargıların sayısı ile çekirdeğin büyüklüğüne ve malzemesine bağlıdır. Dolayısı ile daha yüksek frekanslarda daha küçük balastlar üretmek mümkün olmaktadır. Elektromanyetik balast kullanıldığında 50 Hz şebeke frekansı ile çalışıldığından daha büyük balastlar gerekli olurken, yüksek frekanslı balastlar daha küçük boyutlarda olabilmektedir. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalarla birlikte çalışabilecek balastlar iki grupta toplanmaktadır (Onaygil ve Güler 2005).

4.5.1.1 Reaktör Balastlar

Şok bobinleri deşarj lambaların akımını sınırlamak için sıkça kullanılırlar. Bir kondansatöre oranla daha yüksek kayıpları vardır. Ancak 50 Hz frekansta lamba akımında çok daha az bozulma olur. Ayrıca bir ateşleyici ile birlikte kullanıldığında lamba için gerekli olan gerilim darbesini sağlarlar.

Pratikte, şok balastlar bir demir çekirdek etrafına sarılmış bakır tellerden oluşur. Bu balastların empedansı şebeke gerilimine ve frekansına, lamba tipi ve gerilimine uygun olarak seçilmelidir. Farklı bir deyişle her bir lamba tipinin, farklı şebeke gerilimlerinde çalışmak üzere uygun empedans değerlerini sağlayacak farklı sok bobini bulunmaktadır. Sok bobinleri her tip deşarj lambası ile birlikte kullanılabilir, ancak şebeke gerilimi lamba deşarj geriliminin 2 katı olmalıdır (Onaygil ve Güler 2005).

Üstünlükleri:

- a. Güç kayıpları direnç balastlara göre daha azdır.
- b. Basit bir devredir, balast lambaya seri olarak bağlanmaktadır.

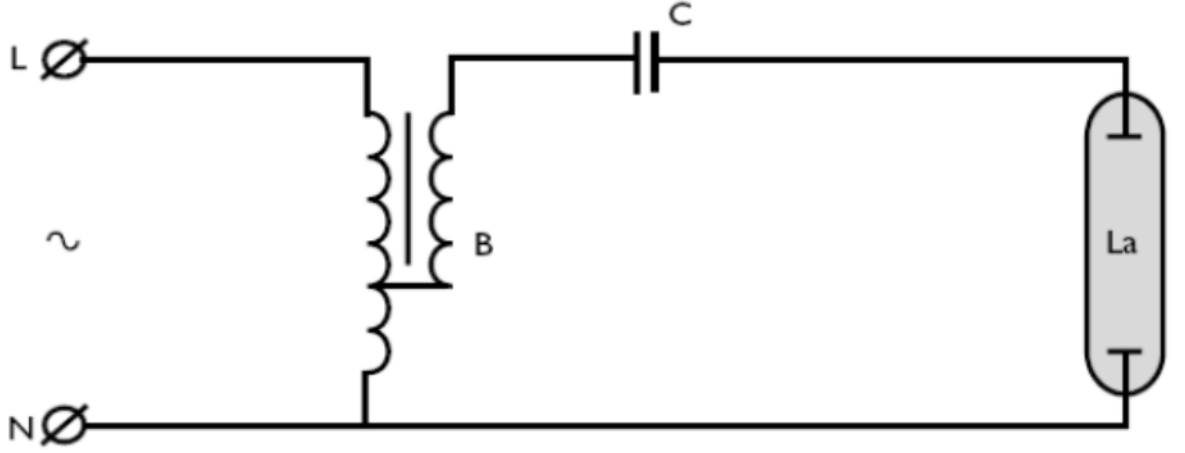
Sakıncaları ise:

- a. Uygulanan gerilime bağlı olarak lamba akımında faz kayması oluşabilir, güç faktörü düzeltilmesi yapmak gerekir.
- b. Ateşleme akımı anma akımının 1,5 katı kadar yüksektir.
- c. Şebeke gerilimindeki dalgalanmalardan etkilenmektedir.

4.5.1.2 Sabit Güçlü Ototransformatör Balastlar (CWA)

Özellikle ABD’de civa buharlı ve yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar ile birlikte sabit güçlü balastlar (constant wattage autotransformer ballasts) kullanılmaktadır. Bu balastlar, lambaya seri bağlı bir ototransformatör ve kondansatörden oluşur. Şekil 4.16’da örnek bir balast devresi görülmektedir. Kondansatör sayesinde besleme gerilimindeki değişimlerden daha az etkilenilir. Kondansatör hem balast görevi görmekte, hem de güç faktörünü düzeltmektedir (Onaygil ve Güler 2005).

Şekil 4.16 Örnek balast devresi



Bu balastların üstünlükleri:

- Şebeke geriliminde yüzde 10'a kadar olan değişimlerden lamba akımı etkilenmez.
- Güç faktörü kabul edilebilir seviyelerdedir.
- Düşük çalışma akımı vardır.

Sakıncaları ise şöyle sıralanabilir:

- Trafo güç kayıpları yüksektir.
- Ototransformatörler büyük, ağır ve pahalıdır.
- Ark gerilimindeki dalgalanmalar gücü etkiler.

4.5.2 Ateşleyiciler

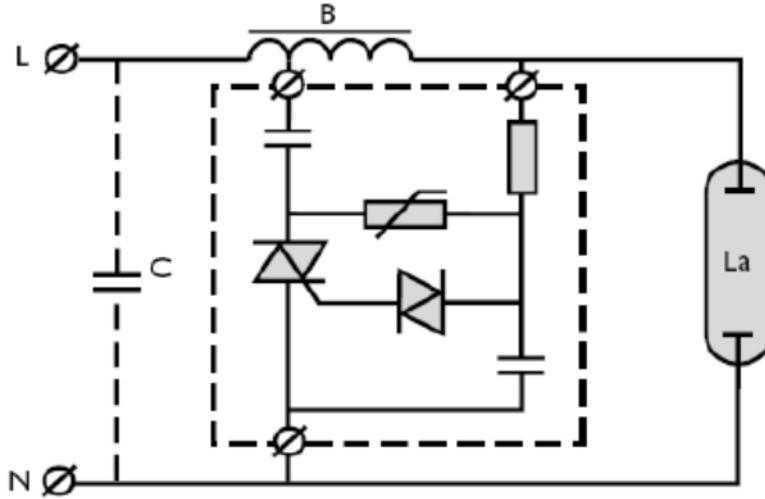
Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaları ateşlemek için iki tip ateşleyici kullanılabilir, birincisi, yarı-paralel darbe tipi ateşleyiciler, ikincisi de yüksek frekanslı darbe ateşleyicilerdir (Onaygil ve Güler 2005).

4.5.2.1 Yarı-paralel Ateşleyiciler

Bu ateşleyicilerde balast gerilim transformatörü olarak çalışarak ateşleme gerilimini üretir. Bu ateşleme yöntemi kullanıldığında, balast bobini yüksek gerilim darbelerine maruz kalacağı için iyi izole edilmiş olmalıdır. Şekil 4.17'de gösterilen bu ateşleyiciler ateşleyici bobini olarak balast bobinini kullandıkları için, toplamda balast ve ateşleyici

sistemi daha ucuza mal olur. Ayrıca ateşleme darbesi daha yüksek enerji içereceğinden güvenilir bir ateşleme yöntemidir (Onaygil ve Güler 2005).

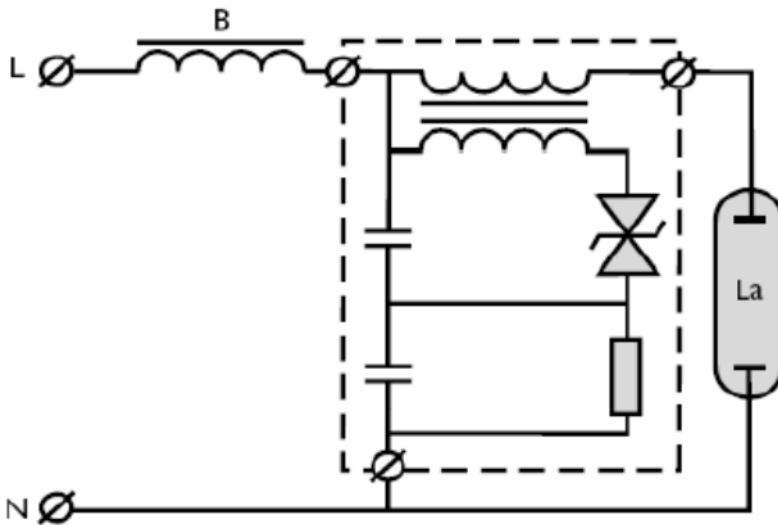
Şekil 4.17 Yarı-paralel ateşleyici



4.5.2.2 Yüksek Frekanslı Darbe (Superimposed Pulse) Ateşleyiciler

Bu cihaz ile lamba gücüne göre 2,5kV ile 4 kV arasında değişen yüksek gerilimde darbe serileri üretilir. Şekil 4.18’de görülen bu sistemlerde ateşleme darbesi ayrı bir transformatör ile üretilir. Balast bobini yüksek gerilime maruz kalmayacağı için daha ucuz olabilmektedir. Ancak sistemin toplamı yarı-paralel sisteme göre daha pahalıdır. Çünkü seri bağlı olan ateşleyici üzerinden sürekli akım akacak ve sürekli kayıp oluşacaktır.

Şekil 4.18 Yüksek frekanslı darbe ateşleyici

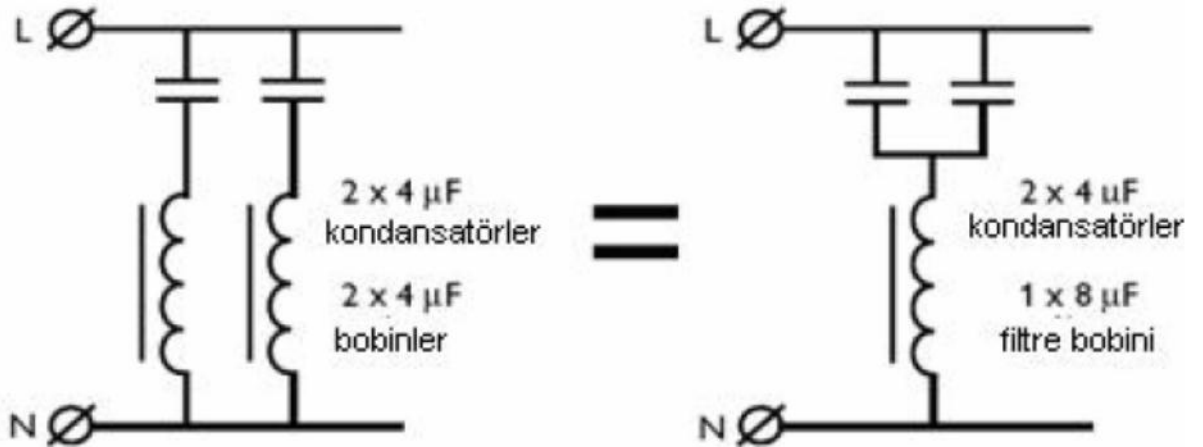


4.5.3 Kompanzasyon Kondansatörü Ve Filtre Bobini

Balast ve ateşleyici dışında yüksek basınçlı deşarj lamba devrelerinde genellikle 0,5 civarında olan güç faktörünü düzeltmek için paralel bağlı bir kompanzasyon kondansatörü, 230V, 50 Hz beslemede faz nötr arasına ya da 380/400 V beslemede iki faz arasına bağlanır. Yarı-paralel ateşleme devrelerinde bu kondansatör ayrıca daha güvenilir ateşleme darbeleri üretilmesini de sağlar.

Bazı ülkelerde yol aydınlatmalarını anahtarlamak, itfaiye ya da polis çağırmak, gece tarifesinde çalışacak olan kWh metreleri çalıştırmak gibi çeşitli amaçlarla şebeke hattı üzerinden yüksek frekanslı kontrol sinyalleri gönderilerek haberleşme yöntemi kullanılmaktadır. Lamba devresinde yer alan paralel kondansatörler bu sinyalleri bozabilmektedir. 110-3000 Hz aralığındaki kontrol sinyallerinin düşük reaktans gösteren kondansatörler üzerinden kısa devre olmaması için kondansatöre seri bağlı filtre bobinleri kullanılması gerekmektedir. Kondansatör ve filtre bobinlerinin farklı bağlantı şekillerine ait örnekler şekil 4.19’de verilmektedir (Özkaya 2004).

Şekil 4.19 Filtre bobinlerini uygun kondansatörler ile gruplama yöntemleri



5. LAMBALAR İÇİN LOŞLAŞTIRMA TEKNİKLERİ

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların loşlaştırılması iki şekilde yapılabilmektedir. Birincisi kademeli loşlaştırma ikincisi ise sürekli loşlaştırma yöntemidir.

5.1 KADEMELİ LOŞLAŞTIRMA TEKNİKLERİ

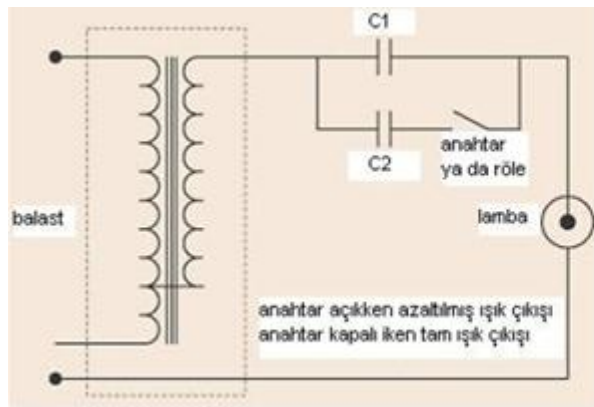
Kademeli loşlaştırma, ışık akısının önceden belirlenmiş seviyeler arasında değiştirilmesidir. Genellikle ışık kaynağı, ya yüzde 100 ya da yüzde 50 ışık akısı sağlayacak şekilde kontrol edilir. İki den fazla kademe oluşturulabilir, ancak belirlenen kademeler arasındaki farklı seviyelerde ayar yapılamaz. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların kademeli olarak loşlaştırılması için uygulanan teknikler aşağıda anlatılmıştır.

