T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ATIK FLORESAN LAMBALARDAN CIVA GERİ KAZANIMI

Yusuf AKYOL

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2017

Prof. Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR danışmanlığında Yusuf AKYOL'un hazırladığı **"Atık Floresan Lambalardan Cıva Geri Kazanımı"** konulu bu çalışma 25/05/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Prof. Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR ……

Üye : Yrd. Doç. Dr. Deniz UÇAR ……

Üye : Yrd. Doç. Dr. Sinan Mehmet TURP ……

Bu Tezin Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. Halil Murat ALĞIN
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma HÜBAK Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: 15104

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafları kaynak gösterilmeden kullanımı 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ATIK FLORESAN LAMBALARDAN CIVA GERİ KAZANIMI

Yusuf AKYOL

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2017

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ v
SİMGELER DİZİNİ vi
1. GİRİŞ 1
1.1. Motivasyon ve Amaç 1
1.2. Kapsam 4
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 6
2.1. E-Atık 6
2.1.1. E-atık tanımı ve tarihsel süreci 6
2.1.2. E-atık kategorileri 7
2.1.3. E-atıkların insan ve çevre sağlığı üzerindeki etkileri 8
2.2. Aydınlatma Sistemleri 13
2.4.1. Aydınlatmanın tanımı ve tarihçesi 13
2.4.2. Aydınlatma çeşitleri 16
2.4.2.1. Yapay aydınlatmanın tanımı ve kullanılan lamba türleri 17
2.4.2.1.1. Enkandesan lamba 17
2.4.2.1.2. Halojen lamba 19
2.4.2.1.3. Floresan lamba 20
2.4.2.1.4. Metal halide lamba 21
2.4.2.1.5. Sodyum buharlı lamba 22
2.4.2.1.6. Led lamba 23
2.4.2.1.7. İndüksiyon lamba 24
2.4.2.2. Doğal aydınlatma 25
2.3. Floresan Lambalar 26
2.3.1. Floresan lambanın tanımı ve çalışma prensibi 26
2.3.2. Floresan lamba kaynaklı cıva kirliliğinin çevre ve sağlık üzerine etkileri 27
2.3.2.1. Cıvanın tanımı ve bileşikleri 27
2.3.2.2. Cıva ve bileşiklerinin sağlık üzerine etkileri 27
2.3.2.3. Cıva atıklarının azaltılması 27
2.3.3. Floresan lambalar ile ilgili yasal düzenlemeler 28
3. MATERYAL ve YÖNTEM 31
3.1. Materyal 31
3.2. Yöntem 34
3.2.1. Floresan lambaların parçalarına ayrılması 34
3.2.2. Fosfor tozu numunelerinde cıva tayini 38
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 43
4.1. Floresan Lambaların Üretim Bilgileri 43
4.2. Fosfor Tozunda Bulunan Cıva Analiz Sonuçları 47
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 50
KAYNAKLAR 52
ÖZGEÇMİŞ 55

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ATIK FLORESAN LAMBALARDAN CIVA GERİ KAZANIMI

Yusuf AKYOL

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR
Yıl: 2017, Sayfa: 55

Her yıl binlerce yeni floresan lamba takıldığında, neredeyse aynı sayıda lamba çöpe atılmaktadır ve her geçen gün, bu lambaların bertaraf işlemleri için sorular artmaktadır. Yüksek nüfusumuz da göz önüne alındığında, ülkemizin çok miktarda floresan lamba tüketen ülkeler arasında bulunduğunu söylemek mümkündür. Yapılan araştırmalara göre, tüketim sonrası atık floresan lambaların çoğu düzensiz ya da düzenli depolama alanlarına gönderilmektedir. Oysa atılan lambalar cıva içerdiği için, Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne göre tehlikeli atık sınıfına girmekte ve bu yönetmeliğin gereklerine göre tehlikeli atıklar için tasarlanmış tesislerde işlem görmeleri gerekmektedir. Tüketilen farklı tip floresan lambaların tamamı ithal edildiğini ve bu ürünlerin kullanımı ile tehlikeli atık oluşturduğumuzu düşündüğümüzde, kendi paramızla kendi ülkemizi kirlettiğimiz gerçeği ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde yürürlükte olan "Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik" ve "Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Sınırlandırılmasına Dair Yönetmelik" maddeleri uyarınca, atık floresan lambaları geri kazanmak zorunda olduğumuz anlaşılmaktadır. Floresan lambaların geri kazanımında amaç hem tehlikeli atıkların uygun şekilde uzaklaştırılması hem de kaynakların (cam, metal, fosfor tozu vb.) ekonomik anlamda tekrar kullanımıdır.

ANAHTAR KELİMELER: E-atık, Atık Floresan Lambaları, Cıva, Geri Kazanım

ABSTRACT

MSc Thesis

RECOVERY OF MERCURY FROM WASTE FLORESCENT LAMPS

Yusuf AKYOL

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR
Year: 2017, Page: 55

Every year thousands of new fluorescent lamp is mounted, almost the same numbers of lamps are disposed of. Furthermore, the questions are increasing regarding to disposal procedures for the waste fluorescent lamps. Considering the high level of population, it's possible to denote that our country is among the countries consuming large amounts of fluorescent lamps. Because these lamps contain mercury, the disposal or recovery operations should be performed in special designed plants according to Hazardous Waste Regulation. Whereas, preliminary opinions show that waste fluorescent lamps are mostly landfilling or transmitted to uncontrolled disposal sites. Consequently, it can be evidently realized that pollution occurs with our own money, considering the all types of fluorescent lamps are imported from other countries. It's appeared to have to recover the waste fluorescent lamps according to existing national regulations of "General Waste Management" and "The Restriction of The Use of Certain Hazardous in Electrical and Electronic Equipment". Herein, the main purpose of recovery is both on proper removal of hazardous wastes and the reuse of other sources (metal, glass, phosphorous powder, etc.) in an economical aspect.

KEY WORDS: E-waste, Waste fluorescent lamps, mercury, recovery

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile desteklerini esirgemeyen değerli Danışman Hocam Prof. Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR'a teşekkürlerimi sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. E-atıkların gruplandırması 2
Şekil 2.1. Dış aydınlatma 13
Şekil 2.2. Yağ lambası 14
Şekil 2.3. Günümüzde floresan lamba ile aydınlatma 15
Şekil 2.4. Enkandesan Lamba 18
Şekil 2.5. Akkor flamanlı lamba parçaları 18
Şekil 2.6. Halojen lamba 19
Şekil 2.7. Geçmişten günümüze floresan lamba. 20
Şekil 2.8. Metal halide lamba 21
Şekil 2.9. Sodyum buharlı lamba 22
Şekil 2.10. LED (Light Emitting Diode) lamba şeması 23
Şekil 2.11. İndüksiyon lambası çalışma sistemi. 24
Şekil 2.12. Doğal aydınlatma 25
Şekil 2.13. Floresan lamba elemanları. 26
Şekil 3.1. T8, 18W floresan lamba 32
Şekil 3.2. T8, 36W floresan lamba. 32
Şekil 3.3. Kullanılmamış floresan lambalar 33
Şekil 3.4. Parçalama ve ayırma işlemlerinin çeker ocakta yapılması 35
Şekil 3.5. Lambanın ucundan delik açılması sonrasında fosfor tozunun hareketi. 36
Şekil 3.6. Fosfor tozunun süpürülerek temiz camın kırılması işlemi 37
Şekil 3.7. Berghof MWS2 Marka mikrodalga fırın 39
Şekil 3.8. Plastik numune tüpleri. 40
Şekil 3.9. Hidrür sistem 41
Şekil 3.10. Perkin Elmer marka Optik Emisyon Spektrometresi. 42
Şekil 4.1. T8, 18W Floresan lambaya ait kesit 44
Şekil 4.2. T8, 36W Floresan lambaya ait kesit 46
Şekil 4.3. Yeni floresan lambaların fosfor tozundaki cıva miktarı. 47
Şekil 4.4. Atık floresan lambaların fosfor tozundaki cıva miktarı. 48
Şekil 4.5. Yeni ve atık floresan lambalara ait fosfor tozu cıva içerikleri 49

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Bazı zararlı e-atık içeriklerinin kullanıldığı yerler ve insan sağlığına zararları. 10
Çizelge 2.2. E-atıklarda yer alan toksisitenin çocuklara etkisi. 12
Çizelge 2.3. Atık Yönetimi Genel Esaslarına ilişkin Yönetmeliğin Ek-4 Atık Listesinde Cıva 29
Çizelge 3.1. Numunelerin mikrodalga fırındaki işlem süreci 39
Çizelge 4.1. A marka, T8 tip ve 18 W lambaya ait genel bilgiler 43
Çizelge 4.2. T8, 18W Floresan lambaya ait cıva içeriği ve enerji tüketimi 43
Çizelge 4.3. T8, 18W Floresan lambaya ait boyut bilgileri 44
Çizelge 4.4. A marka, T8 tip ve 36 W lambaya ait genel bilgiler 45
Çizelge 4.5. T8, 36W Floresan lambaya ait cıva içeriği ve enerji tüketimi 45
Çizelge 4.6. T8, 36W Floresan lambaya ait boyut bilgileri 46

SİMGELER DİZİNİ

AEEE	Atık Elektrikli ve Elektronik Ekipmanlar
BFR	Bromlu Alev Geciktiriciler
E-ATIK	Elektrikli ve Elektronik Atıklar
EEE	Elektrikli ve Elektronik Ekipmanlar
HÜBAK	Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü
HÜMEL	Harran Üniversitesi Merkezi Laboratvuar
TMMOB	Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
USEPA	Amerikan Çevre Koruma Ajansı
W	Watt
WEEE	Elektrikli ve elektronik ekipman atıkları

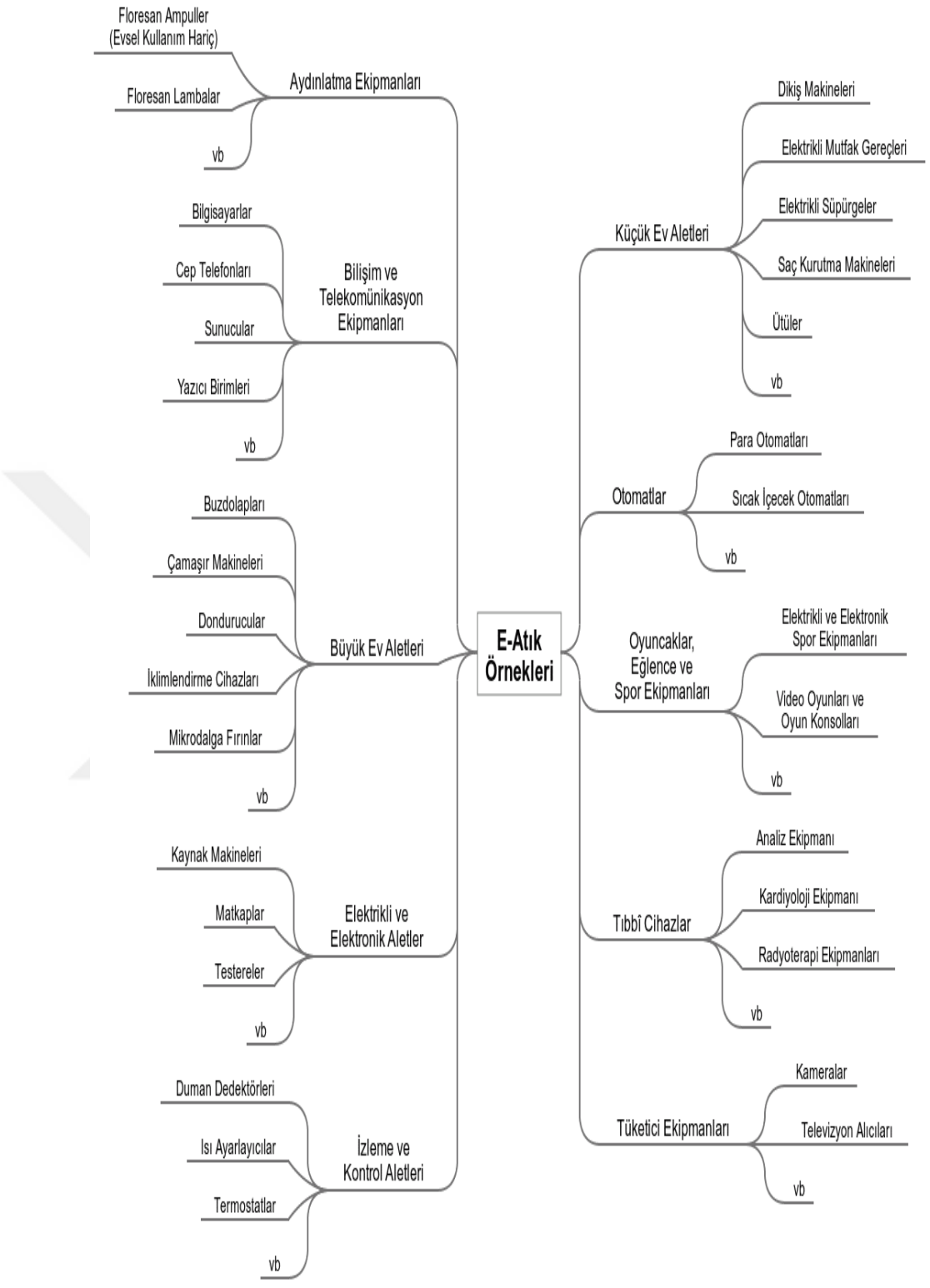
1.GİRİŞ

1.1. Motivasyon ve Amaç

Elektrikli ve elektronik atıklar (e-atık) olarak da adlandırılmaktadır. Avrupa Birliği elektronik atığın tanımını yaparken, kullanıcısı tarafından atılmış, atılmak istenen veya atılması gereken madde veya nesne (EU, 2003a) ifadelerini kullanmıştır. E-atık: endüstriyel veya evsel kaynaklı, hasar görmüş, kırılmış, modası geçmiş olan veya kullanım ömrünü tamamlamış, ağır metaller ive organik kirleticilerin en büyük kaynaklarından biri olan elektrikli ve elektronik eşyaların genel bir ifadesidir.