5.1.1 Sabit Güçlü Ototransformatör Balastlar ile Kademeli Loşlaştırma

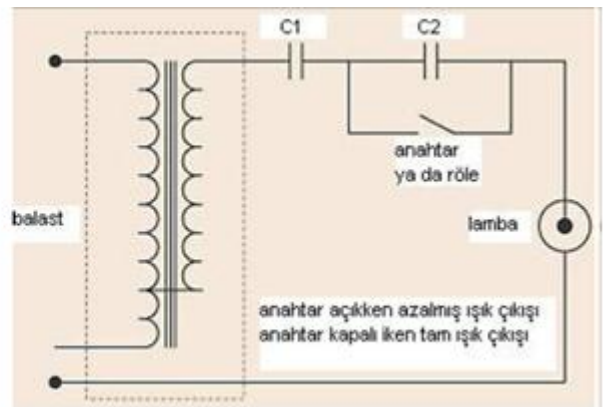
Kademeli loşlaştırma yapmak için sabit güçlü ototransformatörlü (CWA-constant wattage autotransformer) manyetik balast ve kademe sayısına bağlı olarak 1 ya da 2 kondansatörden oluşan devreler kullanılmaktadır. Kondansatörlerin röle ile anahtarlanması sonucunda, sistem empedansı artırılıp lamba akımı ve gücü azaltılır.

Kondansatörlerin paralel (Şekil 5.1) ya da seri (Şekil 5.2) olarak bağlanması mümkün olabilmektedir. Bağlantı şekli kullanılan kontrol sistemine göre belirlenir.

Şekil 5.1 Paralel bağlı kondansatör kullanılan kontrol devresi



Şekil 5.2 Seri bağlı kondansatör bulunan kontrol devresi



Kademeli loşlaştırma sistemleri elle kumandalı anahtarlar, zamanlayıcılar, hareket algılayıcıları ya da fotoseller ile aktif hale getirilebilmektedir.

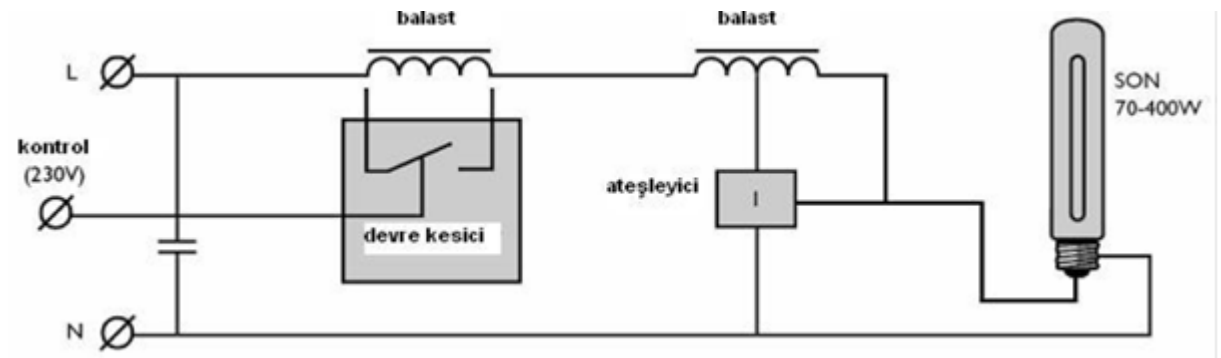
Kapasitif anahtarlama yöntemi sayesinde iki ya da üç farklı seviyede aydınlatma yapılması mümkün olmaktadır. Bu seviyeler yüzde 100 ve yüzde 50 arasında bir ya da iki kademe olarak ayarlanmaktadır.

İki kademeli loşlaştırma enerji tasarrufu ve güvenlik açısından uygun bir yöntemdir. Işık kaynağının tipine ve gücüne göre yüzde 30-60 güce karşılık, yüzde 15-40 ışık akısı elde edilebilmektedir. Loşlaştırma süresine göre bu sayede yüzde 40-70 gibi bir enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

5.1.2 Seri Bağlı İki Manyetik Balast Kullanılarak Kademeli Loşlaştırma

İki balastın seri bağlanarak kullanılması da mümkündür. Şekil 5.3'de görüldüğü gibi, kontrol devresi ikinci balastı devre kesici üzerinden devreye sokar ya da devreden çıkarır, böylece iki farklı aydınlatma kademesi elde etmek mümkün olur. Loşlaştırıcı balast kısa devre edildiğinde sistem yüzde 100 seviyesindedir, loşlaştırma balastı, standart balasta seri bağlı hale getirildiğinde ışık akısı yüzde 50'ye düşer, bu durumda şebekeden çekilen güç nominal değerinin yaklaşık yüzde 65'i olmaktadır (Özkaya 2004).

Şekil 5.3 Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların iki balast ile kademeli olarak loşlaştırılması



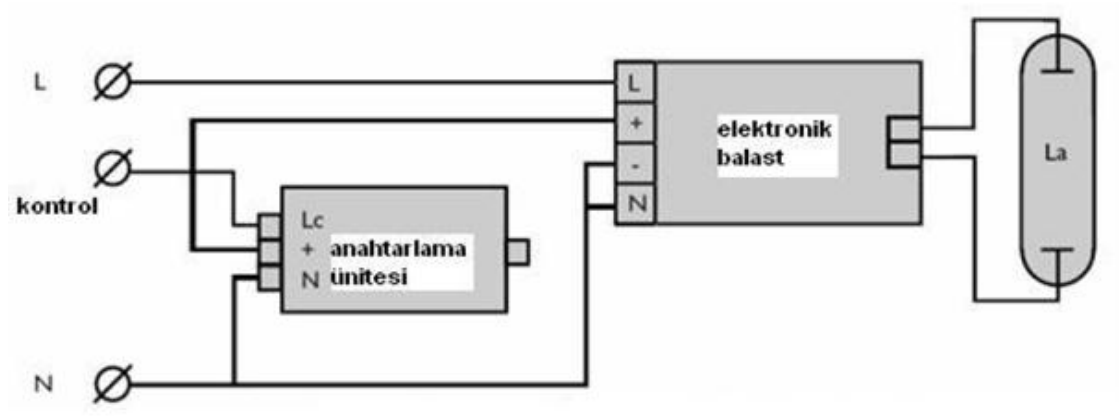
5.1.3 Elektronik Balast İle Kademeli Loşlaştırma

Başka bir bölümde anlatılacak olan elektronik balastlar, sürekli loşlaştırma yapan kontrol cihazlarıdır. Elektronik balastları kontrol etmek için girişine bir DC (doğru akım) kontrol gerilimi uygulamak gerekir. Ancak DC kontrol gerilimi uygulamak mümkün olmayan durumlarda, kontrol için bir anahtarlama ünitesi üzerinden faz gerilimi kullanılabilir. Ancak bu durumda elektronik balast ile sürekli değil sadece yüzde 100 ya da yüzde 50 ışık akısı çıkışı sağlayacak şekilde kademeli olarak loşlaştırma yapılabilmektedir.

Şekil 5.4'de Philips HID-SDU anahtarlama ünitesi ile kontrol edilen elektronik loşlaştırma balastına ait devre görülmektedir.

198-260V faz gerilimi ile loşlaştırma sistemi kontrol edilir ve anahtarlama ünitesi (SDU) tipine göre faz gerilimi varken yüzde 100, yokken yüzde 50 ışık akısı ya da faz gerilimi varken yüzde 50 yokken yüzde 100 ışık akısı sağlanacak şekilde kademeler ayarlanır.

Şekil 5.4 Elektronik balast ve kontrol ünitesi



5.2 SÜREKLİ LOŞLAŞTIRMA TEKNİKLERİ

Lambaların beslendiği şebeke gerilimini, akımını ya da sinüs dalgasının genliğini değiştirerek lamba ışık akısı çıkışı sürekli olarak ayarlanabilmektedir. Lambaların beslendiği elektrik panosuna yerleştirilen bir kontrol ünitesi ile lambalar grup halinde de

loşlaştırılabilir. Kontrol için transformatör, reaktör ya da sinüs dalga modifikasyonu yöntemlerinden biri kullanılabilir.

Bir diğer yöntem olarak, elektronik kontrol balastları ile sürekli loşlaştırma yapılabilmektedir (Özkaya 2004).

5.2.1 Değişken Kademe Transformatörü İle Loşlaştırma

Yükün beslendiği gerilimi düşürerek lambaların ışık akısı azaltılır. Genellikle sabit güçlü balastlar (CWA) ile birlikte kullanılırlar. Anma gücünü yüzde 50'ye kadar azaltabilirler. Transformatörle kontrol edilen devrelerde lambanın beslendiği hat üzerine bir transformatörün sekonder sargısı seri bağlanır, transformatörün primer girişi kontrol edilerek sekonder sargıda istenilen genlik ve fazda bir gerilim elde edilir. Lamba gerilimi şebeke gerilimi ile transformatör sekonder sargısının gerilimlerinin toplamı olacağından lamba gerilimini değiştirmek mümkün olur.

Transformatör ile loşlaştırma yapıldığında çıkış sinyali sinüzoidaldir ve harmonik üretmezler. Bu üstünlüklerine karşın, elektronik rakiplerine göre daha ağır, büyük ve pahalı olmaları gibi sakıncaları da vardır. Rensselaer Politeknik Enstitüsü (Rensselaer Polytechnic Institute) bünyesinde yer alan Aydınlatma Araştırma Merkezi (Lighting Research Center) tarafından yapılan araştırmalara göre, gerilimin azaltılması lamba ve balast performansına etki edebilmektedir (Özkaya 2004).

5.2.2 Değişken Reaktör İle Loşlaştırma

Bu cihaz gerilimi sabit tutarken, akımı azaltmakta ve lamba anma gücünü yüzde 30'a kadar azaltabilmektedir. Reaktör kullanılan kontrol sistemlerinde kullanılan doyma reaktörü (saturable reactor) üç ayrı sarımdan oluşan bir endüktanstır. İlk iki sarım farklı yönlerde sarılmış ve birbirine seri olarak bağlanmıştır. Bu ikisinin arasında yer alan kontrol sarımı bir DC kaynağa bağlanır. DC akım değiştiğinde reaktörün empedansı değişir, buna bağlı olarak reaktöre seri olarak bağlı olan lambanın akımı da değişir.

5.2.3 Sinüs Dalga Modifikasyonu İle Loşlaştırma

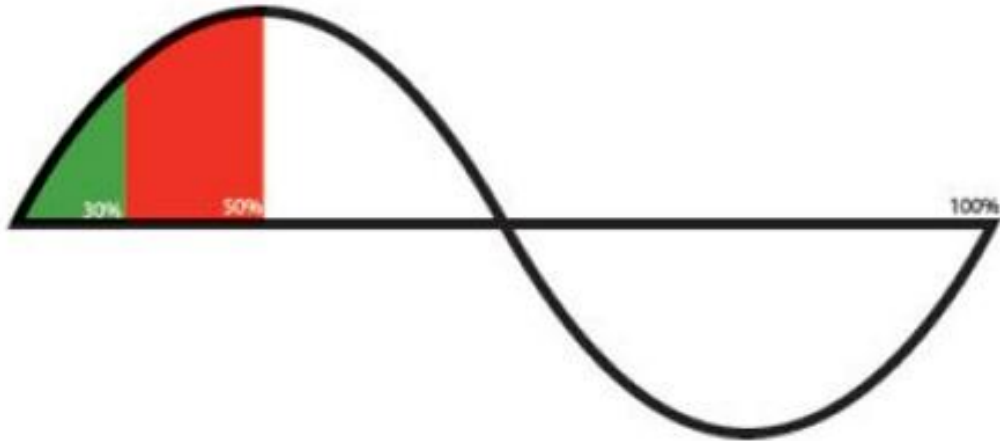
Bu elektronik kontrol sistemleri sinüs dalga şeklinin bir kısmını her bir döngüde iki kez keserek gerilimin etkin (RMS) değerini azaltır ve lamba anma gücünü yüzde 50'sine kadar azaltabilirler. Faz kesme(phase-chopping) yöntemi olarak da adlandırılabilir.

olan bu yöntem, bir anahtarın çok hızlı bir biçimde on-off yapılmasına benzemektedir. Şekil 5.5’de faz kesme yöntemi ile çalışan bir loşlaştırma cihazının çıkış dalga şekli görülmektedir. Siyah çizgi yüzde 100 güçteki dalga şeklini vermektedir.

Kırmızı alan dalga şeklinin nasıl kesildiğini göstermektedir. Bu şekilde ışık akısını azaltmak mümkün olabilmektedir. Ancak lambalarda titreşim, vızılda ve diğer elektronik cihazlar ile etkileşme ortaya çıktığı için, bu yöntem deşarj lambalarının loşlaştırılması için uygun değildir.

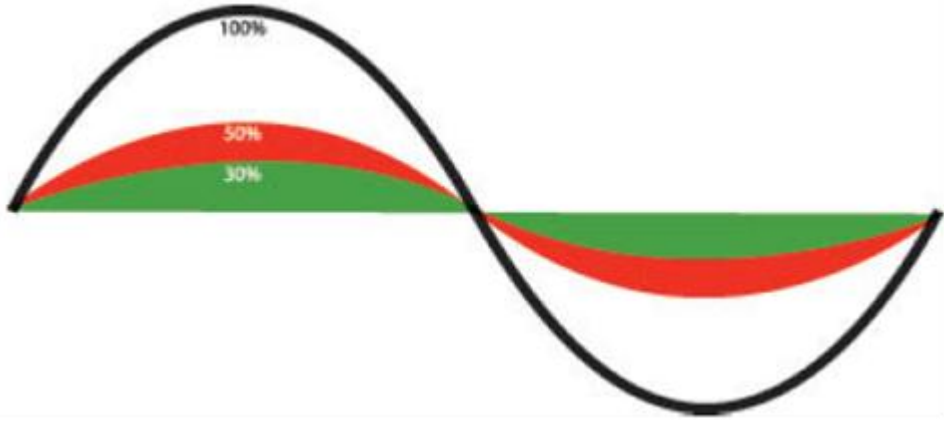
Rensselaer Politeknik Enstitüsü Aydınlatma Araştırma Merkezi’nin yaptığı testlerde güç kalitesini ve lamba, balast performansını da azaltabildikleri görülmüştür (Özkaya 2004).

Şekil 5.5 Faz kesme yönteminde dalga şekli



Daha sonra geliştirilen bir yöntem ile sinüs dalga şeklinin genliğini azaltarak, kaynak ile aynı frekansta sinüs dalga çıkışı sağlanabilmektedir. Şekil 5.6’da bu yöntemle ait dalga şekli görülmektedir. yüzde 100 güç çıkışında dalga şekli siyah hattı, yüzde 50 güç çıkışında kırmızı, yüzde 30 güç çıkışında ise yeşil hattı izlemektedir. Bu şekilde çıkışı her güç seviyesinde sürekli olarak azaltmak mümkün olabilmektedir. Bu yöntemde daha önceki faz kesme yönteminde karşılaşılan sorunlar ortaya çıkmamaktadır.