Elektrik ve elektronik endüstrisi dünyanın hızla büyüyen üretim sanayisi olduğundan bu büyüme ile birlikte ve sürekli olarak değiştirme ihtiyacı ortaya çıkması nedeniyle modası geçmiş/kullanım ömrünü tamamlamış olan elektrikli ve elektronik eşyalar (e-atıklar) ülkemizde ve dünyada en önemli atık problemlerinden biri olmuşlardır. 1000'den fazla madde içeriği bulunan e-atıklar hem miktar bakımından hem de içerilerinde bulunan Pb, Be, Cd, Cr+6 Hg ve BRF atıldıkları zaman çevre sağlığı açısından ciddi güvenlik tehdidi oluşturmaktadırlar.

Atık Elektrikli Elektronik Eşyalar (AEEE); Avrupa Topluluğu'nun yayınladığı 2002/96/EC numaralı direktifinde E-atık olarak kısa kullanımları mevcuttur. E-atıklar toplam evsel kaynaklı katı atıkların %2 - %5' kadarını oluşturmaktadır. Bilgisayarlar televizyonlar, kablosuz iletişim araçları, ses ve görüntü cihazları, kopyalama ekipmanları, x-ray cihazları, mikrodalga cihazlar, diğer beyaz eşya grubundaki ürünler, küçük ev aletleri, otomatlar, floresan lambalar vb. birçok türde ürünler bu gruba girmektedir (Şekil 1.1.).



Şekil 1.1. E-atıkların gruplandırması (URL, 1)

Ülkemizde yıllık kişi başına düşen ortalama katı atık üretim miktarı 584 kg'dır. Ülkemizde yıllık ortalama 13 milyon ton evsel atık ve 19–20 milyon ton belediye atığı üretiliyor (Kaya ve Sözeri, 2007). Atıklar ya vahşi depolanma yapılmakta ya da yakılmaktadır. Aynı zamanda da e-atıklar metal, cam, plastik, vb. ürünleri içerdiği gibi, genel olarak basılı devre kartları, bataryalar, cıvalı parçalar gibi e-atık sınıfındaki bazı malzemelerde yer alan kurşun, cıva, krom, fosfor vb. bileşenleri içermektedirler. Bu türdeki e-atıkların yönetiminin temel amacı, e-atıkların miktarındaki artışın geri kazanım, geri dönüşüm, ya da bertaraf yöntemleri ile azaltılması ve olası zararlı etkilerinin en aza indirilmesidir. Aksi durumda insan ve çevre sağlığına ciddi etki oluşturabilecek tehlikeli maddelerin, toprak, hava ve suya salınımları söz konusu olacaktır.

Türkiye çok miktarda floresan lamba tüketen ülkeler arasında bulunmaktadır. Türkiye'de 1999 yılında meydana gelen büyük deprem ile birlikte floresan lamba üretimi sona ermiştir. Halen tüm kapalı mekânların vazgeçilmez aydınlatma ürünü olan floresan lambalar yurtdışında üretilip, ithal edilerek, Türkiye'de satışa sunulmaktadır. Tüketim sonrası atık floresan lambaların çoğu düzensiz ya da düzenli deponilere gönderilmektedir. Tüketilen farklı tip floresan lambaların çoğunluğunun ithal edildiğini ve bu ürünlerin kullanımı ile tehlikeli atık oluştuğu düşünüldüğünde, kendi öz kaynaklarımızla kendi ülkemizi kirlettiğimiz gerçeği ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde yürürlükte olan "Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği" ve "Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği" maddeleri uyarınca, atık floresan lambaları geri kazanmak veya bertaraf etmek zorunda olduğumuz anlaşılmaktadır (Özgür, 2014). Floresan lambaların geri kazanımında amaç hem tehlikeli atıkların uygun şekilde uzaklaştırılması hem de kaynakların ekonomik anlamda tekrar kullanımıdır.

Gündelik hayatta kullanılan ürünlerde cıvanın azaltılması çalışmaları henüz tamamlanmamıştır. Çamaşır makinelerinde, klimalarda, buzdolaplarında ve televizyonlarda cıva azaltma çalışmaları ticari ölçekte tamamlanmış olsa da, floresan lambalar gibi cıva içeren birçok üründe bu çalışmalar devam etmektedir (Asari ve ark., 2008).

1.2. Kapsam

Hızla gelişen teknoloji elektrikli ve elektronik eşyalarda da değişim ve gelişmelere sebep olmaktadır. Lamba tipine ve üretim yılına bağlı olarak floresan lambalarda farklılık gösteren cıva miktarı, çevresel kirlenmenin önüne geçmek amacıyla azaltılmaya çalışılmıştır (Jang ve ark., 2005). Floresan lambalar da bu gelişmelerle birlikte değişime uğramış tip, içerik ve özellikler açısından yıldan yıla çok farklı noktalara gelmiştir. 1994 yılında lamba başına kullanılan cıva miktarı 30 mg iken (Battye ve ark., 1994), 2000'li yıllara gelindiğinde bu değer oldukça düşmüştür. Bir adet T8 floresan lamba başına cıva miktarı 30 µg/g ve bir adet T12 lamba başına düşen cıva miktarı 45 µg/g olarak bulunmuştur (Jang ve ark., 2005). Floresan lambalar cıva içeriği açısından lamba başına onlarca miligramdan çok daha düşük miktarla düştüğü, 2012 yılından sonrada "Kompakt floresan lambaların üretiminde kullanılan cıva miktarının mevzuatlara göre lamba başına en yüksek 5 mg olması gerekmektedir" (Raposo ve ark., 2003; Rey – Raap ve Gallardo, 2012). Mevzuatlar ile de lamba başına 5 mg ile sınırlandırılmıştır.

USEPA tarafından hazırlanan ve içinde 129 adet öncelikli kirletici maddenin bulunduğu listede de adı geçen cıva, dünya üzerinde en toksik metallerden biri olarak kabul edilmektedir (Chang ve ark., 2007). Tüm cıva bileşikleri, sınır değerlerin üzerinde maruz kalındığında insan bünyesinde akut ve kronik anlamda toksik etki göstermekte; en çok sinir sistemi, beyin ve böbrekleri etkilemektedir (Bingham ve ark., 2001).

Mevcut durumda, geçtiğimiz yıllarda ki floresan lambalardan farklı içerikleri bulunan "yeni nesil floresan lambaların" literatürde bulunan floresan lambalara göre daha az cıva içerdiğinden dolayı, geri kazanımının imkânı, ticari potansiyel durumu ile aynı özelliklere sahip floresan lambalarda W farkının cıva karakteristiğine etkisi tespit edilerek bundan sonraki süreçte oluşacak olan floresan lamba atıkları için geri kazanım veya bertaraf tercihinin incelenmesi yapılmıştır.

Bu tez çalışması kapsamda piyasadan temin edilen veya toplanan floresan lambalar tip (T5, T8, T9, vb.) ve Elektriksel Güç Birimi (8W, 18W, 36W, 48W, vb.) bazında sınıflandırılmış, manuel olarak parçalama yöntemleri belirlenmiştir.

Toplama, ayırma ve ithalatçı firma bilgileri ışığında ülkemizde en çok tüketilen floresan lambaların hangi tip ve Watt olduğu tespit edilmiştir. En çok tüketilen lamba tipine ait yine en fazla tüketilen 2 farklı W'taki lambanın manuel parçalama işlemleri gerçekleştirilerek ağırlık yüzdeleri tespit edilmiştir.

Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak ülkemizde en çok tüketilen ve düşük cıva içeriğine sahip bu lamba tipine ait 2 farklı Watt'ta ki lamba grubunun üretim bilgileri üretici firmadan temin edilmiş ve cıva karekterizasyon testleri yapılmıştır. Elde edilecek sonuçların, floresan lamba atıklarının yönetimi ile ilgili birçok aşamada referans olarak kullanılabilecek ve ilgili literatüre katkı sağlayabilmesi açısından özgün değere sahip olduğu, cıva geri kazanımı ve bertaraftı ile ilgili akademik ve mühendislik çalışmalarına ışık tutması beklenmektedir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. E-Atık

2.1.1. E-atık tanımı ve tarihsel süreci

Avrupa Birliği elektronik atığın tanımını yaparken, kullanıcısı tarafından atılmış, atılmak istenen veya atılması gereken madde veya nesne (EU, 2003a) ifadelerini kullanmıştır. Atık üzerine yayımlanan tüm mevzuat enstrümanlarında, yukarıda sözü edilen atık tanımına atıfta bulunulmuş, hariç tutulan birkaç özel atık dışında tüm atıklar, maddelerin/nesnelerin kullanım ömürlerini doldurduktan sonra veya doldurmadan atılmış olmasına, atılmak istenmesine veya atılması gerekliliğine dayanarak bir atık yönetimi kurgulanmıştır.

Ülkemizdeki atık tanımına bakıldığında, 1983 yılındaki ifade çok sade olmasının yanı sıra, zaman geçtikçe geri dönüşüm sektörünün büyümesi ile bu tanımın ihtiyacı karşılamadığı yönünde eleştirilere muhatap olmaktadır. Buna göre ülkemizde bir maddenin elektronik atık sayılabilmesi için herhangi bir faaliyet sonucunda çevreye atılması ya da bırakılması gerekmektedir (Resmi Gazete, 1983). Ancak, atık tanımının bu haliyle geri dönüşümü ekonomik bir değer olan maddelerin yönetimi hususunu, tarafların çıkarları açısından zora soktuğu iddia edilmektedir. Öyle ki bu konudaki eleştiriler "bir maddenin atık olması için illa atılması gerekmez" yönündedir.

Genel olarak yapılan atık tanımından sonra, elektrikli ve elektronik eşya tanımını yapmak da gerekmektedir. Elektrikli ve elektronik eşya; işlev veya işlevlerini yerine getirebilmek için elektrik akımına veya elektromanyetik alana ihtiyacı olan, bu akım ve alanı üreten, ölçen, ileten ve de 1000 Volt alternatif akım veya 1500 Volt doğru akım kullanımını geçmeyecek şekilde tasarlanmış ekipmanların genel adıdır. (EU, 2003b). Atık elektrikli ve elektronik eşya ise yukarıda tanımı yapılan elektrikli ve elektronik eşyanın kullanım ömrü dolduğu ya da

kullanıcısı tarafından artık kullanılmak istenmediği andaki tüm parçalarını, bileşenlerini, unsurlarını ve içerdiği sarf malzemeleri kapsamakta olan atık çeşididir.

2.1.2. E-Atık kategorileri

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığının 02 Nisan 2015 tarihinde Resmi Gazetede yayınlanmak suretiyle yürürlüğe giren Atık Yönetim Yönetmeliğinde Atık: Üreticisi veya fiilen elinde bulunduran gerçek veya tüzel kişi tarafından çevreye atılan veya bırakılan ya da atılması zorunlu olan herhangi bir madde veya materyali ifade eder olarak tanımlanmış. Yine aynı bakanlık tarafından Resmi Gazetede Yayınlanan Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliğinde; Atık Elektrikli ve Elektronik Eşya: atık tanımına uygun ve Ek-1/A'da tanımlanan kategorilerde yer alan ürünlerin kullanım ömrü dolduğu andaki bütün bileşenlerini, unsurlarını ve ihtiva ettiği sarf malzemeler" şeklinde ifade edilmiştir.

Türkiye'de e-atık tanımı, "Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Sınırlandırılmasına Dair" 30.05.2008 tarihli Resmi Gazete 'de yayınlanan yönetmelik ile aşağıda belirtilen elektrikli ve elektronik eşyalar dâhil olmak üzere ve alternatif akımla 1000 Volt'u, doğru akımla da 1500 Volt'u geçmeyecek şekilde elektrik kullanımı tasarlanmış olan, uygun bir biçimde çalışması için elektrik akımına veya elektromanyetik alana bağımlı olan eşyaları ve bu akım ve alanların üretimi, transferi ve ölçümüne yarayan eşyaları işaret edecek şekilde kapsanmaktadır. Aşağıda ifade edilen elektrikli ve elektronik eşya kategorileri Yönetmelik Ek-1/B'de detaylandırılarak alt kategorilere ayrılmıştır (Resmi Gazete, 2012).

Elektrikli ve Elektronik Eşya Kategorileri

1. Büyük ev eşyaları
2. Küçük ev aletleri
3. Bilişim ve telekomünikasyon ekipmanları
4. Tüketici ekipmanları

5. Aydınlatma ekipmanları
6. Elektrikli ve elektronik aletler
7. Oyuncaklar, eğlence ve spor ekipmanları
8. Tıbbi cihazlar *
9. İzleme ve kontrol aletleri *
10. Otomatlar

(*) Yönetmeliğin 2.nci maddesine göre kapsam dışı tutulan eşya kategorileri

Bu kapsama girmeyen kategori ise tıbbi cihazlar ile İzleme ve Kontrol aletleridir.

2.1.3. E-atıkların insan ve çevre sağlığı üzerindeki etkileri

Elektronik atıkların geri dönüştürülmesi suretiyle yönetimlerinin ciddiyetle sağlanmasının ekonomik değer elde etmenin yanı sıra, bir takım ekolojik ve çevresel problemlerin önüne geçmek ve insan sağlığına olan zararlarını minimize etmek gibi önemli diğer faydaları da bulunmaktadır.

Elektronik atıkların ilkel metotlarla geri dönüştürülmesinin denenmesi yada katı atık depolama alanlarında nihai bertarafta uygun görülmesi eylemleri, e-atıkların çevresel ve ekolojik zararlar ile insan sağlığına yönelik zararların başlıca yol açıcıları olarak görülmektedir (Luo ve ark., 2011). Gelişmekte olan bazı ülkelerde yada henüz gelişmekte dahi olmayan ülkelerde uygun olmayan ilkel metotlarla e-atıkların geri dönüştürülmesi;

- Verimsiz bir geri dönüşüme,
- Geri dönüştürülen maddelerin kontaminasyona sebep olmasına,
- Geri dönüşümcülerin olduğu kadar, geri dönüşüm alanı çevresindekilerin de sağlığını olumsuz etkilemesine sebep olmaktadır. (Ogungbuyi ve ark., 2012)

E-Atıkların geri dönüşümleri ayırma ve sökme ile imha etmeyi içermektedir (Cui ve Zhang 2008). Bunun her koşulda, katı atık depolama alanlarında hiçbir

işleme tabi tutulmaksızın gömme ile sonuçlanan bertaraf yöntemlerinden çevresel etkileri minimize etmek açısından daha uygun olduğu tespit edilmiştir (Hopp ve ark., 2008).

Elektronik atıkların bünyelerinde bulunan bir takım zararlı kimyasalların ve ağır metallerin insan ve canlı sağlığına da olumsuz etkileri söz konusudur. İnsanın solunum yollarından, bağışıklık sistemine, sindirim ve dolaşım sisteminden sinir sistemine kadar birçok maddenin insan vücuduna birçok zararları vardır (Kahraman, 2014).

Çizelge 2.1.'de toksik olduğu bilinen ve e-atık içeriğinde yaygın olarak gözlenen bir takım maddelerin elektronikler içerisinde nerelerde kullanıldıkları ve e-atık olduğunda kısa süreli ve/veya uzun süreli maruz kalmalarda ne tür etkileri olabileceğine yer verilmiştir (Ogungbuyi ve ark., 2012).

Çizelge 2.1. Bazı zararlı e-atık içeriklerinin kullanıldığı yerler ve insan sağlığına zararları (Kahraman, 2014)

E-toksik madde	Bulunduğu kaynak	Sağlığa etkisi
Arsenik	Bilgisayar çiplerinde ve ışık salma tüplerinde	Cilt ve Akciğer Kanserine yol açar.
Kadmiyum	CPU, monitör ve NiCd bataryalarda bulunur	Yüksek seciylerde solunması halinde akciğer hastalıklarına ve ölümlere neden olur.
Kurşun	CRT monitörlerde, lehimin yapısında	Başlangıç semptomları iştahsızlık, kas ağrısı, halsizlik ve baş ağrısıdır. Uzun süre maruz kalındığında sinir sistemi performansını olumsuz etkiler. Yüksek seviylerde maruz kalındığında beyin hasarlarına ve ölümlere yol açar.
Cıva	Floresan Lambalarda, eski bataryalarda ve monitörlerde	Kısa süreli maruz kalmalarda bulantı, kusma, ishal, akciğer zedelenmesi, kan basıncının veya kalp atış hızının artması ve gözlerde tahrişe sebep olur. Uzun süreli maruz kalmalarda ise beyin hasarına, böbreklerin zedelenmesine ve anne karnındaki bebeğe zararları olmaktadır.

Sıkıca uygulanmayan çevresel düzenlemeler ve işçi sağlığı düzenlemelerinin eksikliği, elektronik atıklardaki toksisitenin ciddi şekilde bölgesel hava ortamına, toprağa ve suya kontemine olmasına sebep olmaktadır (Chen ve ark., 2011). Böylece bu kirletici ve zararlı maddeler de organizmaya tesir etmektedirler.

Elektronik atıkların bünyelerinde bulunan bazı ağır metaller, e-atık geri dönüşüm faaliyetlerinin yürütüldüğü alanlarda yaşayan insanların saçlarında, bu alanlara uzak yaşayan insanlara kıyasla daha yüksek konsantrasyonlarda tespit edilmiştir (Wang ve ark., 2011). 2012 yılında Gana'da elektronik atıkların demontajının (ayırma) yapıldığı bir alanda, ilkel demontajın çevresel etkileri ve insan sağlığına olan olumsuz etkilerini araştırmak üzere yapılan bir araştırmada akut solunum yolu enfeksiyonlarının tesis kurulduktan sonraki yıl, kurulmadan önceki seviyesinden % 60 oranında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Her yıl hijyen koşulları ve su teminindeki sıkıntılar yüzünden Dünya Bankası verilerine göre 8.000 insanın öldüğü Gana'da, özellikle bu araştırmanın yapıldığı bu bölgede metal konsantrasyonlarının ortalama dünya standartlarına göre 100 kat daha fazla olduğu saptanmıştır (Agyei-Mensah and Oteng-Ababio, 2012).

Amerika'da 2007-2008 yıllarında yapılan bir araştırmaya göre toplam e-atıkların sadece % 18'i geri dönüşüm sistemine dahil olurken, % 80'i katı atık depolama alanlarına gönderilmiş ve % 2'si de yakma tesislerinde (veya ilkel metotlarla) yakılmıştır. Katı atık depolama alanlarında e-atıklardan metal sızıntılar olabilmektedir. E-Atıkların yakılması toksik dioksin ve furanların atmosfere salınması anlamına gelmektedir. Umut vadeden e-atık yaklaşımlarına rağmen hâlâ geniş bir çevre dostu e-atık geri dönüşüm süreci söz konusu değildir (Chen ve ark., 2011). Çizelge 2.2.'de e-atıklarda yer alan toksik maddelerin çocuklara ne tür zarar verebileceği ve bu toksisitenin çocuğa nasıl geçeceğiyle ilgili bilgiler yer almaktadır.

Elektronik gereçler yüksek miktarda kimyasal elementlerden ve bileşimlerden meydana gelmektedir. Hatta standart olarak üretilmiş bir mobil telefonda 40'ın üzerinde kimyasal element ve kimyasal bir takım bileşikler bulunmaktadır. E-Atıkların içeriğinde bulunan demir, bakır, alüminyum, kalay, kurşun, nikel, gümüş, altın, arsenik, kadmiyum, krom, indiyum, cıva, ruthenyum, selenyum, vanadyum ve çinkonun bir takım sinir gelişim noktalarına da toksik etkileri olduğu bilinmekte veya bu durumdan şüphelenilmektedir. Nörogelişim eksikliği özellikle savunmasız olan çocuklarda çok ciddi bir problemdir (Chen ve ark., 2011).

Çizelge 2.2. E-atıklarda yer alan toksisitenin çocuklara etkisi (Kahraman, 2014)

Toksik Madde	**Çocuklarda Nöropsükolojiye olan potansiyel etkisi**	**Plesenta yoluyla çocuğa geçişi**	**Anne sütü yoluyla çocuğa geçişi**	**Çocuğa geçiş yolu**
Krom	Sinir sistemi	Evet	Evet	Hava, toz, su
Kadmiyum	Kavrama yeteneği	Sınırlı	Evet	Hava, toz, pirinç, sebze, tütün (sigara)
Kurşun	Kavrama yeteneği, sinir sistemi, hafıza, karar verme kabiliyeti, hiperaktiflik	Evet	Evet	Hava, toz, su, toprak
Cıva	Kavrama yeteneği, dil kabiliyeti, sinir sistemi, dikkat kaybı	Evet	Evet	Hava, deniz ürünleri, cıva buharı

2.2. Aydınlatma Sistemleri

2.2.1. Aydınlatmanın tanımı ve tarihçesi

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (ClE, 2000) tarafından aydınlatma, "nesneler ve çevrelerinin görülebilmesi, ışık uygulaması" biçiminde tanımlanmıştır. "Dış aydınlatma" ise (Şekil 2.1.) nesnelere, bunların çevrelerine ya da bir kent bölgesine, görülebilmeleri için ışık uygulamaktır.



Şekil 2.1. Dış aydınlatma (URL, 2)

Güneş dünyamızın ilk ışık kaynağıydı ve insanoğlu zamanla aydınlatma için çeşitli yöntemler aramaya başladı. Yemek pişirmek amacıyla günümüzden 700.000 yıl kadar önce kullanılmaya başlayan ateş, 70.000 yıl önce ise karanlık mağaralarda kontrollü bir aydınlatma aracı olarak kullanılmış ve bu sayede mağaraların duvarlarına boyama ve oyma yapılmaya başlanmıştır (URL, 3).

Odun ve reçine kullanılarak yapılmış olan meşaleler on binlerce yıl önceki ilk aydınlatma araçlarıydı. Mum ve kandillerin kullanımı 5.000 yıl önce hayvan

yağlarının tutuşmasının fark edilmesi ve ışığın elde edilmesiyle başlandı. İnsanlar hayvan yağının ateş üzerinde tutuştuğunu fark edince, haznesini balçıktan ve taştan yaptıkları, fitillerinin kara yosunu ve hayvan kılından yaptıkları, içinde hayvan yağları yakılan, kandil şeklindeki yağ lambalarını icat etti (URL, 3). Lamba haznesi olarak boynuz ve deniz kabukları gibi çok farklı malzemeler kullanılmıştır (Şekil 2.2.).



Şekil 2.2. Yağ lambası (URL, 3)

Gaz lambasının evlerdeki aydınlatmalarda ilk kullanımı 18. yüzyılda Almanya ve İngiltere'de kullanılmaya başlanmıştır. Gaz lambalarının kullanımı yaygın hale gelmesi gazın borularla vasıtasıyla caddelere ve evlere dağıtılmasıyla mümkün oldu. Böylece günümüze kadar süren ve devam etmesi kaçınılmaz uzun soluklu aydınlatma süreci başladı. Daha sonra yakıt amaçlı kullanılan yağların yerine 19. yüzyılda petrol ürünleri kullanılmaya başlandı (URL, 3).

Thomas Edison tarafından ilk elektrik lambası 19.yüzyılda (1879) icat edildi. Levis Hovard Latimer uzun süre dayanabilen karbon filamanlı ampulü icat etti. Ardından bugün hala kullandığımız tungsten fılamanlı ampul icat edildi. İç çeperleri floresan madde ile sıvanmış, güneş ışığına benzer ışık yayan floresan lamba 1927'de icat edildi (URL, 3).

Dünya nüfusundaki artış, enerji üretim giderlerinin artmasına neden olmuştur. Bu durum; insanları daha az enerji harcayan ampulleri kullanmaya yönlendirmiştir. 1962'de LED lamba icat edildi. 1980'de ampulden daha parlak olan halojen lambalar icat edildi (URL, 3). Halojen ve LED lambalar tasarruflu olup uzun ömürlü kullanım sağlasa da aydınlatma gücü bakımından floresan lambalar kadar iyi olmaması nedeniyle günümüzde de birçok alanda floresan lambalar tercih edilebilmektedir. Günümüzde floresan lamba ile gerçekleştirilen aydınlatma örneği Şekil 2.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Günümüzde floresan lamba ile aydınlatma (URL, 4)

2.2.1. Aydınlatma çeşitleri

Ampulün icat edildiği ilk günden itibaren karanlıkta gün ışığı ihtiyacını karşılama amacıyla başlayan ve günümüzde bu amacın yanı sıra güvenlik ve estetik alanlarında dahi hayatımıza giren aydınlatmanın, sektörel olarak birçok kullanım alanı vardır.

Ampullerin kullanım amaçlarından ilki insanların günışığının olmadığı veya yetersiz olduğu durumlarda bu ihtiyacı karşılamaktır. Konutlarda ve ofislerde bu amaçla genel olarak akkor flamanlı lamba ve floresan lambalar kullanılmaktadır. Ancak günümüz gelişen teknolojisi ve mevcut şartlar aydınlatmanın kullanım alanları ve amaçlarının da gelişmesine neden olmuştur. Aydınlatmanın kullanım alanlarının çeşitliliği ile ilgili birkaç örnek verecek olursak:

- Özellikle uluslararası sınırlarda, önemli tarihi eser ve binaların korunması amacıyla aydınlatmadan yararlanılmıştır. Bu gibi ortamlarda aydınlatma sayesinde yirmi dört saat günışığı ihtiyacı karşılanmış ve görüş alanı genişletilmiştir (Eser, 2013).

- Aydınlatma, karayollarının da vazgeçilmez öğelerinden biri olmuştur. Hem ıssız bölgelerde can güvenliğini sağlama amaçlı hem de sürücülerin görüş açılarını genişleterek daha güvenli bir yol seyri sağlamalarına imkân sağlamıştır. (Eser, 2013).

- Şehir meydanları, tarihi eserler, kamu binalarının dış aydınlatma sayesinde estetik bir görünüme sahip olmuştur. Böylece aydınlatma estetik amaçlı kullanılmıştır (Eser, 2013).