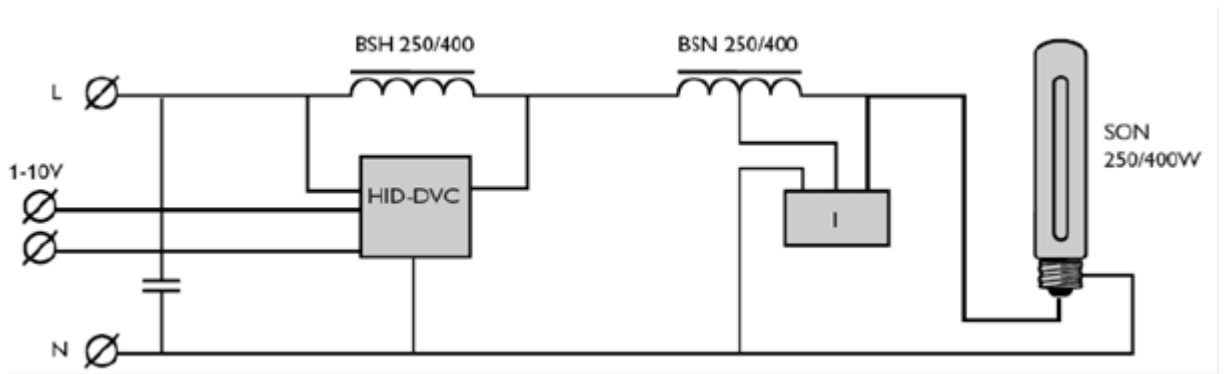
Şekil 5.6 Yeni faz keme yöntemi ile oluşan dalga şekli



Şekil 5.7’de manyetik balast (BSN 250/400), ateşleyici ve yüksek basınçlı sodyum buharlı lambadan (SON 250/400) oluşan devreye, Philips Dynavision elektronik kontrol ünitesi ile kontrol edilen loşlaştırılabilir balast (BSH 250/400) eklenerek hibrit sistem olarak adlandırılan bir balast sistemi gösterilmektedir.

Hibrit sistemlerde lampa ışık akısı yüzde 20 seviyesine azaltılırken, güç yüzde 35’e düşmektedir. 1-10V ya da DALI kontrol sinyali ile çıkış gücü kontrol edilmektedir (Özkaya 2004).

Şekil 5.7 Hibrit elektronik balast sistemi

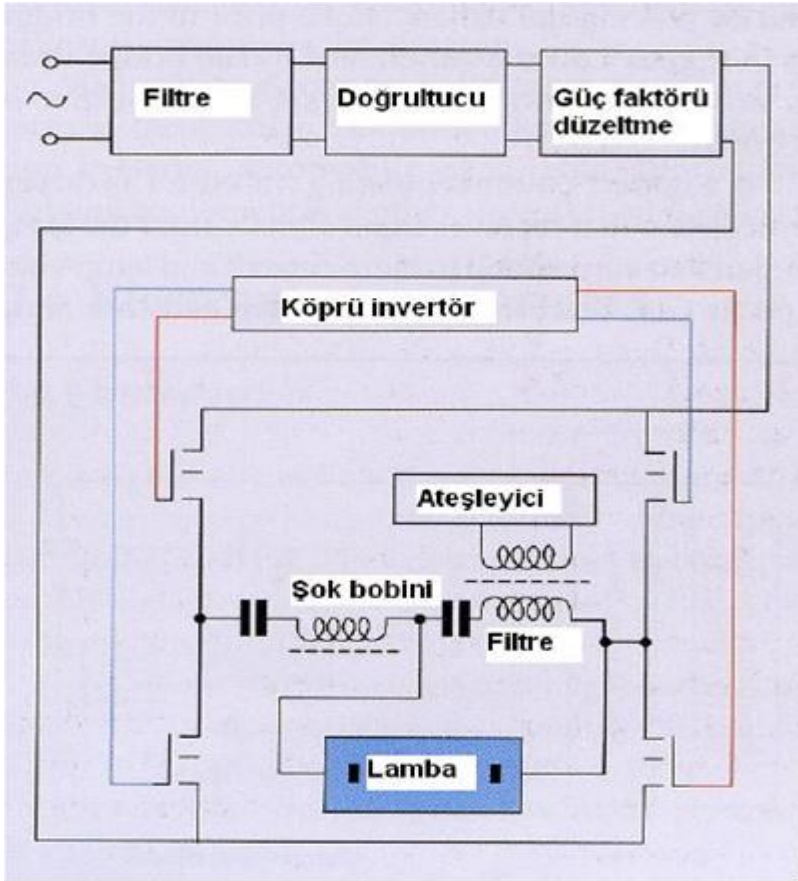


5.2.4 Elektronik Loşlaştırma Balastları İle Loşlaştırma

Şekil 5.8’da temel hatlarıyla bir elektronik balast devresi görülmektedir. Elektronik balastlarda öncelikle şebeke gerilimini doğrultarak DC gerilim elde edilir. Daha sonra köprü invertör ile bu DC gerilimden istenilen frekansta AC gerilim elde edilir. İnvörtörde çok hızlı bir şekilde anahtarlama yapılarak ortalaması istenilen çıkış gerilimini sağlayan yüksek frekanslı kare dalgalar oluşturulur. Yüksek frekanslı anahtarlama nedeniyle elektronik balastların şebekeye gürültü vermesi ve diğer cihazlar üzerinde elektromanyetik etkileşime yol açması girişte kullanılan filtre ile engellenmektedir. Yine yüksek frekanslı bu gerilimin neden olduğu düşük güç faktörünün düzeltilmesi gerekir.

Bir kondansatör DC gerilimin yüke gitmesini önlerken bir bobin yüke giden akımı sınırlar. Elektronik balastlarda ateşleme işlemi de balast tarafından gerçekleştirilmektedir. Bunun için kullanılan yöntemlerden biri bastırma sokunu ateşleme transformatörünün sekonderi olarak kullanmaktır (Özkaya 2004).

Şekil 5.8 Elektronik balast devresi



Elektronik balastların önemli bir üstünlüğü, lamba performansı hat gerilimindeki değişimlerden etkilenmeden lamba gücünü ayarlayabilmeleridir. Ayrıca, elektronik balastlar 50 Hz şebeke frekansını 10-20 kHz'e çıkararak deşarj lambalarında görülen fliker olayını giderirler. Yüksek frekanslarda deşarj sırasında daha fazla gaz iyonize olacağı için lamba etkinlik faktörü de artmaktadır.

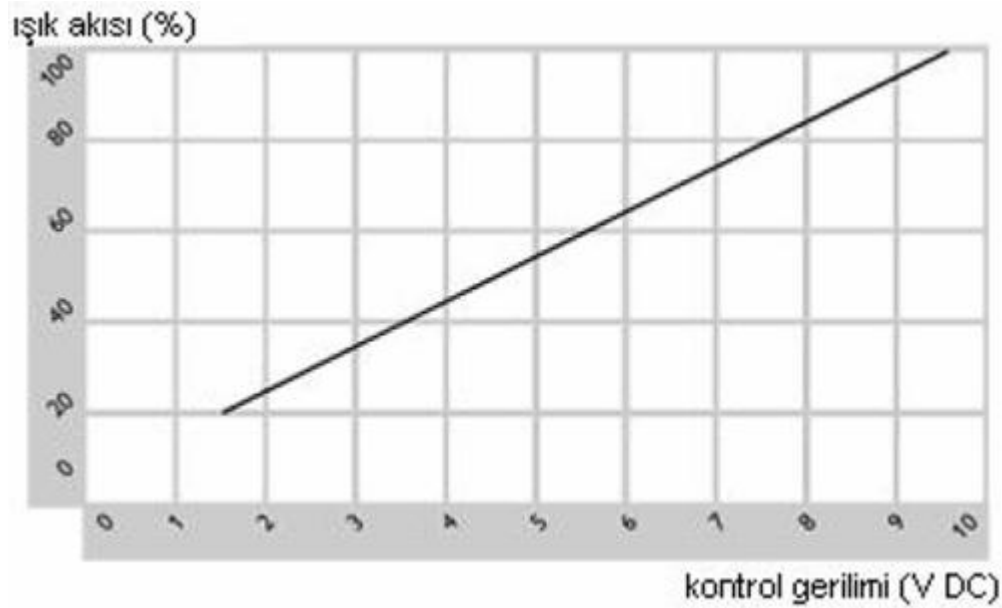
Yüksek basınçlı deşarj lambaları ile birlikte kullanılan tüm elektronik balastlar aşırı sıcaklıkta ya da lamba arızasında devreyi kesecek şekilde tasarlanırlar.

Elektronik balastlar yenileme çalışmalarında maliyet etkin olmayabilirler, ancak yeni tesisatlarda oldukça önemli enerji tasarrufu sağlamaktadırlar.

Philips 70W, 100 W ve 150W yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar için tam elektronik kontrol balastları üretmektedir. Bu balastlarda analog 1-10V ya da DALI kontrol girişi bulunmaktadır. Lamba her zaman yüzde 100 güç ile çalışmaya baslar ve ancak 5 dakika sonra loşlaştırma yapılabilir. Işık akısı yüzde 100-20 arasında ayarlanabilmektedir, buna karşılık lamba giriş gücü yüzde 100-35 arasında değişir.

Şekil 5.9'da, Philips elektronik balast için ışık akısının kontrol gerilimi ile lineer olarak değiştiği görülmektedir (Özkaya 2004).

Şekil 5.9 Philips marka elektronik balastta kontrol gerilimine bağlı olarak ışık akısındaki değişim

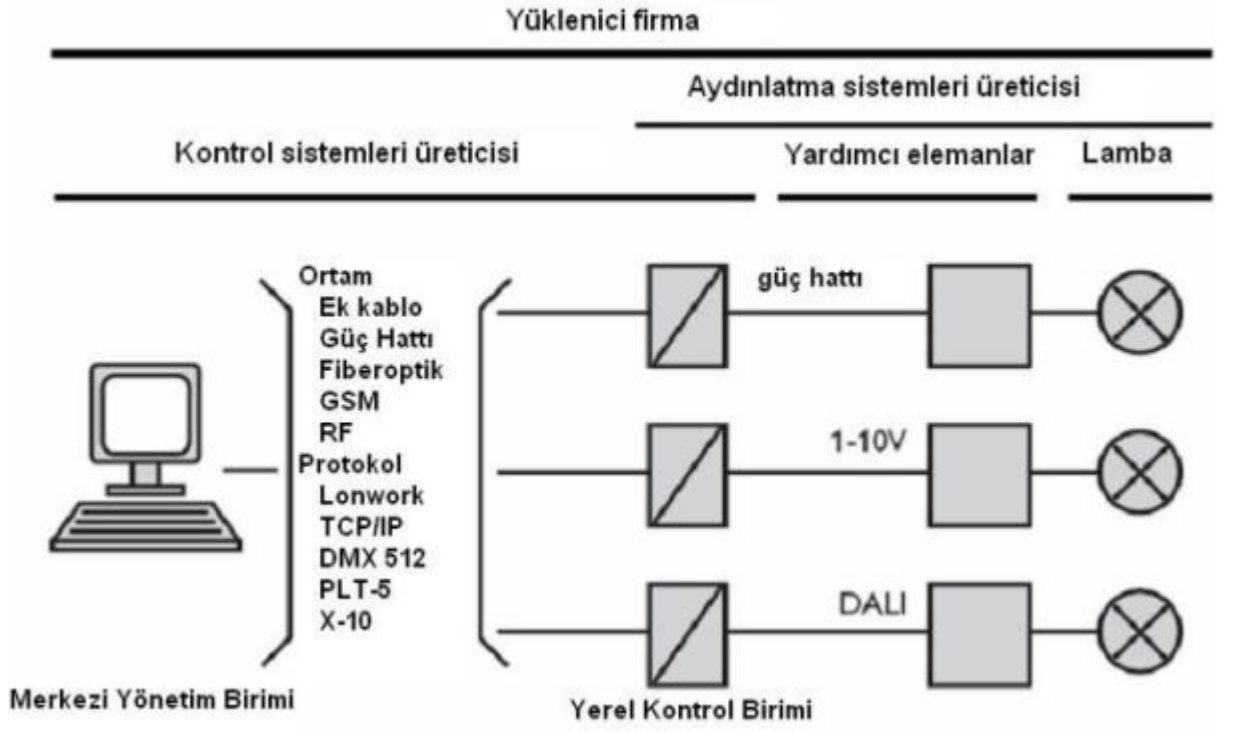


5.3 UZAKTAN KONTROL SİSTEMLERİ

Loşlaştırılabilen yol aydınlatması sistemleri, genel olarak aydınlatma yapılacak bölgede yer alan lamba, balast ve loşlaştırma cihazları, farklı aydınlatma bölgelerinde yerleştirilen kontrol üniteleri ve bu bölgesel kontrolleri yöneten ve izleyebilen merkezi yönetim sistemlerinden oluşmaktadır. Kontrol ünitelerinden gelen sinyaller ile lamba ışık akılarının ayarlanması, arıza durumu ve lamba ömrü gibi saha bilgilerinin merkezi yönetim birimi tarafından izlenebiliyor olması gibi pek çok işlevi gerçekleştirmek üzere tüm bu birbirinden bağımsız cihazların uygun yöntemler kullanarak birbiri ile haberleşiyor olması gerekmektedir.

Şekil 5.10'de örnek bir yol aydınlatma sisteminin kontrolü için kullanılacak haberleşme yöntemleri yer almaktadır (Özkaya 2004).

Şekil 5.10 Haberleşme yöntemleri



5.3.1 Yerel Kontrol Birimi İle Loşlaştırma Cihazı Arasındaki Haberleşme

Yerel kontrol birimi ile ışık kaynaklarının loşlaştırılmasında kullanılan yardımcı elemanlar arasındaki haberleşme yöntemine göre sistemin özellikleri değişmektedir.

Tablo 5.1’de farklı haberleşme yöntemlerine ait bir karşılaştırma tablosu bulunmaktadır.

Tablo 5.1 Yol aydınlatmasında kullanılan haberleşme yöntemlerinin karşılaştırılması

	Kontrol sisteminin basitliği	Loşlaştırma	Lamba arızası geri bildirme	Sistem raporlama	Esneklik
Güç hattı	++	İki kademe	Yok	Yok	-
1-10V	+	Sürekli	Yok	Yok	-
DALI	+/-	Sürekli	Var	Tam	++

5.3.1.1 Güç Hattı Üzerinden Veri Tasıma

Kontrol sinyallerinin güç hattı üzerinden taşınması konusundaki en eski yöntem dalga kontrolüdür (ripple control). Özellikle Avrupa’da yol aydınlatmalarının anahtarlanması ve tarife değişikliklerine göre ölçüm cihazlarının kontrol edilebilmesi için mevcut şebeke hattı üzerinden veri taşıma yöntemi kullanılmaktadır.