- Günümüz gelişen havacılık sistemi aydınlatmayı büyük bir basamak olarak kullanmıştır. Gün ışığının olmadığı saatlerde uçakların indirilmesi amacıyla aydınlatma kullanılmaktadır (Eser, 2013).

Futbol stadyumları, alışveriş merkezlerinin vitrinleri, trafik akışını sağlayan sinyalizasyon sistemleri, açık denizlerde gemilere kılavuzluk eden deniz fenerleri, kültür sahneleri, eğlenme merkezleri aydınlatmanın çok yönlü olarak kullanıldığı alanlardır. Bu örnekleri çoğaltmak mümkündür. Ancak burada dikkat edilmesi gereken husus, aydınlatmanın hayatımızın her alanında vazgeçilmez bir yere sahip olduğudur. Aydınlatma hayatımıza bu kadar girdiğine göre, ondan en doğru şekilde faydalanmamız gerekmektedir. Aydınlatmanın kullanım alanlarının bu kadar yaygınlaşması, ekonomik bir yük getirmektedir. Bu derece vazgeçilmez bir konuma gelen aydınlatmanın kullanım alanları daraltılamayacağına tam tersi şekilde her geçen gün biraz daha genişleyeceğine göre aydınlatmanın doğru ve verimli bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Bu sayede ekonomik külfet azalırken, aydınlatmadan alınan verim arttırılabilir (Eser, 2013).

2.2.1.1. Yapay aydınlatmanın tanımı ve kullanılan lamba türleri

Aydınlık ihtiyacı göz önünde bulundurularak, doğal ışık kaynakları ile aynı renkte ışık vermek üzere üretilmiş yapay (suni) ışık kaynakları yardımıyla bir ortamın istenilen şekilde aydınlatılmasıdır.

Aydınlatma ekipmanları arasında elektrik enerjisinin ışık enerjisine dönüşüp aydınlatmayı sağlayan ekipmanına lamba denir. Lambalar bir çok çeşidi vardır. Her çeşit lambanın kullanım amaçlarına göre kullanılması gerekmektedir. Aksi takdirde lambadan istenilen verim alınamayacaktır. Yanlış lamba seçimi enerjinin israfına neden olabileceği gibi çeşitli sağlık sorunlarına ve iş kazalarına neden olabilmektedir (Eser, 2013).

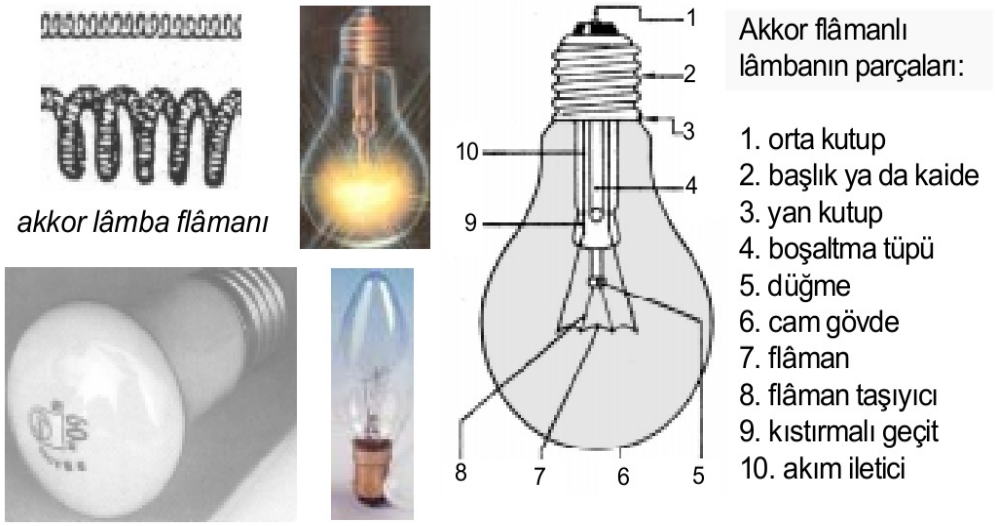
2.2.1.1.1. Enkandesan lamba

Isıl ışıma sonucunda ışık elde etme prensibi ile çalışan enkandesan (akkor) lambada, elektrik akımının tungsten telden geçmesi sonucunda teli ısıtarak akkor hale getirir ve tel ısınmaya devam ederken elektrik enerjisi ışınım enerjisine dönüşür. Şekil 2.4.'te gösterilen bu lambaların yaydıkları ışınımların büyük bir bölümü ısı, küçük bir bölümü görünür ışınımlardır.



Şekil 2.4. Enkandesan Lamba (URL, 5)

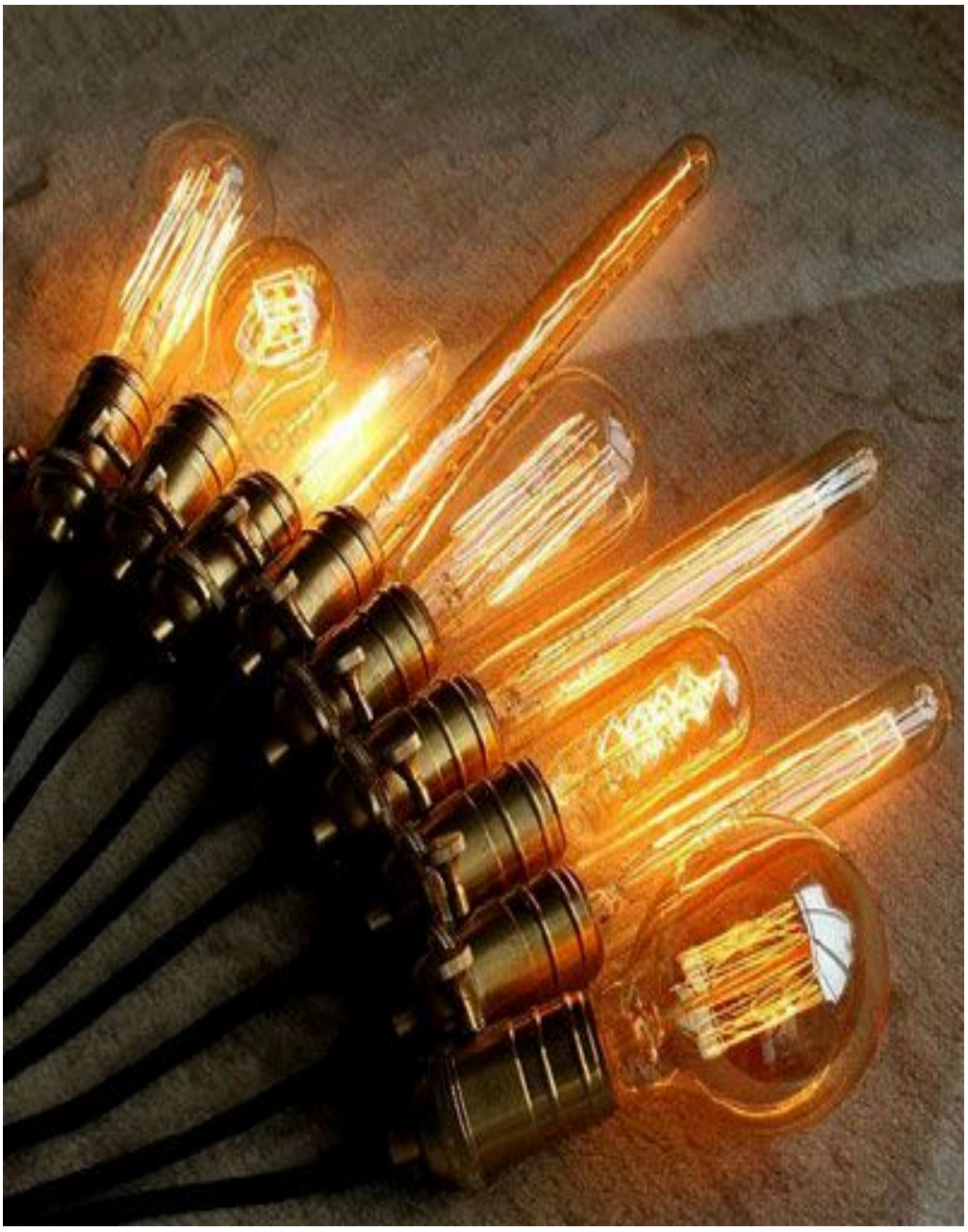
Geçmiş dönemlerde işletim kolaylığı nedeni ile akkor lambalar, ev ve ticari yapıların aydınlatılması amacıyla oldukça sık kullanılmaktaydı. Ancak Şekil 2.5.'te parçaları gösterilen bu lambaların, renk verimlerinin yüksek olmasına karşın ışık verimleri düşüktür. Brezilya, Venezuela, İsviçre, Avustralya, ABD ve Kanada gibi bazı ülkelerle Avrupa Birliği ülkelerinde, çok verimsiz oldukları için enkandesan lambaların üretimi, ithalatı ve satışı yasaklanmıştır (URL, 6).



Şekil 2.5. Akkor flamanlı lamba parçaları (URL, 7)

2.2.1.1.2. Halojen lamba

İçerisi durağan gaz ve halojen ile doldurulmuş kompakt şeffaf zarfın tungsten filament ile sızdırmazlığı sağlanmış bir ampul türüdür (URL, 6). Otomotiv sektöründe, mimari ve estetik amaçlı aydınlatmalarda, daha çok sahne aydınlatmalarında yaygın olarak kullanılan lambalar Şekil 2.6.'da gösterilmiştir.

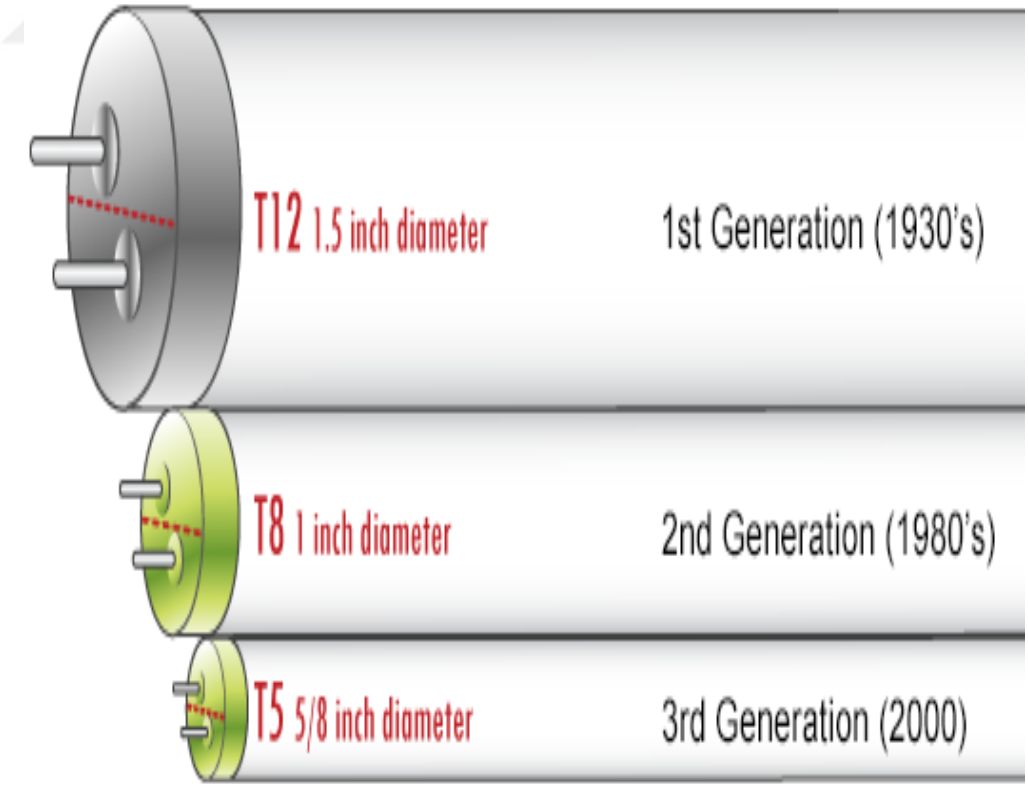


Şekil 2.6. Halojen lamba (URL, 7)

2.2.1.1.3. Floresan lamba

Isıl ışıma sonucunda ışınım elde etmek suretiyle çalışan floresan lambalarda, ışık üretimi alçak basınçlı cıva buharı ortamından, lambanın iç yüzeyine floresan madde sürülerek elektrik akımı geçirilmesi ile ışınım oluşturulmasıdır. Floresan lambaların temelde lamba gücü arttıkça verimi de artmaktadır (URL, 8).

Işık kaynaklarının kullanılan enerji içerisinde çok büyük bir payı olması enerji tasarruflu lambaların üretilmesi amacıyla yapılan araştırma ve geliştirmeler sonucunda tüp şeklindeki floresan lambalarda da büyük değişimler gerçekleştirilmiştir. 38 mm çaplı 20 W, 40 W, 65 W'lık lambalar yerine, 28mm çaplı sırasıyla 18 W, 36 W ve 58 W'lık floresan lambalar üretilmeye başlanmıştır. Lambaların ışık akıları artırılırken çapları küçültülmüştür, değişik renk sıcaklıklı ve renk ayırım özellikli lambalar geliştirilmeye ve üretilmeye başlanmıştır (URL, 8). Şekil 2.7.'de geçmişten günümüze floresan lamba çap değişikliği görülmektedir.



Şekil 2.7. Geçmişten günümüze floresan lamba (URL, 9)

2.2.1.1.4. Metal halide lamba

Bu lambalar öteki bahsedilen lamba türlerinden daha yeni bir teknolojiye sahip olduklarından diğer ampul tiplerinden farklı bir takım avantajlara sahiptirler. Bünyelerinde yüksek basınçlı civa ve metal halid bulundurmaktadırlar. İlk başlangıçtaki geri verimlilikleri %80 civarındadır ayrıca ışık akıları 160 L/W a kadar çıkarılabilmektedir (URL, 6).

Yüksek verimliliklerinden oldukça yüksek olmasından dolayı çok büyük alanların aydınlatılması için kullanılmaları uygundur. Uçları tek veya çift olabilir. Ayrıca metal halide lambaların seramik ark tüplü tiplerinde mevcut olmakla birlikte ark tüplerinin seramik olması daha az ısınmaya dolayısıyla ömür sürelerinin yükselmesine neden olmaktadır. Özellikle dış aydınlatma alanları için yeşil renkli olanları mevcuttur. Metal halide lamba görünümü Şekil 2.8.'de bulunmaktadır.



Şekil 2.8. Metal halide lamba (URL, 10)

2.2.1.1.5. Soydum buharlı lamba

Alçak basınçlı sodyum buharlı lambalarda, tüp içinde oda sıcaklığında katı halde bulunan soydum madeni bulunur. Deşarj öncelikle yardımcı bir gaz içerisinde meydana gelir. Kızgın elektrotlar baryum oksitle kaplanmış tungstendir. Kural olarak sodyum buharlı lamba, alternatif akım şebekelerinde kullanıldığından, tüpün her iki ucunda aynı tip elektrot bulunur. 220 Volt şebeke gerilim tutuşturma için yetersiz olduğundan, tüp içine elektrotları birbirine yaklaştıran bir tutuşturma teli yerleştirilmiştir. Böylece gerilim uygulandıktan sonra ana dolgu fazında (neon yada argon) küçük ışıltılı deşarj yolları oluşur ve ön deşarj başlar. İyonizasyon yardımıyla ön deşarj ana deşarjı başlatır. Dolayısıyla tüp ısınır, sodyum buharlaşır ve ışıklı plazma dolgu gazından sodyum buharına ulaşır (URL, 8).

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların spektroradyometrik diyagramları da çok geniş bir alana yayılır. Işık rengi parlak beyaz-sarı arasında bir izlenim verir. Şekil 2.9.'da sodyum buharlı lamba gösterilmiştir.

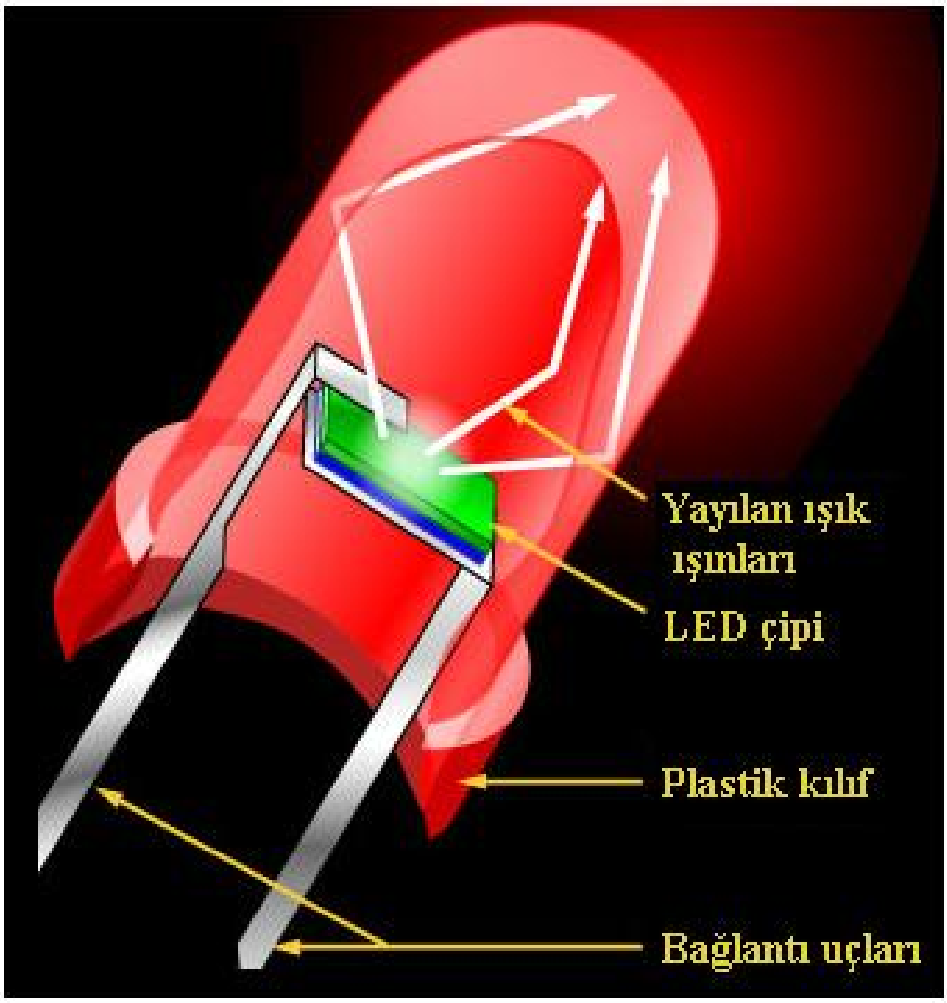


Şekil 2.9. Sodyum buharlı lamba (URL, 10)

2.2.1.1.6. LED lamba

LED (Light Emitting Diode); Türkçeye "Işık Yayan Diyot" olarak çevrilmektedir.

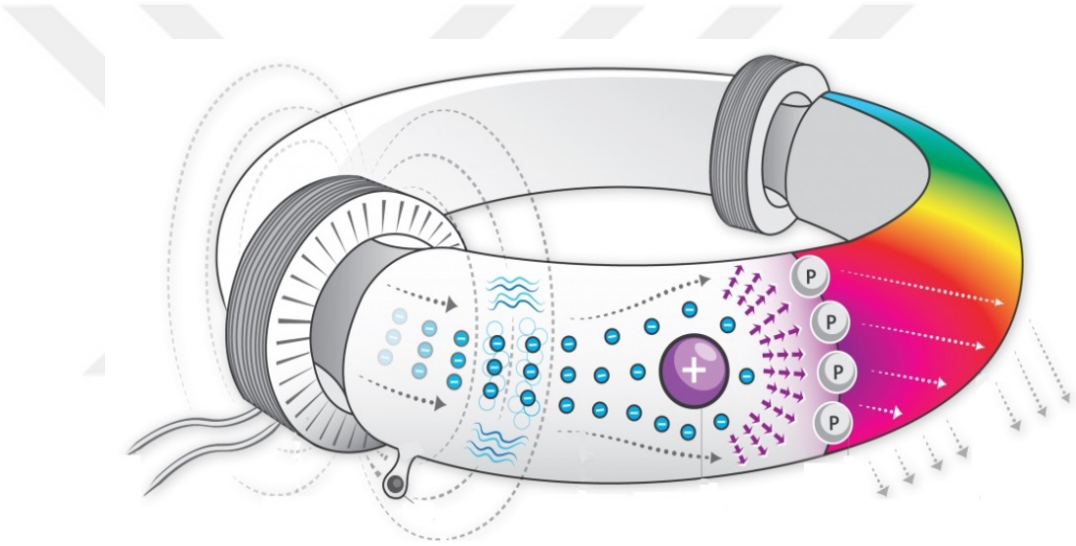
Ana maddesi silikon olan LED'ler yarı iletkendir. Işık yayan diyot çeşidi olup bir elektronik devre elemanıdır. LED 'in üzerinden akım geçtiğinde foton yayarak ışık oluşmasını sağlayan en önemli kısm olan yarı iletken maddeden oluşan ve plastik kılıf içerisindeki bağlantı ayaklarının bağlı bulunduğu LED çipidir. Işığın istenilen yönde bir yayılma sergilemesi için kılıf içerisine yerleştirilen bir yansıtıcı elaman vasıtasıyla sağlanmakta olan lamba elamanları Şekil 2.10.'da gösterilmiştir (URL,8).



Şekil 2.10. LED (Light Emitting Diode) lamba şeması (URL, 7)

2.4.2.1.7. İndüksiyon lamba

İndüksiyon lambaları dünyada ilk ve tek, manyetik indüksiyon ile gaz ışınımı ile ışık yayan çok uzun ömürlü lambadır. İndüksiyon lambası çalışma sistemi Şekil 2.11.'de gösterilmiştir. 2004 yılı itibariyle piyasaya sürülen ve fuarlarda gösterime sunulan indüksiyon lambalar, LED lambalara göre daha parlak ışık veren, tasarruflu lambalardan bile 10 kata kadar daha uzun ömürlü olan günümüzün son teknolojik ürünüdür. Gün geçtikçe kullanım alanlarının artmasıyla birlikte şüphesiz ilerleyen zamanlarda çok karşılaşacağımız bir lamba türü olacaktır (URL, 7).



Şekil 2.11. İndüksiyon lambası çalışma sistemi (URL, 7)

Bilinen prensiplere göre, basit bir mekanizma ile gaz deşarjından ışık elde edilir. Metal indüksiyon bobinlerinden oluşan elektromanyetik transformatörler, içinde gazı bulunduran cam tüp etrafında, elektronik balast tarafından oluşturulan yüksek frekansı kullanarak, elektromanyetik alan oluşturur. Deşarj hattı, serbest elektronların ivmelenmesini sağlayan bir kapalı devre yaratır. Bu elektronlar, cıva atomları ile çarpışır ve elektronlarını tahrik eder. Bu atomlardan tahrik edilen elektronlar, yüksek enerji seviyesinden daha sabit düşük enerji seviyesine geçerken, ultraviyole radyasyon yayarlar. Oluşturulan UV radyasyon, tüp yüzeyindeki fosfor katmandan geçerken, görünebilir ışığa dönüşür (URL, 7).

2.4.2.2. Doğal aydınlatma

Doğal Aydınlatma günışığın olmadığı vakitler yoğun olarak kullanılmaktadır. Ancak aydınlatma sadece gün ışığının olmadığı alanlarda kullanılmamaktadır. Günışığının olduğu ancak yeterli seviyede olmadığı alanlarda da aydınlatma günışığın olduğu vakitlerde kullanılmaktadır. Aynı şekilde mimari olarak yapılan yanlış tasarımlar mekânların yeterli ışık almamasına sebep olabilmektedir. Bu durumda günışığının yeterli olduğu ancak mimari hata sebebiyle mekân içerisine yeterince girmediği alanlarda da gün ışığının olduğu vakitlerde aydınlatma kullanılmaktadır. Bu da enerjinin verimli kullanılması adına son derece yanlış bir durumdur (Eser, 2013).

Binaların günışığı ile aydınlatılması genellikle pencerelerden sağlanmaktadır. Daha farklı estetik ve mimari yapıya sahip olan alışveriş merkezleri ve bazı konutlarda günışığın çatıdan alınması da mümkün olmaktadır. Ancak tüm bu durumlar bazen yetersiz olabilmektedir. Bu sebeple günışığından daha fazla yararlanmak amaçlı pratik birkaç çözüm üretilmiştir. Işık rafları, ışık tüpleri, özel yapılı camlar vb. (Şekil 2.12.).

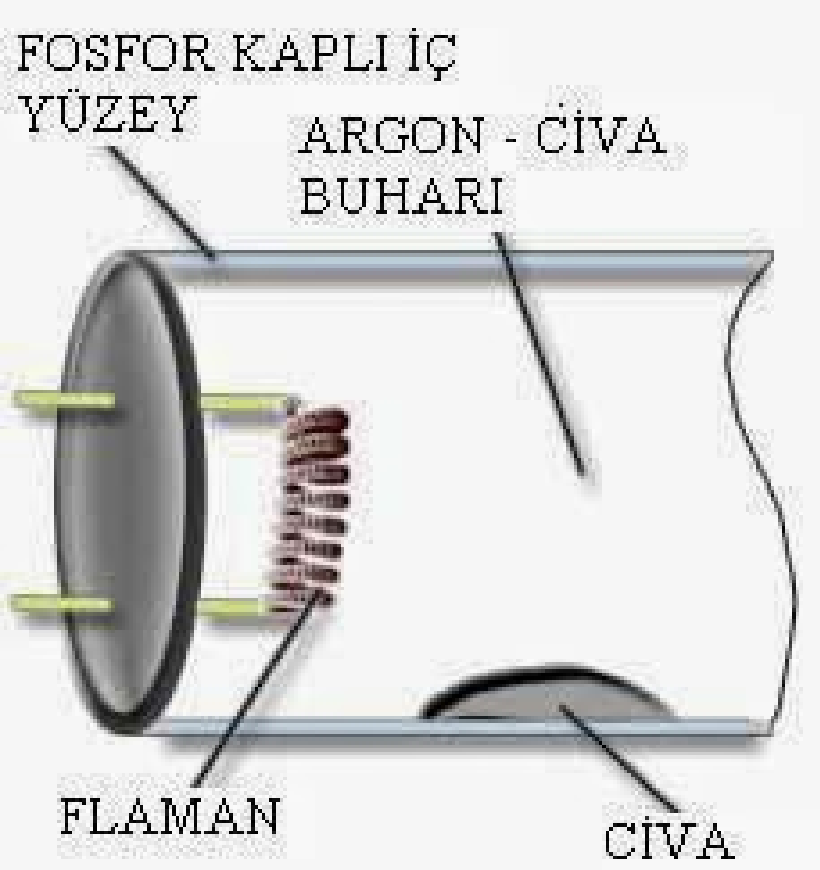


Şekil 2.12. Doğal aydınlatma (URL, 6)

2.3.Floresan Lambalar

2.3.1. Floresan lambanın tanımı ve çalışma prensibi

İki ucu flamanlı cam tüp, balast, starter, soket gibi elemanlardan oluşan lamba çeşididir. Akkor lambaya kıyasla çok daha fazla ışık yayar ve kullanımı yaygındır (Özgür, 2014). Floresan lamba elemanları Şekil 2.13.'te gösterilmiştir.