Dalga kontrolünün üstünlüğü, ek bir hat çekilmesine gerek duyulmaması ve besleme ağının geniş bölgelerinde uygulanabilir olmasıdır. Çalışma prensibi şebeke hattı üzerine bir ses frekansı (AF) bindirmektir. Sinyalin şebeke ağı üzerine eklenmesi için frekans birkaç yüz Hertz mertebesinde olmalıdır.

Düşük-frekans (100-200 kHz) taşıyıcı sistemler yüksek gerilim iletim hatları üzerinden bir ya da iki analog ses sinyalini ya da saniyede birkaç yüz bit hızında kontrol sinyalini kilometrelerce uzağa taşıyabilmektedir. Saniyede milyonlarca bit gibi daha yüksek

hızlarda veri taşınabildiği gibi, daha kısa mesafelerde örneğin bir binanın sadece bir katında da veri taşımak mümkün olmaktadır.

Yol aydınlatması kontrolü için kullanılan güç hattı haberleşme yöntemi düşük hızda dar-bantlı haberleşme yöntemidir. 10-20 kV orta gerilim ya da 240/415 V alçak gerilim hatları üzerinden 15-500 kHz aralığında veri taşınabilmektedir.

Veri bitlerini oluşturmak için kısa süreli ses frekans sinyalleri kullanılır. Çok çeşitli standartlar olmakla birlikte en çok bilinenler SEMAGYR (Siemens ölçüm bölümü olan Landis & Gyr orijinli) ve Pulsadis'tir (Électricité de France).

Örneğin Pulsadis, 175 Hz taşıyıcı kullanır. Genlik nominal şebeke geriliminin yüzde 1'i yani 230V için 2,3 V'tur. 1 saniyelik bir sinyalin ardından 2,75 saniye boşluk veri serisinin başlangıcını belirtir. Alıcı başlangıç sinyalini alır. Veri serisi her biri 2,5 saniye süren 40 bitten oluşur. 2,5 saniyelik sürenin ilk 1 saniyesi boyunca 175 Hz sinyal varsa veri 1, yoksa veri 0 anlamına gelir. Veriler arasında 1,5 saniyelik boşluklar bulunmaktadır. Veriler farklı operatörler tarafından farklı anlamlandırılabilir. Fransa'da EDF Pulsadis tarife yönetimi için kullanılmakta ve sadece 5 numaralı bit "uyanma", 5 ve 15 numaralı bitler birlikte "maksimum talebin başlangıcı", sadece 15 numaralı bit ise "maksimum talebin sonu" anlamına gelmektedir (Özkaya 2004).

Dalga kontrolü yaygın olarak kullanılmakla birlikte bazı sakıncaları da bulunmaktadır. Özellikle birçok şebeke bir araya toplandıysa, çalışması için önemli bir yük oluşturacak güce ihtiyaç olur. Dalga sinyalinin kendisinden kaynaklanan bazı dezavantajlar da olabilmektedir. Faz kontrollü tristör loşlaştırıcılar kullanıldığında, bazı durumlarda dalga sinyali şebeke sinyalinin sinüs dalgasının sıfır geçişlerine etki ederek, fliker olayına neden olabilmektedir. Bu durumla baş edebilmek için filtre devreleri kullanılmaktadır. Elektromanyetik balast kullanılan flüoresan yüklerin de istenmeyen flikere neden oldukları çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir.

Güç hattı üzerinden haberleşme yol aydınlatmalarında lamba ile anahtarlama kabini arasındaki haberleşmede kullanılmaktadır.

5.3.1.2 1-10V Analog Kontrol

Loşlaştırma cihazının girişine 1 ile 10 V arasında değişen doğru gerilim uygulanır. Girişe 10V gerilim geldiğinde, loşlaştırma cihazının çıkış gerilimi maksimum olacak şekilde ayarlanır. Aradaki gerilim seviyelerinde çıkış sinyali lineer olarak değişir.

Örneğin 6V kontrol sinyali girişi yüzde 60 çıkışa karşılık gelmektedir. Burada çıkış ifadesi gerilim ya da ışık akısı miktarı olabilir. Bir tek kontrol cihazı ile birden fazla balast aynı anda kontrol etmek mümkündür.

Gerilim ya da ölçülebilen diğer bir parametreyi değiştirerek kontrol yapan uzaktan kumandalı loşlaştırma sistemleri için kullanılacak en basit yöntemlerden biridir. Yüksek basınçlı deşarj lambaları bu yöntem ile yüzde 50 seviyesine kadar loşlaştırılabilmektedir.

Kontrol gerilimi olarak 10V seçilmesinin nedenleri şöyle sıralanabilir:

- Güvenli olacak kadar düşük, gürültü problemlerinden etkilenmeyecek kadar yüksek bir gerilimdir.
- Çıkış miktarının yüzdesi belli bir gerilim seviyesine karşılık gelecek şekilde ayarlandığında ifade kolaylığı sağlar (örneğin 5V= yüzde 50 çıkış).
- Birlikte kullanılan elektronik bileşenlerle uyumludur.

5.3.1.3 Dijital Adreslenebilir Aydınlatma Arayüzü (DALI)

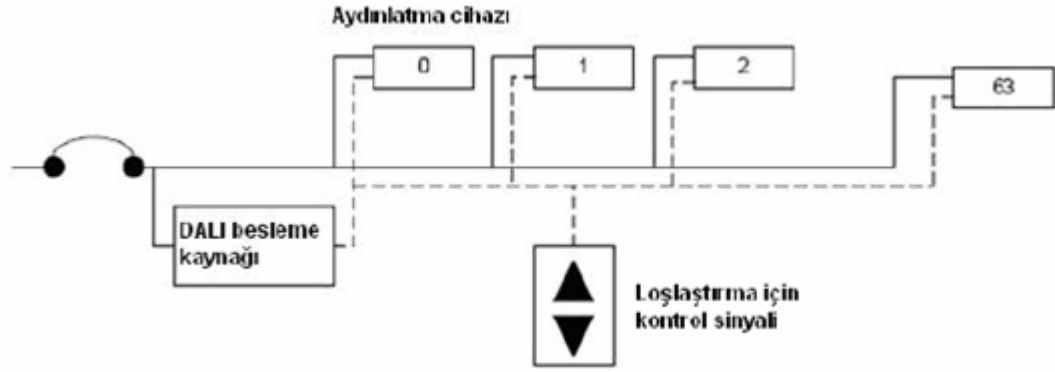
“Digital Addressable Lighting Interface”(dijital adreslenebilir aydınlatma arayüzü) ifadesinin ilk harflerinden oluşan DALI protokolü, Avrupa’daki balast üreticilerinin dijital balast kontrolünün standartlaştırılmasına ihtiyaç duymaları üzerine geliştirilmiştir. Osram, Philips ve Helvar 1999 yılında bu konsepti geliştirmişler, daha sonra diğer üreticiler de bu gruba katılmışlardır.

Çift yönlü olarak haberleşme yapılabilen sistemlerde yerel kontrol birimi ile loşlaştırma cihazı arasındaki iki adet veri kablosu bir halka olarak isimlendirilir.

Şekil 5.11’de DALI haberleşme halkası görülmektedir. Bir halka üzerinden 64 adet cihaz kontrol edilebilmektedir. Halka iletkeninin enerjisi dijital sinyal oluşturacak

şekilde kesilir ya da bırakılır. Halka üzerindeki 64 adet loşlaştırma cihazına ayrı bir kontrol sinyali gönderilerek 254 kademedede loşlaştırma yapılabilir. Sistem üzerinden; 19 bit gidiş, 11 bitten oluşan dönüş mesajları iletebilir (Özkaya 2004).

Şekil 5.11 Standart DALI haberleşme halkası ve loşlaştırma sinyali



Bu protokoller dışında farklı üreticilerin geliştirdiği özel protokoller de bulunmaktadır. Ancak bunlar yalnızca o üreticinin ürünü ile birlikte kullanılabilir ve kullanım esnekliği sağlamadıkları için tercih edilmemektedirler (Özkaya 2004).

6. DÜNYADAN UYGULAMALAR VE ÖRNEK KONTROL

UYGULAMASI

Aydınlatma; şehirlerin en önemli aksesuarı, yolların güvenliğini sağlayan kamuya açık yerlerin ve parkların güzelliğini ön plana çıkaran ve evlerimizde, iş yerlerimizde ve şehir merkezlerinde güvenliği sağlayan aksesuarı. Genellikle uygulamalarında yüksek bedeller ödediğimiz ve daha fazlasını enerji harcamalarına ve bakım masraflarına harcadığımız bir aksesuarı.

Birçok lamba üreticisi bu masrafların düşürülmesi için bir çalışma yapmamasına rağmen enerji maliyeti her geçen gün artmaktadır. Devamlılığını sağlamak zorunda olduğumuzdan ötürü bu masraflar zaman içinde gereklilikten çok bir zorunluluk ve şehir bütçesine yük olmaya başlamaktadır.

Bu sorun sadece ülkemizde değil dünyanın bütün ülkelerinde ortak bir problemdir ve her ülke bu sorunla ilgili çözümler üretmektedir. Bir şehrin elektrik harcamalarının yaklaşık olarak yüzde 40'ını dış aydınlatmanın oluşturduğunu düşünecek olursak bu konudaki tasarruf çözümlerinin ne denli önemli olduğunu görebiliriz.

Tablo 6.1 Bazı Ülkelerin Son 5 yılının elektrik fiyat artışları ve en yüksek elektrik fiyatları

SIRA	ÜLKE	KWh BAŞINA MAKSİMUM ELEKTRİK FİYATI (\$)	SON 5 YILIN ELEKTRİK FİYAT ARTIŞI
1	Danimarka	0,143	39%
2	İtalya	0,142	14,90%
3	Birleşik Krallık	0,118	41,40%
4	Hollanda	0,118	27,40%

5	Fransa (serbest Market)	0,113	48%
6	Belçika	0,112	14%
7	Almanya	0,11	7,50%
8	İspanya	0,099	15,50%
9	Amerika Birleşik Devletleri	0,094	10,90%
10	Finlandiya	0,086	42%
11	İsveç	0,074	39,10%
12	Fransa	0,068	0%
13	Kanada	0,063	5,50%
14	Avustralya	0,057	2,80%
15	Güney Amerika	0,043	2,30%

Sokak lambası ağı işletmenin maliyeti

Belli başlı elektrik maliyetinin yanında, sokak aydınlatması ağı işletmek başka harcamalar da gerektirir:

- i. Yeni alanları donatmak için ve başarısız olanları yenisiyle değiştirmek için yeni lambalar alma
- ii. Aydınlatmayı daha efektif yapmak için armatürlerin temizlenmesi
- iii. Lamba etkinliklerinin azalmasını belirlemek ve onları yerinde onarmak için aydınlatma bakım ekibini ve servis değiş tokuşunu yönetme

Sokak lambası ağı işletme maliyetini birçok anahtar faktör arttırmaktadır:

- i. Genel olarak, Avrupa ve Kuzey Amerika’da sokak lambaları eski ve kötü durumdadır. Aydınlatma Mühendisleri Enstitüsü (ILE), Aydınlatma Direği Üreticileri Derneği (LCMA), Sokak Aydınlatma Elektrik Mühendisleri Derneği (ASLEC) tarafından yapılan bir 1998 U.K araştırması İngiltere’deki yaklaşık 800.000 aydınlatma direğinin tahmini toplam £500 milyon maliyetle acilen yenisiyle değiştirilmesi gerektiğini buldu. Araştırma ayrıca 2008 den önce ilave 3 milyon sokak lambasının 25 yıllık tasarım ömürlerini aşmış olacağını ve yenileriyle değiştirilmesi gerektiğini buldu. Örneğin İngiltere de Redcar ve Cleveland kasabalarında sokak aydınlatma direklerinin £46 milyon pounda (kaynak: BBC – Temmuz 2007) değiştirilmesi gerekecektir.
- ii. Ortalama lamba ömrü 12.000 saat ya da 3,5 yıldır. Bu nedenle, bozuk lambaları belirlemek, bir lambanın ömrünün sonunu tahmin etme ve lamba değiştirme, sokak lambası işletme bütçesinin önemli bir bölümünü oluşturur. Örneğin her 6 vatandaşın 1 sokak lambası kullandığı -ki bu 16,700 sokak lambasına dönüşür- bir şehir sadece yeni lambalar almaya yıllık yaklaşık olarak £100.000 harcarLambaları yenileriyle değiştirmek ve sokak lambası ağındaki diğer sorunları belirlemek ve onarmak insan gücü ve araç gerektirir. Ülkeye ve anlaşmalı tarafa bağlı olarak, ortalama onarım maliyeti 1 saatlik yerinde işlem için £250 olarak tahmin edilir. Lamba bozukluklarını belirlemek için yapılan gece devriyelerinin bütçesi verilen çok düşük seviyedeki servisle kıyaslandığında yüksektir.
- iii. Dünya çapında elektrik fiyatları son 5 yılda şiddetle arttı. Analistler gelecek 10 yıl için devam eden bir artış tahmin etmektedirler. Sokak lambası işletme ağı bir şehrin elektrik harcamasını yaklaşık yüzde 40 nı gösteren bir şehrin birincil elektrik tüketimidir.(2000’de Fransa’da yüzde 38-kaynak ADEME)100.000 kişilik bir şehri aydınlatma için yıllık elektrik maliyeti çoğu ülkede £900.000 den daha fazladır. Sokak lambalarının sayısı, lambanın gücü, ve balastı (ortalama 40 watt) lambanın yandığı süredeki saat sayısı (yıllık ortalama4.000 saat) hepsi toplam maliyete katkıda bulunur.

Pahalı olmasının yanı sıra sokak aydınlatmaları hava kirliliğine de sebep olmaktadır. Bu aydınlatmalar havaya CO2 ve nükleer toz salmaktadır. Aşağıdaki tabloda bazı ülkelerin elektrik harcamaları ve buna bağlı olarak oluşan CO2 salınımları görülmektedir.