Şekil 2.13. Floresan lamba elemanları (URL, 9)

Floresan lambaların iki ucunda bulunan flamanlar akım geçtiğinde ısınarak tüp içindeki gazı da ısıtır. Flamandan geçen akım çok kısa süre içinde starter tarafından kesilir. İşte akımın tam kesilmesi anında balast yüksek bir gerilim oluşturarak tüpün iki ucu arasında akım geçişini başlatır. Gazdan geçmeye başlayan elektrik akımı ışığı oluşturur (URL, 9).

2.3.2. Floresan lamba kaynaklı cıva kirliliğinin çevre ve sağlık üzerine etkileri

2.3.2.1. Cıvanın tanımı ve bileşikleri

Cıva elementi oda sıcaklığı olan 25 °C'de sıvı halde bulunan ve aynı sıcaklıkta buharlaşma özelliğine sahip olan bir ağır metaldir. Rengi gümüş beyazıdır. Suda çözünmez, suya oranla 13.55 kat daha ağır, havaya oranla yedi kat daha yoğundur. Cıva doğada nadir olarak bulunan elementlerden birisidir (Öztürk, 2006).

2.3.2.2. Cıva ve bileşiklerinin sağlık üzerine etkileri

İnsan vücudunda kan tarafından absorbe edilen cıva vücut içinde beyin dahil tüm dokulara kolayca ulaşır. Cıvanın kanda yarılanma süresi ortalama 3 gündür. Dokularda yarılanma süresi ise 90 gündür. Dışkı ve idrar yolu ile vücuttan çok yavaş olarak atılır. Metalik cıva, diğer metallerle alaşım oluşturabilme özelliği nedeniyle dental dolgularda kullanılır (Kaya, 2008).

Amerika da bir bilim adamı çok daha zehirli olan dimetil cıvadan etkilendiği için ölmüştür. Bu maddeden birkaç damla yere dökülmüş, yere dökülen dimetil cıva lateksine ve derisine derhal nüfuz etmiş ve bilim adamı 5 ay sonra sendeleyerek yürümeye ve kelimeleri zor söylemeye başlamıştır. Komaya girmeden önce kör, dilsiz ve sağır olmuştur (Öztürk, 2006).

2.3.2.3. Cıva atıklarının azaltılması

Başta Çevre ve Şehircilik Bakanlığı olmak üzere Sağlık Bakanlığı, Sanayi Bakanlığı, İthalat ve İhracattan sorumlu kurumlar, Yerel Yönetimler ve sağlık kuruluşları cıva ve bileşiklerinin kullanımının azaltılması ile ilgili plan ve programlar hazırlamalı, cıva kullanımında azaltmaya gidilmelidir. Teknolojinin ilerlemesi ile cıva içeren lambaların atık olarak oluşumu engellenebilir (Çirlengiç, 2014).

Yerel yönetimler başta sağlık merkezleri, laboratuvarlar ve sanayi tesisleri olmak üzere çeşitli kurumların katılımı ile bölgesel bazda azaltma programları hazırlamalı ve uygulamaya koymalıdır. Bölgedeki ve göldeki kirlilik belli bir plan dâhilinde azaltılmalı ve önlenmelidir. Cıva kullanımının azaltılması ile ilgili sanayici, bakanlık, yerel yönetimler, sivil toplum örgütü ve vatandaşlarla kampanyalar düzenlemelidir (Öztürk, 2006).

Floresan lambalarda cıva kullanılması gereklidir. Tehlikeli atıkların azaltılması temel alınarak sırasıyla, daha az cıva içeren veya geri kazanımı kolay teknolojilerin seçilmesi, tekrar kullanılması ve bertaraf edilmesidir (Kırlangıç, 2012).

Kullanılacak olan floresan lambalardan daha az cıva içeren lambalar tercih edilmelidir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından verilecek yetki kapsamında belediyeler tarafından atık floresan lambalar için bir toplama planı oluşturulmalı ayrı olarak toplanan lambalar direkt olarak tehlikeli atık bertaraf tesislerinde bertaraftı sağlanarak bu tehlikeler önlenebilir (Çakır, 2013).

2.3.3. Floresan lambalarla ile ilgili yasal düzenlemeler

Ülkemizde floresan lambalarla ilgili, 2 Nisan 2015 tarih ve 29314 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Atık Yönetimi Genel Esaslarına ilişkin Yönetmeliğin Ek-4 Atık Listesi kısmında belirtilmiştir. Buna göre atık floresan lambalar, esik konsantrasyonuna bakılmaksızın tehlikeli atık sınıfında yer almaktadır. Atık yönetimi genel esaslarına ilişkin yönetmeliğin Ek-4 atık listesinde bulunan cıva Çizelge 2.3.'te görülmektedir.

Çizelge 2.3. Atık yönetimi genel esaslarına ilişkin yönetmeliğin Ek-4 atık listesinde cıva

20	**AYRI TOPLANMIŞ FRAKSİYONLAR DAHİL BELEDİYE ATIKLARI (EVSEL ATIKLAR VE BENZER TİCARİ, ENDÜSTRİYEL VE KURUMSAL ATIKLAR)**	
20 01	**Ayrı Toplanan Fraksiyonlar (15 01 Hariç)**	
20 01 01	Kâğıt ve karton	
20 01 02	Cam	
20 01 08	Biyolojik olarak bozunabilir mutfak ve kantin atıkları	
20 01 10	Giysiler	
20 01 11	Tekstil ürünleri	
20 01 13*	Çözücüler	A
20 01 14*	Asitler	A
20 01 15*	Alkalinler	A
20 01 17*	Foto kimyasallar	A
20 01 19*	Pestisitler	A
20 01 21*	Flüoresan lambalar ve diğer cıva içeren atıklar	A
20 01 23*	Kloroflorokarbonlar içeren ıskartaya çıkartılmış ekipmanlar	A
20 01 25	Yenilebilir sıvı ve katı yağlar	
20 01 26*	20 01 25 dışındaki sıvı ve katı yağlar	A

Atık floresan lambalar gömme metodu ile depolanarak bertaraf edilecekse, lamba içerisindeki cıva miktarının belirlenmesi büyük önem taşınmaktadır (Coşkun, 2013). 14.03.2005 tarihli ve 25755 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinde, atık haline geçen floresan lambaların depolanabilmesi için Ek 11A'da belirtilen kriterlere uyulmalıdır. Buna göre, gömülmek istenen lamba atıklarının içerisindeki cıva konsantrasyonunun <0.02-0.2 mg/L olması gerekmektedir. Eğer depolama yerine yakma işlemi tercih edilecekse, aynı yönetmeliğin Ek 17 "Yakma Tesisi Atık Gazının Arıtımından Gelen Atıksu Deşarj Limiti" olarak tanımlanan kısımdaki cıva ve cıva bileşikleri için geçerli olan sınır değeri 0.02 mg/L'dir.

Ülkemizde şu anda halen yürürlükte olan "Atık Yönetimi Genel Esaslarına ilişkin Yönetmelik" ile "Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin

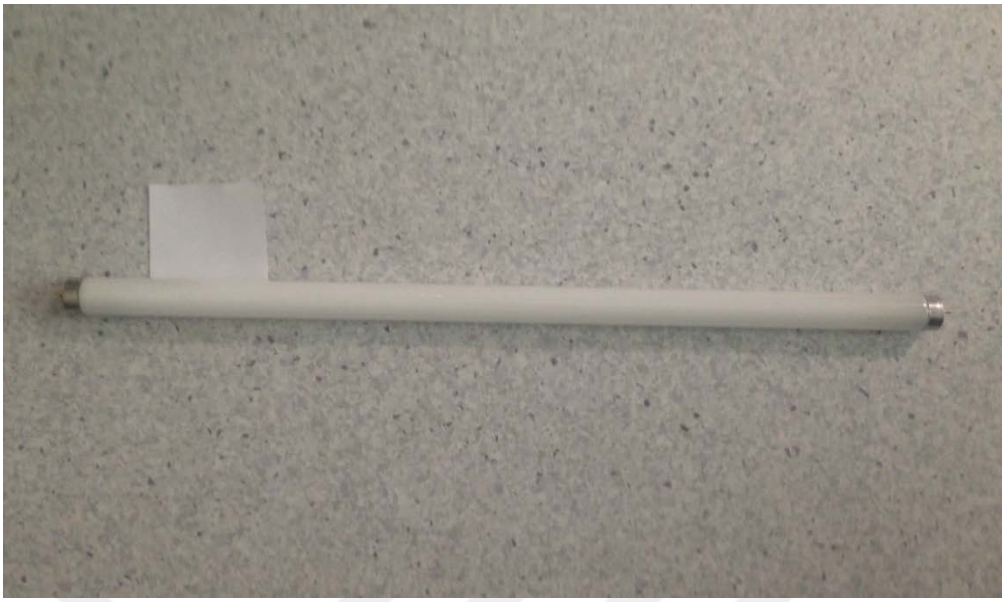
Kullanımının Sınırlandırılmasına Dair Yönetmelik" maddeleri uyarınca, atık floresan lambaların geri kazanılması veya bertaraf edilmesi gerekmektedir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Gerekli literatür araştırmaları yapıldıktan sonra, bu çalışma kapsamında kullanılmak üzere atık floresan lambalar başta Mardin iline bağlı Midyat ilçesinde bulunan kurumlar ile birlikte farklı illerde bulunan ve atık floresan miktarı fazla olan özel (Shell, TÜPRAŞ, vd.) ve resmi kurumlardan (TPAO, MEB, MKE, vd.) temin edilmek üzere bir plan dahilinde atık floresan lambalar toplanmıştır. Bu floresan lambalar Harran Üniversitesi HÜMEL'de oluşturulan depolama alanında lamba tipine, markasına, üretim yılına ve Elektriksel Güç Birimine göre tasnif edilerek depolanmıştır. Tüm testler için farklı tip düz floresan lamba grubundan (T5, T8, T9, vb.) toplam 350 adet atık floresan lamba toplanmış en fazla toplanan lamba türünün 2 farklı "Elektriksel Güç Birimi" (8W, 18W, 36W, 48W, vb.) Watt (W)'ta yoğunlaştığı görülmüştür. Depolanan floresan lambaların depolama alanında bulundukları süre içerisinde kırılmaları sonucu meydana gelebilecek olası riskler için gerekli tedbirler alınmıştır.

Tip ve W'larına göre sınıflandırılana floresan lambalar incelendiğinde neredeyse tamamının bir floresan lamba tipine ait iki farklı W'ta, A-marka lambalardan oluştuğu tespit edilmiştir. Daha sonra Türkiye'de floresan lamba üretimi olmadığından hem yapılan piyasa araştırmaları hem toplanan lambalara ait markaların yoğunluğu göz önünde bulundurulduğunda iki marka ön plana çıkmıştır. A-marka ve B-marka floresan lambaların üretici ve ithalatçı firmaları ile yapılan sözlü görüşmeler en fazla üretilen ve ithal edilen A-markalı, T8 floresan lamba tipine ait 18 W ve 36W'lık floresan lambalar üzerinde çalışılması kararlaştırılmıştır. 18 W'lık floresan lambalar Şekil 3.1. ve 36W'lık floresan lambalar Şekil 3.2.'de gösterilmiştir. Şekil 3.3.'te görünen söz konusu kullanılmamış floresan lambalar HÜBAK tarafından desteklenen proje kapsamında satın alınarak Harran Üniversitesi HÜMEL'de oluşturulan alanda depolanmıştır.



Şekil 3.1. T8, 18W floresan lamba



Şekil 3.2. T8, 36W floresan lamba



Şekil 3.3. Kullanılmamış floresan lambalar

3.2. Yöntem

3.2.1. Floresan lambaların parçalarına ayrılması

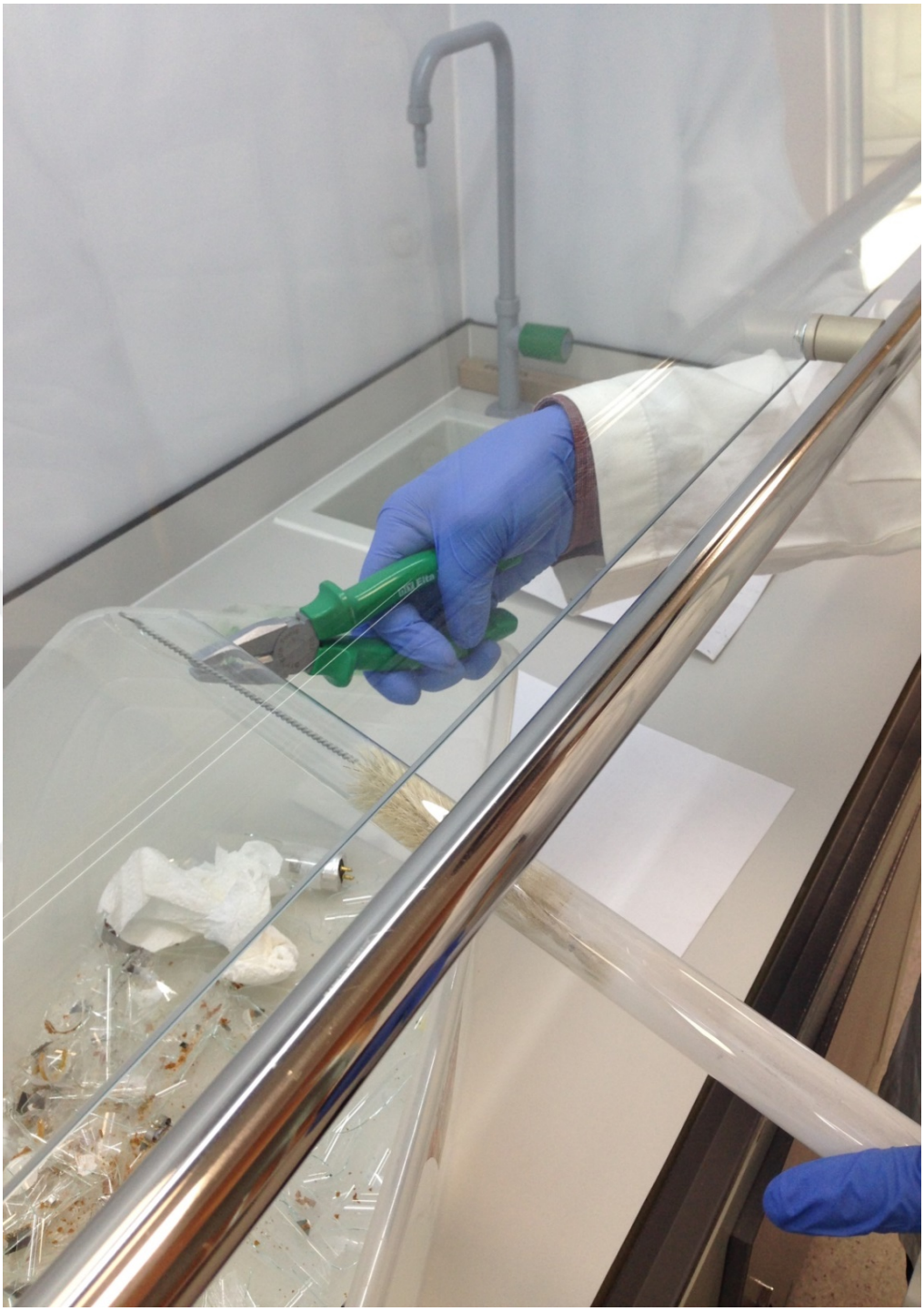
Atık floresan lambalar ilk olarak toz ve boya gibi kirliliklerden temizlendikten sonra deneylerde kullanılmak üzere parçalara ayrılmıştır. Bu işlem çeker ocakta özel olarak kurulan düzenekte vakum altında yapılmıştır. Tüm parçalama ve ayırma işlemleri boyunca buhar haline geçen cıva, cıva buhar detektörü ile kontrol edilmiştir. Öncelikle parçalama işlemi için koruyucu ekipmanlar olarak eldiven, maske, gözlük ve önlük kullanılarak çeker ocak içerisinde parçalanmaya hazır hale getirilen floresan lambanın alüminyum kapakları pense marifetiyle sökülmüştür. Parçalama ve ayırma işlemlerinin çeker ocakta yapılması Şekil 3.4.'te gösterilmektedir. Alüminyum kapaklar altında, kapak kısmında ve lamba camı kısmında bulunan reçine neşter yardımıyla kazınarak temizlenerek ayrı bir kaba alınmıştır. Floresan lambada buluna flamanlar da pense ile söküldükten sonra lambanın en uç noktasından küçük bir delik açıldığında basınç farkından dolayı fosfor tozunun lambanın içine doğru bir hareket sergilediği gözlemlenmiştir. Lambanın ucundan delik açılması sonrasında fosfor tozunun hareketi Şekil 3.5.'te gösterilmiştir. delik açılan tarafta fosfor tozu kalmadığı için o taraftaki cam kırılarak fırça yardımıyla aşamalı bir şekilde toz lambanın içine doğru süpürülüp temizlenen cam ilerledikçe kırmaya devam edilmiştir. Fosfor tozunun süpürülerek temiz camın kırılması işlemi Şekil 3.6.'da görülmektedir. Son olarak lambanın dibinde biriken fosfor tozu tartımı yapılmak üzere daha önceden ağırlığı kaydedilmiş kâğıt üzerine boşaltılmıştır.



Şekil 3.4. Parçalama ve ayırma işlemlerinin çeker ocakta yapılması



Şekil 3.5. Lambanın ucundan delik açılması sonrasında fosfor tozunun hareketi



Şekil 3.6. Fosfor tozunun süpürülerek temiz camın kırılması işlemi

Parçalama ve ayrıştırma süreci boyunca, floresan lambalardan ayrılan alüminyum kapaklar, reçine, flamanlar, cam tüpler ve serbest fosfor tozları ayrı ayrı tartılacak, tartımlar sonucu her tip için ağırlık yüzdeleri bulunacaktır. İlgili parçalar

hemen teste tabi tutulmayacaksa, her tip için her parça ayrı kaplarda biriktirilerek, müteakip deneylerde kullanılmak üzere +4 °C'de buzdolabında saklanmıştır.

Floresan lambaların fosfor tozunda bulunan cıva tek bir değer olarak karakterizasyon testleri yapılacaktır. Bu testler element/mineral düzeyde karakterizasyon testlerinden farklı olarak, toplanan (veya satın alınan) her bir tip floresan grubu için gerçekleştirilecektir. Bu işlemler sonucunda floresan lambayı oluşturan kısımların toplam kadar cıva içerdiğini ortaya çıkmıştır.

Karakterizasyon fazını takip eden aşamalarda da belirlenen 2 tür floresan lamba grubuna ait numuneler kullanıldığından dolayı bu yaklaşım, tespit edilen element kompozisyonunun müteakip işlem ve proseslere olan olası etkilerini belirlemek açısından da önem arz etmektedir.

3.2.2. Fosfor tozu numunelerinde cıva tayini

Üzerinde çalışılması planlanmış olan floresan lamba türlerinin her biri için elde edilmiş olan fosfor tozu numunelerinden 0,3'er gram tartıldı. Her bir numune için 0,3 gr fosfor tozu + 8 ml HNO_3 (nitrik asit) eklenerek Şekil 3.7.'de gösterilen Berghof MWS2 Marka mikrodalga fırında çözeltiye alındı.



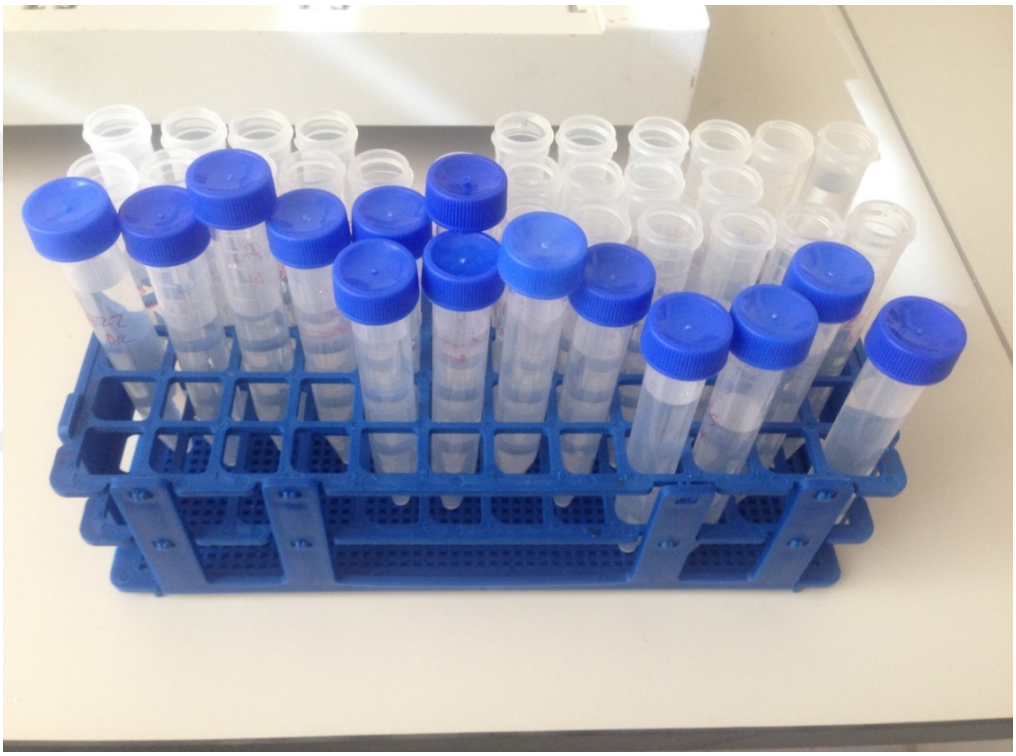
Şekil 3.7. Berghof MWS2 Marka mikrodalga fırın

Mikrodalga fırında uygulanan güç ve sıcaklık parametreleri aşağıda bulunan Çizelge 3.1.'de verildiği gibidir.

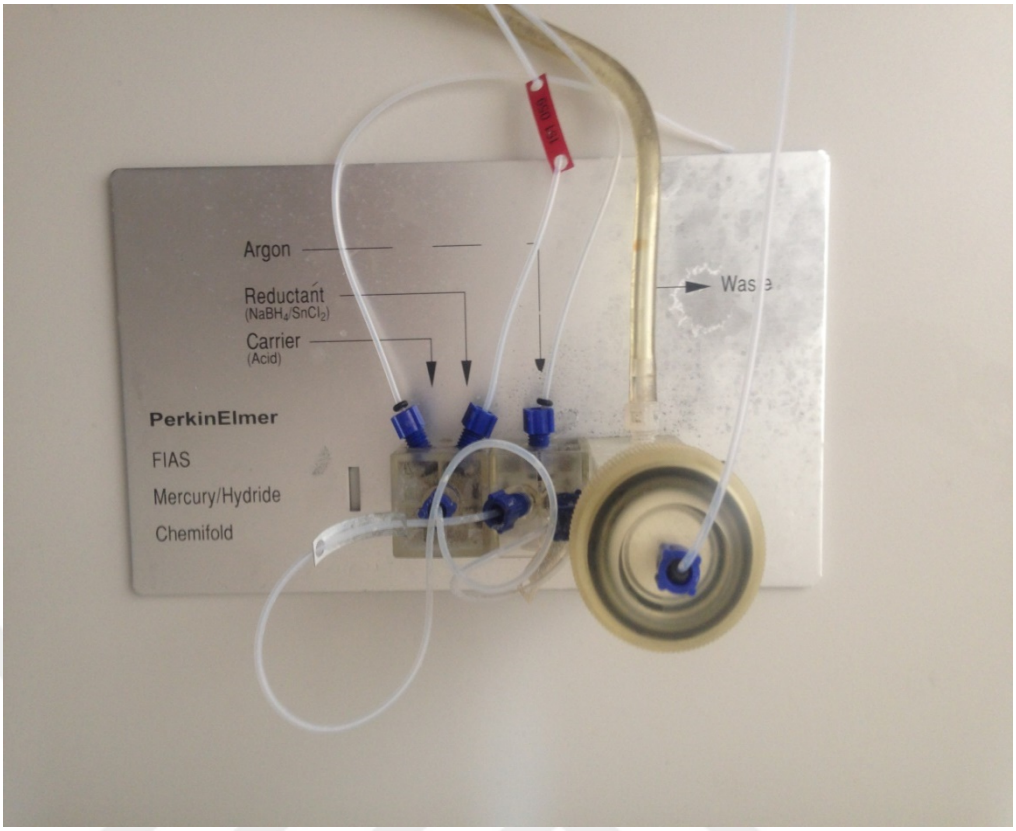
Çizelge 3.1. Numunelerin mikrodalga fırındaki işlem süreci

Sıra	Sıcaklık	Zaman	Güç
1.Basamak	130 °C	15 dk	% 75 power
2.Basamak	155 °C	10 dk	% 85 power
3.Basamak	170 °C	12 dk	% 65 power

Daha sonra mikrodalga fırında çözündürme işlemi (mikrodalgada yakma işlemi) bittikten sonra çözünme kapları soğumaya bırakıldı. Sıcaklıkları 20 – 25 °C seviyelerine düşmesiyle birlikte Şekil 3.8.' de görünen 15 ml'lik plastik tüplere alınarak saf su ilave etmek suretiyle 15 ml'ye tamamlandı. Şekil 3.9.' da gösterilen hidrür sistem ile okutulmak üzere her bir örnekten 10 ml ayrı bir kaba alındı. Bu kaplara % 5 HCl (hidroklorik asit) içerecek şekilde ekleme yapıldı. Son olarak 2 – 3 damla % 5 W7V $KMnO_4$ (potasyum permanganat) çözeltisi ilave edildi. Seyreltme işlemleri % 3 HCl çözeltisiyle yapılmıştır.