Tablo 6.2 Ülkelerin elektrik harcamaları ve CO2 emisyonları

Ülke	Tahmini Sokak Aydınlatma Sayısı	Yıllık Tahmini KWh	Yol Aydınlatmalarının Tahmini Maliyeti	Yol Aydınlatmalarının Tahmini CO2 Emisyonu
Amerika Birleşik Devletleri	>68 milyon	> 300 milyar	> \$ 18 milyar	> 150 milyon
Avrupa Birliği	>90 milyon	> 450 milyar	> \$ 45,5 milyar	> 180 milyon
Birleşik Krallık	7,5 milyon	> 4 milyar	> \$ 650 milyon	> 1,9 milyon
Fransa	8,6 milyon	5,3 milyar	\$ 520 milyon	583000
Los Angeles (A.B.D)	220000	> 100 milyon	> \$ 17 milyon	> 60000
Paris(Fransa)	170000	> 80 milyon	> \$ 10,2 milyon	> 9000

Enerjinin bu maliyeti ve çevre kirliliği ülkeleri enerjiyi daha efektif ve güvenli kullanma yoluna yöneltmiştir. Elektrik fiyatlarındaki artış bile sadece tek başına aydınlatma sistemlerinin kurulmasındaki maliyeti tek başına oldukça yükseltmektedir. Bunun önüne geçebilmek için aydınlatma yapılacak bölgenin iyi analizi kullanılacak malzemelerin doğru seçimi harcanacak enerjinin hesaplanarak efektif kullanılması için cihazlar kullanılması gerekmektedir.

Dış aydınlatmayla ilgilenen firmalar enerjiyi efektif kullanmak için iki teknoloji üzerinde durmaktadır. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar ve elektronik balastlar.

Bu çözümlerin yeterli olmadığı durumlarda şehirler CO2 değerini düşürebilmek, harcanan enerji miktarını azaltmak ve hatta bakım masraflarından tasarruf edebilmek için başka teknolojiler üzerinde durmaktadır.

Aşağıdaki tabloda firmaların örnek aydınlatma sistemlerinde çözüm olarak önerdiği cihazların özellikleri, avantajları ve dezavantajlarıyla karşılaştırılmıştır.

Tablo 6.3 Enerji tasarrufu çözümleri karşılaştırmalı analizi

	Güç Hattı Üzerinden Bağlantılı, Açık Protokollü Elektronik Dimlenebilir Balast	Özel Bağlantı Protokolü Kullanan Elektronik Dimlenebilir Balast	Güç veya Voltaj Kontrollü Panoya Monte Edilen (Panodan Dimlenen)	Mevcut Balast Üzerinden Kontrollü Özel Protokollü	Besleme Panosundan Hata Belirleyen
Enerji tasarrufu	%45 den fazla	%40 dan fazla	%20 den fazla	yok	yok
dimlenebilirlik	var	var	var	bazen	yok
dimlemeyle maddi tasarruf	> %30 HPS ve HID lambalarda	> %30 HPS ve HID lambalarda	20%	%0-20	0%
balast tasarrufu	> %10	> %10	0%	0%	0%
takvim ve astronomik saat	standart özellik	genelde opsiyonel	genelde opsiyonel	genelde opsiyonel	opsiyonel
enerji ve CO2 kazanımı	var	yok	yok	yok	yok

artan servis ve bakım maliyeti	9/10	5/10	2/10	6/10	4/10
hassas işlem uyumluluğu	evet	hayır	evet	hayır	evet
hata tipleri	10 dan fazla	3 den fazla	genelde hiç	5 den fazla	3 den fazla
lamba ömrü uzatımı	%25 den fazla	%25 den fazla	yok	yok	yok
pano hataları belirlenme	var	her durumda yok	çok nadir	var	var
web portalı/ cep telefonu üzerinden alarm verme	var; toplu şekilde genel alarm	sadece cep telefonu	sadece cep telefonu	sadece cep telefonu	sadece cep telefonu
web portalı üzerinden data toplama ve sunma	var	yok	yok	yok	yok
uzaktan kontrol ve komut özelliği	var	her durumda yok	her durumda yok	var	yok
herhangi bir cihaza data kaydetme	var	yok	yok	yok	opsiyonel, panoya bağlanacak aparata bağlı

kurulum için gereken özellik	elektrik bağlantısı	ağ entegreli	elektrik bağlantısı	ağ entegreli	elektrik bağlantısı
yatırım getirisi	9/10	5/10	2/10	6/10	4/10
maksimum toplam maliyet (sokak aydınlatması başına düşen)	€ 290	€ 250	€ 110	€ 180	€ 40
tahmini yatırım getirisi	< 7 yıl	< 9 yıl	< 6 yıl	< 9 yıl	< 5 yıl
yıllık tasarruf (sokak aydınlatması başına)	> € 40	< € 30	< € 18	< € 20	< € 8
işlevsellik leveli	10	5	4	4	1

6.1 DÜNYADA ENERJİ TASARRUF CİHAZI ÖRNEKLERİ

6.1.1 TİP 1 Enerji Sistemi

Londra'daki Luton havaalanına 18 Haziran 2009 tarihinde belirlenen alanlardaki aydınlatma enerji tüketimini azaltmak amacıyla kurulmuştur.

Şekil 6.1 TİP 1 enerji sistemi ana panosu



Sistemin kurulum maliyeti £5375,00 olup yıllık tasarruf beklentisi £1990,00 dur. Yatırımın iç getiri oranı da (ROI) yüzde 37 olur. Bu rakamlara göre sistemin amortisman süresi de 32 aydır.

Amortisman süresinin sonunda da sistem aylık £166,00 getiri sağlamaktadır.

Sistem tasarrufunun elektrik faturasına yansımaları yüzde 36 ile 34,750.00 kW's ve bu değerlerin nakit karşılığı da £1915,00 olur.

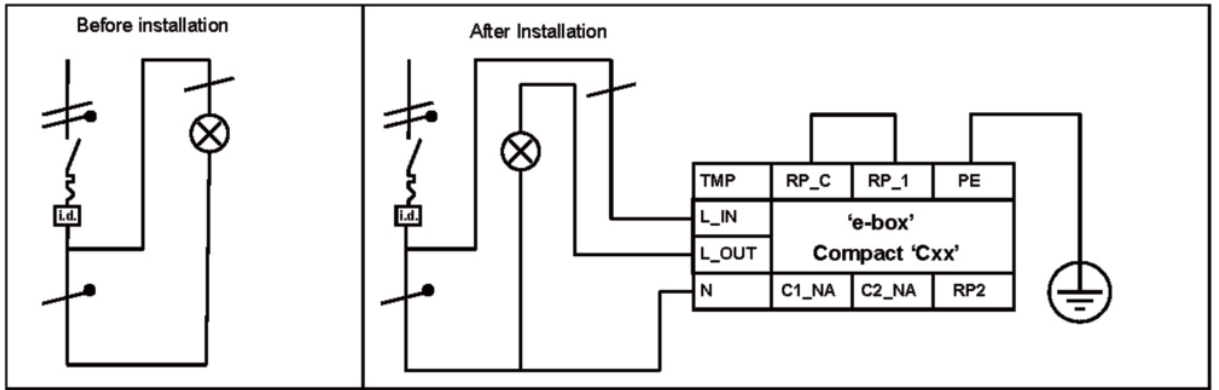
Yapılan tasarruf sonucu sistem yıllık 17,375 kg CO₂ salınımını azaltmaktadır. Bu değerlerin metrik ton olarak petrol eşdeğeri de 7.6' dır.

Sistemin kurulduğu alanın günlük cari harcaması £5319,78'dur. Sistem kurulduktan sonra bu değer £3329.66 düşmektedir. Bu da yaklaşık olarak yüzde 37.41 tasarruf demektir.

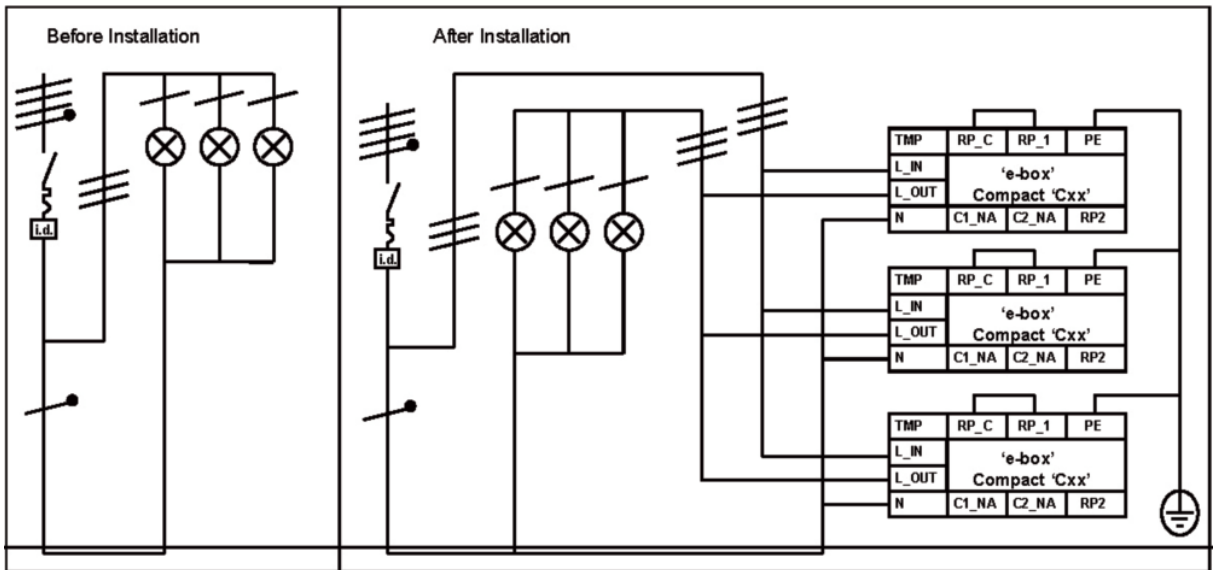
24 Haziran Çarşamba günü e-box baypas modunda 21 gün çalıştırılmasıyla yapılan enerji harcaması ölçüldüğünde 4615 kW's olduğu görülmektedir. 16 Temmuz Perşembe günü de yine 21 gün e-box sistemi çalışır şekilde tekrar enerji okunduğunda bu değer 2964kW's olduğu görülmüştür. Buradan TİP 1 sisteminin 21 günde yaptığı tasarrufun 1651kW's olduğu görülmektedir.

$$(1651/4615) \times 100 = 36\% \text{ Tasarruf}$$

Şekil 6.2 Tek fazlı sistemin elektrik devresi



Şekil 6.3 Üç fazlı sistemin elektrik devresi



6.1.2 TİP 2 Enerji Sistemi

San Biagio Platani (San Biaggiu Plàtini) Agrigenton'un yaklaşık 20 km kuzeyi ve Palermo'nun 70 km güneyinde bulunan Sicilya'nın İtalyan bölgesindeki Agrigento ilinde bir belediyedir.

Şekil 6.4 Sistem kurulmadan önce



Şekil 6.5 Sistem kurulduktan sonra



San Biagio Platani bölgesinde farklı yollarda sistem kurulup gerekli ölçümler yapıldıktan sonra sistemin tasarruf oranı aşağıdaki gibi oluşmuştur.

Palmento Yolu

Sistem civa buharlı ve yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalarda kullanılmıştır.

Sistemin bypass modunda harcadığı anlık güç 6,70 kW

1. Seviyede tasarruf durumunda ölçülen anlık güç 5,26 kW verim yüzde 21,5
2. Seviyede tasarruf durumunda ölçülen anlık güç 4,85 kW verim yüzde 27,5
3. Seviye tasarruf durumunda ölçülen anlık güç 4,28 kW verim yüzde 36,0

Petrulla yolu

Sistem civa buharlı ve yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalarda kullanılmıştır.

Sistemin bypass modunda harcadığı anlık güç 10,2 kW

1. Seviyede tasarruf durumunda ölçülen anlık güç 7,7 kW verim yüzde 24,5
2. Seviyede tasarruf durumunda ölçülen anlık güç 7,3 kW verim yüzde 28,4

Messina Meydanı

Sistem civa buharlı ve yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalarda kullanılmıştır.

Sistemin bypass modunda harcadığı anlık güç 22,5 kW

2. Seviyede tasarruf durumunda ölçülen anlık güç 17,5 kW verim yüzde 22,2
3. Seviyede tasarruf durumunda ölçülen anlık güç 16,3 kW verim yüzde 27,5
4. Seviye tasarruf durumunda ölçülen anlık güç 15,5 kW verim yüzde 31,1

Giordano Bruno yolu

Sistem civa buharlı ve yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalarda kullanılmıştır.

Sistemin bypass modunda harcadığı anlık güç 25,0 kW

1. Seviyede tasarruf durumunda ölçülen anlık güç 19,0 kW verim yüzde 24,0
2. Seviyede tasarruf durumunda ölçülen anlık güç 16,6 kW verim yüzde 33,6

Bütün bu yollarda sistemin kurulması durumunda oluşan toplam tasarruf durumuna bakacak olursak;

TİP 2 enerji tasarruf sistemlerinin kurulumu ve kontrollerinden daha öte, San Biagio Platani (AG) belediyesi aşağıdaki rakamlarda enerji tasarrufu sağlamıştır

Başarılı enerji tasarruf yüzdesi yüzde 26,7

Yıllık tasarruf edilen toplam enerji 119.401,90 kW's

Yıllık tasarruf edilen toplam para 14.328,30 €

Yıllık tasarruf edilen toplam CO2 71.641,20 kg

Yıllık korunan orman 7.960,20 m2

6.1.3 TİP 3 Sistemi

Stila Enerji tarafından üretilen TİP 3 sistemleri her biri farklı enerji tasarruf yüzdelere tekabül eden farklı gerilim değerlerinde güçlendirilen her tip gaz deşarj lambaları ile kullanılabilir. Aşağıdaki tablo genellikle farklı tiplerde lambalar tarafından oluşturulan en düşük gerilim seviyesini, en yüksek koruma yüzdesi ve üretici tarafından bildirilen ortalama lamba ömrünün ne kadar arttığıнын yüzdesini gösterir. Şunu vurgulamak önemlidir ki şebeke lambayı TİP 3 olmadan ağda ne kadar yüksek voltajla beslerse TİP 3 kullanarak lambanın ömrünün daha uzun ve tasarrufun daha yüksek olması mümkündür.

Kamu aydınlatması genel olarak güç redüktörlerinin kullanımının başladığı bir sektördür. Stila enerji tarafından üretilen uygulamalar İtalya ve Avrupa'nın her yerinde caddelerde, meydanlarda, istasyonlarda, hava alanlarında ve otoparklarda kullanılan farklı türlerde binlerce lambada uygulanır. Bugün yerel yönetimler aynı düzeyde servis sağlarken enerjide tasarrufa ihtiyaç duyarlar. Kamu aydınlatmasında bu sistemin kurulduğunda sağlanan ortalama enerji tasarrufu yüzde 35 in üzerindedir. Bu sistemin enerji tasarrufu ve lamba ömrüne olan etkisinden ötürü yeniden lambalandırma ve bakımdaki etkili tasarrufu önemli bir avantajdır.

Tablo 6.4 Lambaların tasarruf değerleri

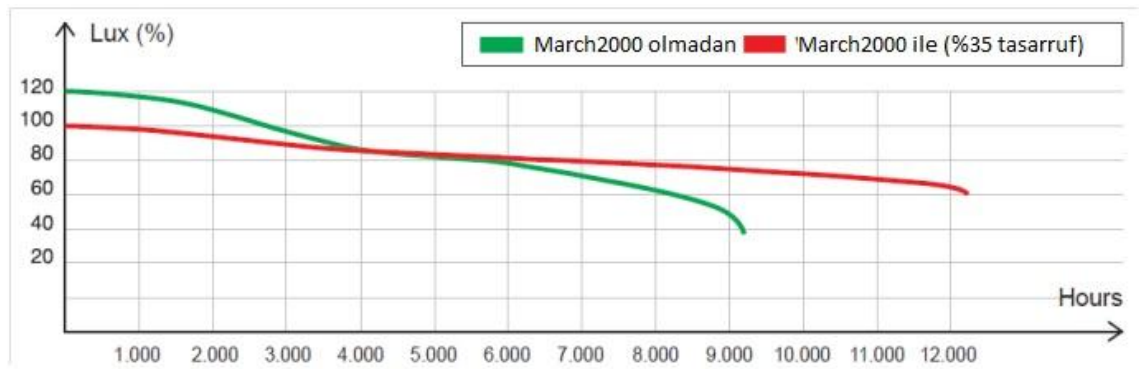
Lamba Türü	Min Gerilim	En Yüksek Enerji Tasarruf Yüzdesi	En Düşük Ömür Artış Yüzdesi
Geleneksel Floresan	185V	45%	40%
Enerji Tasarruflu Floresan	190V	40%	20%
Yüksek Basınç Sodyum Buharlı	170V	55%	50%

Düşük Basınç Sodyum Buharlı	180V	45%	50%
Civa Buharlı	195V	35%	40%
Metalik Halojenürler	190V	40%	25%
İndüksiyon	190V	40%	30%

Gaz deşarj lambaları lümen çıkışı gücünü zamanla doğal olarak kaybeder. (sadece 500 saatlik kullanımdan sonra yüzde 7-8 den daha az lümen çıkış gücü) Gerilim beslemesini düzenleyen TİP 3 ile nominal gerilimde sağlanan ile kıyaslandığında, parlaklıkta bir düşüş olur. Ama lambanın performansı zamanla gelişir. Lambaların sadece normal olarak en kötü olacağı zamanda, daha uzun dayanması ve daha iyi çalışması baştaki daha düşük lümen çıkışını telafi eder. (örneğin 4.500 saatlik kullanımdan sonra floresan lambanın performansının düşme durumunda) **Grafik 2** MACH 2000 ile ve MACH2000 olmadan floresan lamba ile gerçek bir uygulamadaki lümen değişimini gösterir.(yüzde 35 civarı tasarruf)

Grafik TİP 3 ile çalışan lambaların lümen çıkış gücünün ilk 4000-4500 saatlik kullanımdan sonra TİP 3 olmadan çalışan lambalara göre, geliştiğini gösterir. Herhangi bir aydınlatma beklentisinin yukarısında ve ötesinde, performans o kadar sürekli ki 9.000 kullanımdan sonra parlaklık değerleri hala kabul edilebilir durumdadır.

Şekil 6.6 TİP 3 Tasarruf grafiği



6.2 TİP 4 ENERJİ SİSTEMLERİ VE ÇALIŞMA PRENSİBİ

Enerji tasarrufu ve ışık kirliliği, aydınlatma alanındaki ulusal ve uluslararası tavsiyeler ve direktiflerin hedefi olacak kadar geniş bir ölçüde bütün operatörleri kapsayan hala çok tartışılan iki konudur. UNI standart 10819 bakım maliyetlerinde indirim yapmak, enerji tüketimini azaltmak ve istenen zamanda dış uzaya dağıtılan ışık akışını sınırlandırmak için belirli prensipler ile aydınlatma tesisleri oluşturmada net göstergeler belirler. Bununla ilgili olarak, çoğu devlet yüksek etkili aydınlatma kaynakları ve uygun donanımı enerji tüketimini frenlemede kullanmak için teşvik sağlamada promosyon kampanyaları ve devlet yardımları ile önlemler alıyorlar. Yürürlükteki kanuni hükümler voltaj düzenleme ve sabitleme de hareket ederek bu amaçlara ulaşmak için izin veren yeni teknolojilerin doğmasını teşvik ediyor.

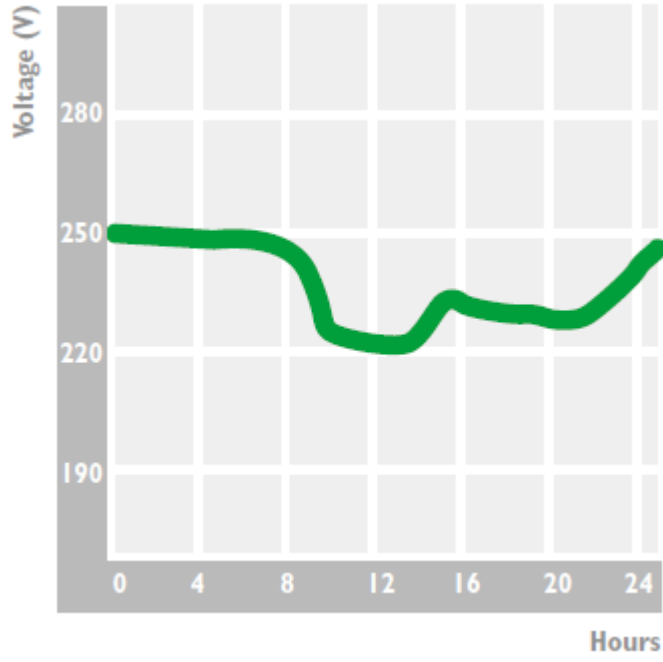
Düzenli olarak çalışmak ve zamanla özelliklerini kaybetmemek için, aydınlatma kaynakları voltaj değerlerinin yüzde 5 ini aşmayan bir voltaj ile güçlendirilmelidir. Çok daha yüksek değerler özellikle aydınlatma tesislerinin tam çalışma zamanlarında sıklıkla görülür. Bu değişimler çoğunlukla geceleri geniş tüketiciler tarafından alınan az miktardaki güçten dolayıdır. Özellikle gerilim dalgalanmaları ve yüksek gerilim lambaların dayanıklılığını ve emilen ışık akışını azaltarak eskimesini hızlandırdığından lambalar için son derece kritiktir. Üreticiler tarafından bildirilen tahmini ömür ve öngörülen ışık akışının ikisini elde edebilmek için gerilimi sabitlemek gereklidir. gerilim sabitlemenin yararlı bir yan etkisi de bu fazla gerilimin bir 'kırpması' sayesinde sağlanan ilave enerji tasarrufudur. Bu tasarrufun miktarı sistemin kurulduğu yerin enerji dalgalanmalarının miktarına göre değişir. Ama sabitleme, şebeke değişimlerinin yüksek hızda değişimlerini karşılayabilen güvenilir teknolojiler yoluyla yapılmalıdır.

6.2.1 TİP 4 Enerji Sistemi

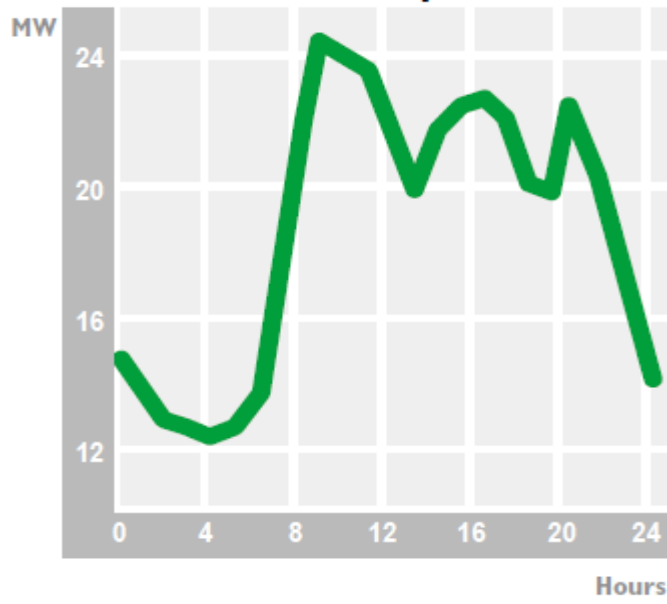
TİP 4 enerji sistemi yukarıda ifade edilen parametrelerde hareket ederek kullanıcıların ihtiyaç duyduğu gereksinimlere izin veren bir tasarruf cihazıdır.

Aydınlatmanın istenen değerlere çekilmesinin yanı sıra, voltaj sabitlemeyle enerji tasarrufu sağlayarak ve lamba ömrünü arttırarak bakım masraflarından tasarruf edilmesine olanak sağlar.

Şekil 6.7 Örnek bir bölgedeki Voltaj değişimi

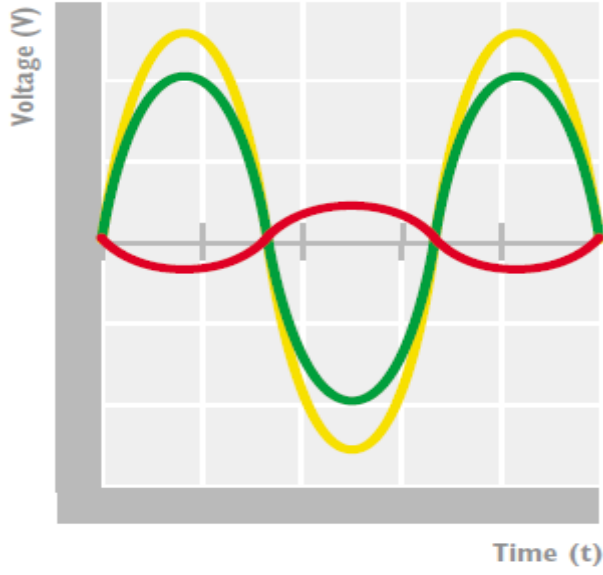


Şekil 6.8 Aynı bölgedeki Güç değişimleri



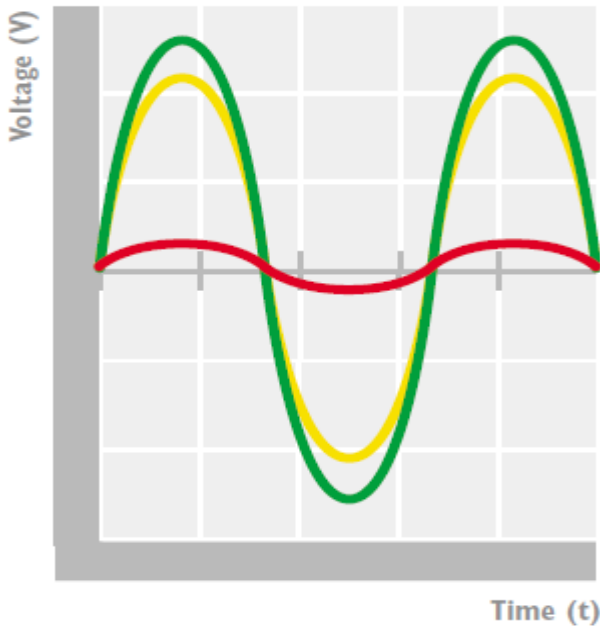
Sistem şebekeden çekilen gerilime aynı veya zıt yönde bir gerilim uygulayarak regülasyon ve gerektiğinde kısma yapabilir.

Şekil 6.9 Regülatörün çalışma prensibi




- Çıkış gerilimi
- Giriş gerilimi
- Sistemin kontrol gerilimi

Şekil 6.10 Regülatörün çalışma prensibi



- Çıkış gerilimi

 Giriş gerilimi

 Sistemin kontrol gerilimi

6.2.1.1 TİP 4 Sisteminin Özellikleri

Gelişmiş IGBT teknolojisiyle yüzde 96 verimle çalışan sistem, zamanla kesintisiz programlanabilir çıkış karakteristiğine sahiptir. 3-15 kVA monofaz 10-45 kVA trifaz yapıda geniş gerilimlerde çalışma özelliği vardır. endüstriyel çalışma sıcaklığı -40/+55 °C'dir. Opsiyonel Ethernet izleme kartı ve opsiyonel 4X20 LCD ile kullanıcı arayüzü özelliği vardır.güç sistemi plug in yapıdadır. 100 olay kaydı tarih ve zaman etiketi ile kaydedilir.

Tablo 6.5 TİP 4 giriş karakteristiği

Giriş Gerilimi	220 VAC
Giriş Gerilim Aralığı	165-290 VAC
Güç	3-15kVA Mono 10-45 kVA Trifaz
Çalışma Frekansı	50Hz. \pm 5 Hz.
Çıkış Gerilimi	220VAC
Çıkış Gerilim Toleransı	\pm 20% Programlanabilir
Çıkış Gücü Aşırıyük	400%
Dalga Şekli	Gerçek Sinüs

Tablo 6.6 TİP 4 çevresel çalışma karakteristiği

Çalışma Sıcaklığı	-40 / + 50 oC
Çalışma Ortam Nemi	0-95% Yoğunlaşmasız
Azami Çalışma Yüksekliği	2000mt.

Tablo 6.7 TİP 4 kullanıcı arayüzü

Gösterge	4x20 LCD
Led Gösterge	Çıkış Durumları ve Alarmlar
Tuş Takımı	4 tuş

Tablo 6.8 TİP 4 Haberleşme arayüzü

Lokal	RS232
Uzak	Ethernet

Tablo 6.9 TİP 4 LCD ara yüzü ve kullanıcı parametreleri

Gösterge	Parametre
Giriş,Çıkış Gerilimi, Çıkış Akımı	Okuma
Çıkış Gerilimi Ayarlama-Zaman-Tarih	Okuma/Yazma
Gerçek Zaman Saati	Okuma/Yazma
Alarmlar (Zaman Etiketleri ile 100 olay kaydı)	<ul style="list-style-type: none">• Giriş Gerilimi Yüksek/Düşük• Çıkış Gerilimi Yüksek/Düşük• Çıkış Akımı Yüksek• Aşırı yada Düşük Sıcaklık

Sistemde uygulanan standartlar;

- EN50091-1-2, EN60950-1, IEC 60950-1 CB ve CE
- EN 55022, EN 50091-2 (Class A)

7. İSTANBULDAKİ MEVCUT PARKLAR VE GENEL DURUM

Kültür ve sanat şehri olan İstanbul, birbirinden güzel parkları, bahçeleri ve koruları ile İstanbul'un doğal güzelliğine büyük katkı sağlamaktadır. İstanbul parkları ve bahçeleri, eğlence ve dinlenme alanları, havuzları, kuş cıvıltıları ve yemyeşil doğaları ile İstanbul'un güzel doğasını tamamlamaktadır.

Bunlardan göz önünde olan bazıları şunlardır;

Yıldız Parkı (Yıldız Korusu), Beşiktaş

Yıldız Parkı ve Korusu, İstanbul Beşiktaş semtinde Yıldız tarafında bulunmakta olup Sultan III. Selim tarafından annesinin anısına yaptırılmıştır. Yıldız Parkı aynı zamanda popüler İstanbul parkları arasındadır.

Yıldız parkı oldukça büyük olup güzel bahçeleri, ağaçları, havuzları ve dinlenme yerleri ile dikkati çekmektedir. Buradaki bazı ağaçlar 400 yıllıktır. Yıldız Parkı, bahçeleri, köşkleri, kafe ve restoranları ile ziyaretçilerine tam bir keyif imkânı sunmaktadır.

Gülhane Parkı, Eminönü

Eminönü semtinde tarihi yarımada bulunan Gülhane Parkı şüphesiz İstanbul'un en meşhur ve en çok ziyaretçi çeken ve aynı zamanda popüler İstanbul parkları arasındadır.

Güzel bahçeleri, çiçekleri, havuzları ve dinlenme yerleri ile ilgi odağı olan Gülhane Parkı, Osmanlı döneminde Topkapı Sarayına gül yetiştirmek amacıyla kullanılmıştır.

Emirgan Parkı, Emirgan

Emirgan Parkı ve Korusu, Emirgan semtinde 325,000 metrekarelik bir alanda kurulu ve popüler İstanbul parkları arasındadır.

Romantika Fenerbahçe Parkı, Fenerbahçe

Romantika Fenerbahçe Parkı, Kadıköy Fenerbahçe semtinde İstanbulluların çok sık uğradığı bir park olup aynı zamanda popüler İstanbul parkları arasındadır.

Kapalı ve açık mahalleriyle seçkin dinlence yerlerinden birisidir.

Fethi Paşa Korusu, Üsküdar

Fethi Paşa Korusu, Üsküdar ile Beylerbeyi arasında Üsküdar sırtlarında boğaza hakim bir durumda oldukça güzel ve etkileyici bir alanda yer almakta ve popüler İstanbul parkları arasındadır.

16 hektar yeşil alan üzerine kurulu Fethi Paşa Korusu özellikle hafta sonu kahvaltı için ideal bir yer konumundadır. Muhteşem boğaz manzarası eşliğinde İstanbul'un keyfini çıkarabileceğiniz nadide yerlerden birisi.

Beykoz Korusu, Beykoz

İstanbul Anadolu yakası boğaz kıyısında Beykoz'da bulunan Beykoz Korusu; aynı zamanda Abraham Paşa Korusu olarak da bilinmektedir. Beykoz Korusu Osmanlı dönemi Sultan II. Abdülhamid döneminden kalma bir yerdir.

İstanbul Boğazı'na nazır Beykoz Korusu; Fransız bahçe mimarları tarafından düzenlenmiş ve aynı dönemde koruluğun içerisinde köşkler, kuş evleri, havuzlar ve tiyatrolar yaptırılmıştır. Beykoz Korusu, 150 dönümlük alanıyla çok güzel bir mesire yeri ve aynı zamanda Boğaziçi korularının en büyüklerinden birisidir.

Günümüzde Beykoz Korusunun içerisinde iki büyük mağara, beş havuz ve bir saray kalıntısı bulunmaktadır.

Mihrabad Korusu, Kanlıca

Mihrabad Korusu, İstanbul Boğazını tepeden gören bir mekanda Kanlıca'da 25 hektar alan üzerine kurulmuştur ve aynı zamanda popüler İstanbul parkları arasındadır.

Kanlıca semtinde bulunmaktadır. Burada bahçe ve boğaz manzarası muhteşem. Yeşillikler içinde içeceğinizi yudumlamak ayrı bir zevk. Hemen solunuzda boğazın en şirin koylarından birisi, sağınızda Fatih Sultan Mehmet Köprüsü ve tam karşıda da Rumeli Hisarı mevcuttur.

Çubuklu Hıdiv İsmail Paşa Korusu, Çubuklu, Beykoz

Çubuklu Hıdiv İsmail Paşa Korusu, İstanbul Beykoz semtinde Çubuklu'da bulunmaktadır. Çok çeşitli ağaçları ve güzel bahçesiyle ilgi odağı durumunda ve popüler İstanbul parkları arasındadır.

Ayrıca parkın hemen yanındaki Hıdiv Kasrı da güzel mimarisi ile dikkati çekmektedir. İstanbulluların sık uğradığı hafta sonu dinlence mekânlarındandır.

Çubuklu Hıdiv İsmail Paşa Korusu boğaz manzaralı yürüyüş parkurları ile ünlü. Burada doğa yürüyüşü yapıp, çay, kahve ve gözleme satılan Yörük çadırlarına uğranılabilir.

Ulus Parkı, Ulus

Ulus Parkı, Ulus semtinde tepelik bir alanda kurulu olup muhteşem manzarası ve yeşili ile ziyaretçileri büyüler. Aynı zamanda popüler İstanbul parkları arasındadır.

Naile Sultan Korusu, Ortaköy-Kuruçeşme

Naile Sultan Korusu, Ortaköy ve Kuruçeşme arasında bulunmakta olup adını Sultan II. Abdülhamit'in kızından almaktadır. Aynı zamanda popüler İstanbul parkları arasındadır.

Burada çok sayıda değerli ağaç türleri ve çiçekler bulunmakta ve ayrıca koruda zarif bir köşk de bulunmaktadır.

Maçka Demokrasi Parkı, Beşiktaş

Avrupa Yakası'nın tam ortasında kurulu sadece semt sakinlerinin değil tüm İstanbulluların uğrak noktalarından birisi olan Maçka Parkı Gümüşsuyu'nda başlıyor ve renk renk çiçekleri, uzun ve yaşlı ağaçları ile sizi şehirden bir anda kopartıyor. Geniş bir alana yayılmış olan park sakinlik ve özgürlük hissi uyandırıyor.

7.1 UYGULAMA YAPILAN PARKLAR

7.1.1 Gaziosmanpaşa Gazi Parkı



Gazi Parkı, İstanbul ili Gaziosmanpaşa ilçesinin Yunus Emre mahallesinde yer alıyor. Park gündüz saatlerinde kalabalık olup akşam belli bir saatten sonra yoğunluğu azalmaktadır.

Ölçümlere bakıldığında voltaj değerlerinin olması gerekenin üstünde olduğu görülmüş bunun da lamba ömürlerinde azalmaya sebep olacağı ve regülasyonun daha fazla tasarruf sağlayacağı öngörülmüştür.

Alanda tek panodan beslenen armatür sayısı 110 olup lambalar 250 W'lık yüksek basınçlı sodyum buharlı lambadır. Ayrıca armatürlerde elektronik balast kullanılmıştır.

Gazi parkının konumu ve yoğunluğu göz önüne alındığında gece 12.00 de dimlemeye başlanılıp sabaha kadar azaltılması öngörülmüş ve hesaplar buna göre yapılmıştır.

Tablo 7.1 Gaziosmanpaşa Gazi Parkı haftalık enerji kullanım değerleri

Tarih	Saat	VLN1 : V	VLN2 : V	VLN3 : V	ILN1 : A	ILN2 : A	ILN3 : A	VA L1 : VA	VA L2 : VA	VA L3 : VA
27.09.2012	13:16:23	228,7	228	229,5	0,12	0	0,58	20	0	140
28.09.2012	01:31:07	230,8	230,3	231,6	38,14	48,9	43,94	8800	11280	10180
28.09.2012	13:15:49	234,1	233,5	234,9	0,68	0	0,82	160	0	200
29.09.2012	01:15:31	232,7	232,2	233,4	38,6	45,52	44,56	8980	10580	10420
29.09.2012	13:00:18	237,3	236,5	238,4	6,62	0	0,64	1560	0	160
30.09.2012	01:15:02	233,6	232,8	234,2	39,5	45,88	46,42	9220	10700	10880
30.09.2012	13:14:46	237	236,4	237,4	0,12	0	2,44	20	0	580
01.10.2012	01:14:28	233,3	232,7	233,9	38,78	45,88	46,46	9040	10680	10880
01.10.2012	13:14:16	236,7	235,6	237,4	6,58	0	2,4	1560	0	580
02.10.2012	01:14:03	232,3	231,4	232,7	38,8	45,5	46,04	9020	10540	10720
02.10.2012	13:28:50	232,1	231,7	233,2	6,46	0	2,28	1500	0	540
03.10.2012	01:13:39	233	232,3	233,5	39	46,04	47,92	9080	10720	11200
03.10.2012	13:28:25	230,4	229,5	231	0	0	2,2	0	0	500
04.10.2012	01:13:11	234,7	233,9	235,5	39,7	46,34	47,06	9320	10860	11100
04.10.2012	13:27:53	235,7	234,6	236,5	6,56	0	2,36	1540	0	560
05.10.2012	01:15:51	230,4	229,5	230,9	38,38	45,08	45,84	8840	10360	10580

Gaziosmanpaşa Gazi Parkı



7.1.2 Bebek Sahil Parkı



Bebek Parkı Arnavutköy'den sonra Bebek'e doğru yol alırken Bebek'in girişinde yer alır. Hafta içi gündüz ve akşam saatlerinde burası çok keyifli bir yürüyüş mekânıdır. Bebek Parkı İstanbul'un en önemli parklarından biridir. Özellikle popüler simaların köpeklerini ya da çocuklarını gezdirmeye geldikleri bu parkta sürekli bir magazin muhabiri ve kameramanını görebilirsiniz. Oldukça gözde bir parktır. Park yol üzerinde olduğu için de sürekli bir sirkülasyon halindedir.

Parkın ölçüm değerlerinde değerlerin ideal değerlere yakın olduğu görülmüştür.

Alanda tek panodan beslenen armatür sayısı 64 olup lambalar 250 W'lık yüksek basınçlı sodyum buharlı lambadır. Ayrıca armatürlerde elektronik balast kullanılmıştır.

Parkın yoğunluğu göz önüne alındığında saat 02.00 da dimlenmeye başlanılıp sabaha kadar azaltılması öngörülmüş ve hesaplar buna göre yapılmıştır.

Tablo 7.2 Bebek Sahil Parkı haftalık enerji kullanım değerleri

Tarih	Saat	VLN1 : V	VLN2 : V	VLN3 : V	ILN1 : A	ILN2 : A	ILN3 : A	VA L1 : VA	VA L2 : VA	VA L3 : VA
27.09.2012	13:09:22	222,5	222,7	222,3	0,07	0,00	0,48	11,67	0,00	81,72
28.09.2012	01:09:04	222,4	222,3	222,1	29,74	38,14	34,45	5087,83	6521,68	5885,70
28.09.2012	13:38:51	222,3	222,5	222,3	0,53	0,00	0,67	91,16	0,00	113,95
29.09.2012	01:38:37	222,4	222,5	222,3	30,10	35,45	34,94	5149,51	6067,02	5975,27
29.09.2012	13:38:24	222,4	222,7	222,2	5,13	0,00	0,53	877,23	0,00	89,97
30.09.2012	01:38:13	222,7	222,6	222,1	30,79	35,74	36,43	5273,87	6120,44	6223,40
30.09.2012	13:22:59	222,5	222,6	222,4	0,07	0,00	1,91	11,27	0,00	326,71
01.10.2012	01:07:44	222,4	222,8	222,2	30,22	35,64	36,41	5170,59	6108,61	6223,01
01.10.2012	13:22:26	222,3	222,7	222,1	5,14	0,00	1,91	879,06	0,00	326,83
02.10.2012	01:52:10	222,6	222,6	222,3	30,29	35,39	36,04	5186,01	6059,93	6163,42
02.10.2012	13:21:56	222,4	222,7	222,3	5,04	0,00	1,82	862,39	0,00	310,46
03.10.2012	01:21:39	222,4	222,4	222,4	30,40	35,89	37,49	5200,15	6139,39	6414,28
03.10.2012	13:06:28	222,7	222,7	222,3	3,72	0,00	1,70	637,94	0,00	289,97
04.10.2012	01:21:39	222,7	222,5	222,6	30,97	36,12	36,91	5306,09	6182,84	6319,48
04.10.2012	13:06:28	222,6	222,6	222,4	5,10	0,00	1,85	872,64	0,00	317,33

Bebek Sahil Parkı



7.1.3 Sultanahmet At Meydanı Parkı



Sultanahmet Meydanı İstanbul'un en önemli meydanlarından biridir. Bizans devrinde Hipodrom olarak bilinirdi. "Hipodrom" At binenlerin, atların meydanı anlamına gelir. Osmanlı döneminde buraya At Meydanı denirdi. 1453 Fatih'in İstanbul'u almasıyla tekrar hayat kazanmıştır. Hipodrom bu tarihten sonra At Meydanı adını almıştır. Bu devirde de meydanda çeşitli yarışlar, eğlenceler, panayırlar düzenlenmiştir. Günümüzde de meydanda, ramazan aylarında çeşitli eğlenceler düzenlenmektedir. Alman Çeşmesi, Dikilitaş, Yılanlı Sütun, Örmeye Sütun şeklindedir. Ayrıca doğusunda Sultanahmet Camisi, batısında da Türk ve İslam Eserleri Müzesi ve İbrahim Paşa Sarayı bulunmaktadır.

Bizans an olurdu ayaklananları kanlı şekilde burada bastırırdı. Osmanlı da ayaklananların kellerini meydanın ortasında ki Vakvak ağacının dallarına burada asardı. 1500 yıllık meydandır. Burada tarih olduğu gibi akmıştır.

Ölçümlere bakıldığında voltaj değerlerinin olması gerekenin üstünde olduğu görülmüş bunun da lamba ömürlerinde azalmaya sebep olacağı ve regülasyonun daha fazla tasarruf sağlayacağı öngörülmüştür.

Alanda tek panodan beslenen armatür sayısı 210 olup lambalar 250 W'lık yüksek basınçlı sodyum buharlı lambadır. Ayrıca armatürlerde elektronik balast kullanılmıştır.

Sultanahmet At Meydanı parkının konumu ve yoğunluğu göz önüne alındığında gece 01.00 de dimlemeye başlanılıp sabaha kadar azaltılması öngörülmüş ve hesaplar buna göre yapılmıştır.

Tablo 7.3 Sultanahmet At Meydanı Parkı haftalık enerji kullanım değerleri

Tarih	Saat	VLN1 : V	VLN2 : V	VLN3 : V	ILN1 : A	ILN2 : A	ILN3 : A	VA L1 : VA	VA L2 : VA	VA L3 : VA
27.09.2012	13:16:23	224,13	223,44	224,91	0,23	0,00	1,12	38,00	0,00	266,00
28.09.2012	01:31:07	226,18	225,69	226,97	73,76	94,57	84,98	16720,00	21432,00	19342,00
28.09.2012	13:15:49	229,42	228,83	230,20	1,32	0,00	1,59	304,00	0,00	380,00
29.09.2012	01:15:31	228,05	227,56	228,73	74,65	88,04	86,18	17062,00	20102,00	19798,00
29.09.2012	13:00:18	232,55	231,77	233,63	12,80	0,00	1,24	2964,00	0,00	304,00
30.09.2012	01:15:02	228,93	228,14	229,52	76,39	88,73	89,78	17518,00	20330,00	20672,00
30.09.2012	13:14:46	232,26	231,67	232,65	0,23	0,00	4,72	38,00	0,00	1102,00
01.10.2012	01:14:28	228,63	228,05	229,22	75,00	88,73	89,85	17176,00	20292,00	20672,00
01.10.2012	13:14:16	231,97	230,89	232,65	12,73	0,00	4,64	2964,00	0,00	1102,00
02.10.2012	01:14:03	227,65	226,77	228,05	75,04	88,00	89,04	17138,00	20026,00	20368,00
02.10.2012	13:28:50	227,46	227,07	228,54	12,49	0,00	4,41	2850,00	0,00	1026,00
03.10.2012	01:13:39	228,34	227,65	228,83	75,43	89,04	92,68	17252,00	20368,00	21280,00
03.10.2012	13:28:25	225,79	224,91	226,38	0,00	0,00	4,25	0,00	0,00	950,00
04.10.2012	01:13:11	230,01	229,22	230,79	76,78	89,62	91,01	17708,00	20634,00	21090,00

Matrakçı Nasuh tarafından yapılan ve 16. yüzyıldaki At Meydanı'nı gösteren minyatür



Sultanahmet At Meydanı Parkı



7.1.4 Sistem Uygulandıktan Sonraki Genel Durum

TİP 4 sistemini ölçümlerimizi yaptığımız parklara uyguladığımız zaman her parkta farklı oranlarda tasarruf oluştuğunu görüyoruz. Bunun sebebi parkların büyüklüklerinin farklı olması, yoğunluklarının farklı olması ve gelen enerjinin farklı olmasıdır.

Bebek Parkı az aydınlatma direğine sahip olduğundan ve yoğun bir yer olmasından ötürü aydınlatmalar gece geç saatlerde kısıldığından dimlemeyle yeterli bir tasarruf sağlanamamaktadır. Ayrıca bu parkta şebekeden gelen voltaj temiz olduğundan regülasyonla da ciddi bir tasarruf sağlanamamaktadır. Lambaların ömürleri de ciddi bir değişime uğramaz ve bakım masraflarında da ciddi bir değişiklik olmaz. Bu sebeple sistemin amortisman süresi bu park için fazladır.

Gazi Parkı orta ölçekli bir park olup fazla yoğun bir bölgede bulunmamaktadır. Aydınlatmalar gece yarısından itibaren kısıldığından bu parkta aydınlatmaların kısılanmasıyla ciddi bir tasarruf sağlanmaktadır. Şebekeden gelen voltaj kısmen temiz olduğundan regülasyonla az bir tasarruf sağlanılabilmektedir. Aydınlatmaların bakım masraflarında da az bir tasarruf sağlanır.

At Meydanı Parkı büyük bir park olup İstanbul'un tarih merkezi Sultanahmet meydanında yer almaktadır. Bundan ötürü parkın aydınlatmalarının gece yarısından hemen sonra kısılması öngörülmüştür. Bu şekilde ciddi bir tasarruf sağlanır. Ayrıca şebekeden gelen voltajın aşırı yüksek olması ve sürekli dalgalanmasından regülasyonla da lamba ömrü ve bakım masraflarından ciddi bir tasarruf sağlanır. Bütün bu değerler dikkate alındığında sistemimizin bu bölgedeki amortisman süresi oldukça azdır.

Yapılan ölçüm ve hesaplamaların ardından oluşan tablo aşağıdaki gibidir.

	BEBEK SAHİL PARKI	GAZİOSMANPAŞA GAZİ PARKI	SULTANAHMET AT MEYDANI PARKI
İşık Kaynağı	HPS	HPS	HPS
İşık Kaynağı Gücü	250 watt	250 watt	250 watt
Armatürün Sistemden Çektiği Güç	270	270	270
Dimleme Oranı	70%	70%	70%
Dimleme Sonucu Düşüşü Değer	189	189	189
Alandaki Armatür Sayısı	64	110	210
Gün içerisindeki Dimleme Saati	4	6	5
Bir Yıldaki Dimleme Saati	1.461	2.192	1.826
Armatür Başına Bir Yıldaki Tasaruf Miktarı (KWh)	276	414	345
Elektrik Birim Fiyat TL/kwh	0,2	0,2	0,2
Armatür Başına Bir Yıllık Tasaruf Miktarı (TL)	59.367735	89.0516025	74.20966875
Power-Saver' Sistemin Maliyeti (TL)	30000	30000	30000
Devlet Teşviki	0	0	0
Regülasyonla Tasaruf Edilen Enerji Tutarı (TL/yıl)	914,70288	6936,444488	23549,20155
Lamba Ömründen Yapılan Tasaruf (TL/yıl)	128	440	840
Sistemin Toplam Kurulum Maliyeti	28957,29712	22623,55551	5610,79845
Sistemin Yıllık Geri Dönüşümü	7,6	2,3	0,4
Sistemin Yıllık Enerji Tasarrufu (KWh)	17.672	45.561	72.484
Sistemin Yıllık Toplam Tasarruf Miktarı (TL)	3.800	9.796	15.584
Sistemin Bütün Kurulum Alanlarındaki Yıllık Tasarrufu			135717,40 KWh/yıl
Yıllık Kazanılan CO2 Emisyonu			40,72 Metrik Ton/yıl
Sistemin Bütün Kurulum Alanlarındaki Toplam Maliyeti (TL)			57191,65 TL
Sistemin Bütün Kurulum Alanlarındaki Yıllık Tasarruf Miktarı (TL)			29179,24 TL/yıl
Sistemin Bütün Kurulum Alanlarındaki Yıllık Geri dönüşümü			1,96 Yıl

7.1.5 SONUÇ

Ülkemizde Sokak Aydınlatması sadece bir aydınlatma ve güvenlik işi değil, aynı zamanda dışa bağımlı enerji üretimi yapan bir ülkenin tasarruf ve operasyonel iyileştirmeler de yapması zorunluluğu olan bir konudur. Bu konuda yapılacak çalışmalar bu durum göz önüne alınarak ve tasarruf önlemleri öngörülerek hazırlanmalıdır.

Aydınlatılacak alanın analizi, kullanılacak armatürün ve lambanın seçimi en az aydınlatma elemanı ile en ideal aydınlık seviyesinin sağlanması öncelikli olarak ele alınmalıdır. Bunun yanında lambanın ömrünü artıracak çalışmalar yapılarak bakım onarım masraflarından tasarruf yapılabilir. Aynı şekilde aydınlığın yoğun saatlerde en fazla olması ve gece saatlerinde azaltılarak gerekli görüldüğü kadar ayarlanmasıyla da enerjide ciddi tasarruflar sağlanabilir.

Aydınlatma elemanlarının seçiminde olduğu gibi tasarruf cihazlarının seçiminde de kullanılacağı mekana göre seçim yapılmalı, gereksiz özelliklerle gereksiz maliyetlerden kaçınılmalı ve amortisman süreleri göz önüne alınmalıdır. Bunun için cihazların maliyetlerini verimlerini ve sağladıkları avantajları göz önüne alıp doğru bir kıyaslama yapılmalıdır.

Her gün yeni ve farklı sistemlerin ortaya çıktığı ve teknolojinin sürekli geliştiğini düşünürsek bilgilerimizi güncel tutmamız ve bunun için de gelişmeleri düzenli olarak takip etmemiz gerekir. Bu teknolojilerden geri kaldığımız her gün üretimde sıkıntılar çektiğimiz enerjimizin gereksiz olarak sokağa atıldığı gerçeğiyle yüzleşilmelidir. Bu ülkemizin içinde bulunduğu şartlarda kabul edilemez bir durumdur.

Araştırma ve geliştirmeye yeterince önem verilmediği sürece bu durumun devam edeceğini söylenebilir oysaki tezdeki örnekte görüldüğü gibi hızlı çözümlerle bu sorunun önüne geçilebilir.

Aynı sistem farklı parklarda farklı sonuçlar verecektir. Tek yönlü düşünmemek ve sistemi her yönüyle ele almak gerekir. Sadece mühendislik alanında değil sosyal durum da göz önüne alınmalıdır. İncelememizi yaptığımız Bebek parkının ve Gazi parkının sosyal durumu düşülecek olursak aynı özelliklerdeki tasarruf cihazının bir park için daha fazla tasarruf sağladığı halde diğeri için aynı enerji tasarrufunu sağlamadığını görürüz. Diğer taraftan İstanbul'un önemli iki parkında (Bebek ve Sultanahmet parkları)

aydınlık seviyelerini azaltarak elde ettiğimiz tasarruf oranı az olmasına rağmen enerji kalitesindeki dengesizlik nedeniyle bir parktan regülasyonla tasarruf elde edemememize rağmen diğer parktan oldukça fazla tasarruf etmemiz mümkündür.

Bütün bu sonuçlardan elde edilen değerler göz önüne alınarak yapılacak çalışma sonucunda bu alanlarda kullanılacak en uygun sistem tespit edilebilir. Her sistemin her alanın aydınlatması için uygun ve yeterli olması düşünülemez. Bu sebepten yapılacak olan çalışmalarda ölçüm sonuçlarıyla tasarruf sistemlerinin karşılaştırılması bizi en doğru sonuca götürecektir.

KAYNAKÇA

Kitaplar

Özkaya, M., 2004, Aydınlatma Tekniği , Birsen Yayınevi, İstanbul.

Onaygil, S., 2008, İTÜ Elektrik Mühendisliği Lisans Programı Dış Aydınlatma Dersi Notları, <http://atlas.cc.itu.edu.tr/~onaygil>

Özenç, S., 2004 “Aydınlatma Tasarımı ve Proje Uygulamaları”, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Manav, B., 2005. Ofislerde Aydınlik Düzeyi, Parıltı Farkı ve Renk Sıcaklığının Görsel Konfor Koşullarına Etkisi: Bir Model Çalışması, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Diğer Yayınlar

Onaygil S., Güler Ö., 2005. Yol Aydınlatmasında Verimlilik, EVK 2005 1. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, s. 197-201, Kocaeli, 17-18 Mayıs

Ünal A., Özenç, S., İzgi, E., “Aydınlatmada Enerji Verimliliği ve Kayıplar”, EVK’2005 Enerji Kalitesi ve Verimliliği Sempozyumu, Kocaeli 2005.

Simpson, Robert S., 2003. Lighting Control: Technology and Applications, Robert S. Simpson, Focalpress, Italy.

Yüksek Basınçlı Civa Buharlı Lambalar ve Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı Lambalar Teknik Şartnamesi, 2008. Türkiye Elektrik Dağıtım A.S. Malzeme Yönetimi Dairesi Başkanlığı.

Royal Philips Electronics internet sitesi, Mayıs 2008, <http://www.lighting.philips.com>

Application Guide to HID Lamp Control Gear, Philips, Mayıs 2008, http://www.lighting.philips.com/in_en/architect/lamps_leds_gear_innovations/application/downl_guide_hid.php

TEDAS-MYD/95-009.B, 2006. Türkiye Elektrik Dağıtım A.S. Malzeme Yönetimi Ve Satınalma Dairesi Başkanlığı, Yol Aydınlatma Armatürleri Teknik Şartnamesi

DiLouie, C., 2005. Advanced Lighting Controls:Energy Savings, Productivity, Technology and Applications

Sinewave Energy Technologies internet sitesi, Mayıs 2008, <http://www.sinewaveenergy.com/technology.html>

NEMA Standard Publication, 243-2004 Digital Addressable Lighting Interface (DALI) Control Devices Protocol, PART 1-2004, General Requirements

Intelligent Road and Street Lighting in Europe, WP 3: Market penetration and procurement activities, D 3.2: Report on small scale test projects, WP Leader: BSREC, 2007

International Commission on Illumination, www.cie.co.at

www.lighting.philips.com

Application Guide to Fluorescent Lamp Control Gear, Philips, <http://udf-cat.tstu.edu.ua/filesserver/Engeneering/Electrical%20Engineering/svitlotechn/Application%20guide%20to%20fluorescent%20lamp%20control%20gear.pdf>

[Vossloh-Schwabe, Seminear and Lab. Notes on Lampholders, Ignitors, Ballasts, Capacitors www.vossloh-schwabe.com/eng

GE Product Leaflet,

http://www.gelighting.com/na/business_lighting/education_resources/literature_library/sell_sheets/downloads/cfl/biax_32.pdf

Kişisel Bilgiler

Ad Soyad: Yavuz TAŞ

Doğum Tarihi: 15.05.1982

Cinsiyeti: Erkek

Uyruğu: T.C.

Askerlik Durumu: Terhis / 05.2009

Sürücü Belgesi: B sınıfı



İletişim Bilgileri

E Posta Adresi: yavuztas55@hotmail.com

Ev Adresi: Oya Sok. Gülbağ Mah. Oya Apt. No:12/1

Mecidiyeköy, Şişli, İstanbul

Telefon: 05336124936

Eğitim Bilgileri

Lisans: Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Fakültesi

Elektrik Mühendisliği Bölümü

(mezuniyet tarihi: 06.2008)

Kariyer Bilgileri

İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Fen İşleri Daire Başkanlığı

Kesin Hesap Müdürlüğü

Elektrik Mühendisi (2009 – ...)

Nitelikler

Yabancı Dil: İngilizce (advanced)

Temel Bilgisayar Programları: Autocad , PLC

Belgeler: Bilirkişilik ve Kamu Bilirkişiliği Belgesi, SMM Belgesi