Şekil 3.8. Plastik numune tüpleri



Şekil 3.9. Hidrür sistem

Cıva standartlarının hazırlanması; 10 – 50 – 100 – 300 ppb standartları hazırlanırken % 5 HCl çözeltisi kullanıldı. Böylece tüm standartlar % 5 HCl içermiş oldu. Hepsine 2 – 3 ‘er damla KMnO4 çözeltisi damlatıldı. Şekil 3.10.’da gösterilen Perkin Elmer marka Optima 5300 DV model ICP Optik Emisyon Spektrometresine bağlı Hidrür Sistemiyle cıva analizleri yapıldı. Çıkan sonuçlar her bir lambadan çıkan fosfor tozunun miktarına oranlanarak her lambada bulunan cıva miktarı belirlendi.



Şekil 3.10. Perkin Elmer marka Optik Emisyon Spektrometresi

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Floresan Lambaların Üretim Bilgileri

Analizlerde kullanılan A marka floresan lambalara ait üretim bilgileri üretici firmadan temin edilmiştir. Kullanım ömrü 20.000 saat olarak görünmekte olan A marka, T8 tip ve 18 W lambaya ait genel bilgiler (Çizelge 4.1.). Aynı lamba türüne ait net ağırlık floresan lamba başına 71 gr, enerji verimliliği etiketi (EEL): A ve cıva içeriği 2.00 mg/lamba olarak görünmektedir. T8, 18W Floresan Lambaya ait cıva içeriği ve enerji tüketimi Çizelge 4.2.'de gösterilmiştir.

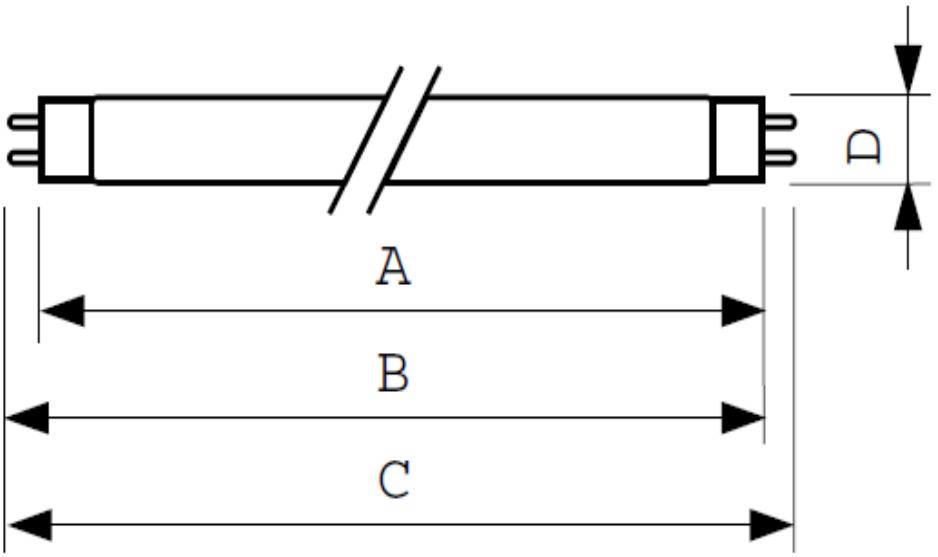
Çizelge 4.1. A marka, T8 tip ve 18 W lambaya ait genel bilgiler

Genel Bilgiler	
Kapak Tabanı	1
%10 Arızaya Kadar Kullanım Ömrü (Nom)	12000 h
%50 Arızaya Kadar Kullanım Ömrü (Nom)	15000 h
%50 Arıza Ön Isıtmasına Kadar Kullanım Ömrü (Nom)	20000 h
LSF 2000 s Tanım, 3s döngü	99 %
LSF 4000 s Maks, 12 s döngü	99 %
SSF 60000 s Maks, 3 s döngü	99 %
SSF 8000 s Maks, 3 s döngü	99 %
LSF 12000 s Maks,12 s döngü	89 %
SSF 16000 s Maks,3 s döngü	33 %
LSF 20000 s Maks,12 s döngü	2 %

Çizelge 4.2. T8, 18W Floresan lambaya ait cıva içeriği ve enerji tüketimi

Cıva (Hg) İçeriği (Nom)	2.0 mg
Enerji Tüketimi kWh/1000 sa	22 kWh

Üretim bilgileri içeriği “Güvenlik Uyarıları” bölümünde “Lamba kırılmasının sağlığınız üzerinde herhangi bir olumsuz etkisi olduğunu olmayacağını söylemek pek de mümkün değildir. Bir lamba kırıldığında, odayı 30 dakika süreyle havalandırın ve kırık parçaları tercihen eldiven kullanarak toplayın. Bunları ağzı kapalı bir plastik torbaya koyun ve geri dönüşüm için size en yakın atık toplama merkezine götürün. Elektrikli süpürge kullanmayın.” ifadesi dikkat çekmektedir. Boyut bilgileri için 28 mm çap ve 604 mm boy bilgileri bulunmaktadır. T8, 18W Floresan Lambaya ait kesit (Şekil 4.1.), T8, 18W Floresan Lambaya ait boyut bilgileri Çizelge 4.3.’te bulunmaktadır.



Şekil 4.1. T8, 18W Floresan lambaya ait kesit

Çizelge 4.3. T8, 18W Floresan lambaya ait boyut bilgileri

Product	D	A	B	B	C
18W	28 mm	589.8 mm	596.9 mm	594.5 mm	604 mm

Analizlerde kullanılmış olan A marka, T8, 36 W tipindeki lamba ile ilgili üretim bilgileri kullanım ömrü aynı şekilde 20.000 saat diğer genel bilgilerde yaklaşık değerlerdedir. A marka, T8 tip ve 36 W lambaya ait genel bilgiler (Çizelge 4.4.). Aynı lamba türüne ait net ağırlık floresan lamba başına 135 gr, enerji verimliliği etiketi (EEL): A ve cıva içeriği de aynı şekilde 2.00 mg/lamba olarak görünmektedir. T8, 36W Floresan lambaya ait cıva içeriği ve enerji tüketimi Çizelge 4.5.'te gösterilmiştir.

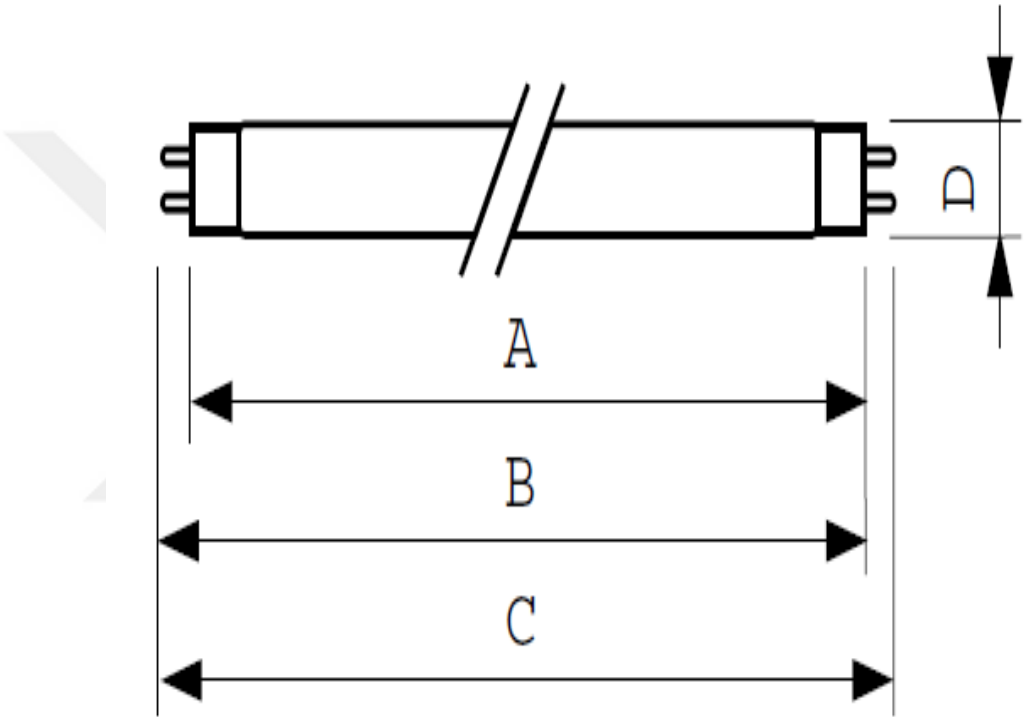
Çizelge 4.4. A marka, T8 tip ve 36 W lambaya ait genel bilgiler

Genel Bilgiler	
Kapak Tabanı	1
%10 Arızaya Kadar Kullanım Ömrü (Nom)	12000 h
%50 Arızaya Kadar Kullanım Ömrü (Nom)	15000 h
%50 Arıza Ön Isıtmasına Kadar Kullanım Ömrü (Nom)	20000 h
LSF 2000 s Tanım, 3s döngü	99 %
LSF 4000 s Maks, 12 s döngü	99 %
SSF 60000 s Maks, 3 s döngü	99 %
SSF 8000 s Maks, 3 s döngü	99 %
LSF 12000 s Maks,12 s döngü	89 %
SSF 16000 s Maks,3 s döngü	33 %
LSF 20000 s Maks,12 s döngü	2 %

Çizelge 4.5. T8, 36W Floresan lambaya ait cıva içeriği ve enerji tüketimi

Cıva (Hg) İçeriği (Nom)	2.0 mg
Enerji Tüketimi kWh/1000 sa	42 kWh

Üretim bilgileri içeriği “Güvenlik Uyarıları” bölümünde aynı ifadelere yer verilen lambanın boyut bilgileri için 28 mm çap ve 1213,6 mm boy bilgileri bulunmaktadır. T8, 36W Floresan lambaya kesit (Şekil 4.2.). T8, 18W Floresan lambaya ait boyut bilgileri Çizelge 4.6.’da gösterilmiştir.



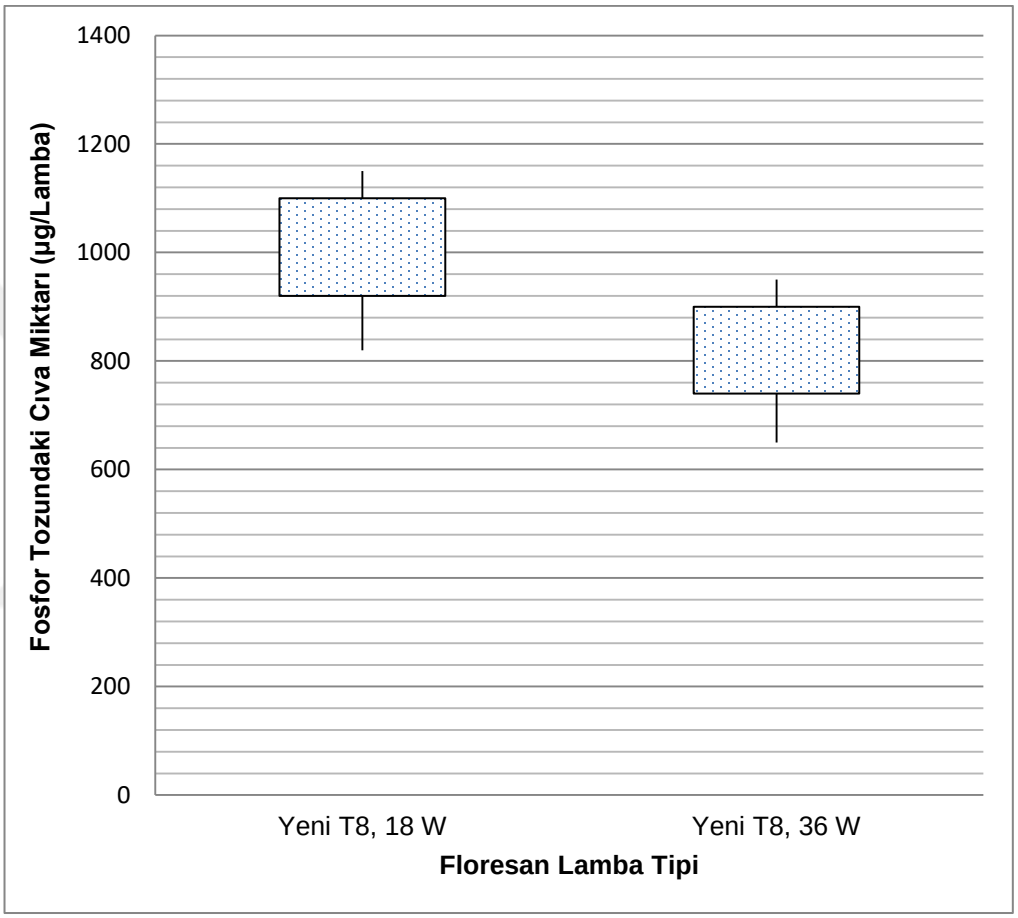
Şekil 4.2. T8, 36W Floresan lambaya ait kesit

Çizelge 4.6. T8, 36W Floresan lambaya ait boyut bilgileri

Product	D	A	B	B	C
36W/865 1SL/25	28 mm	1199.4 mm	1206.5 mm	1204.1 mm	1213.6 mm

4.2. Fosfor Tozunda Bulunan Cıva Analiz Sonuçları

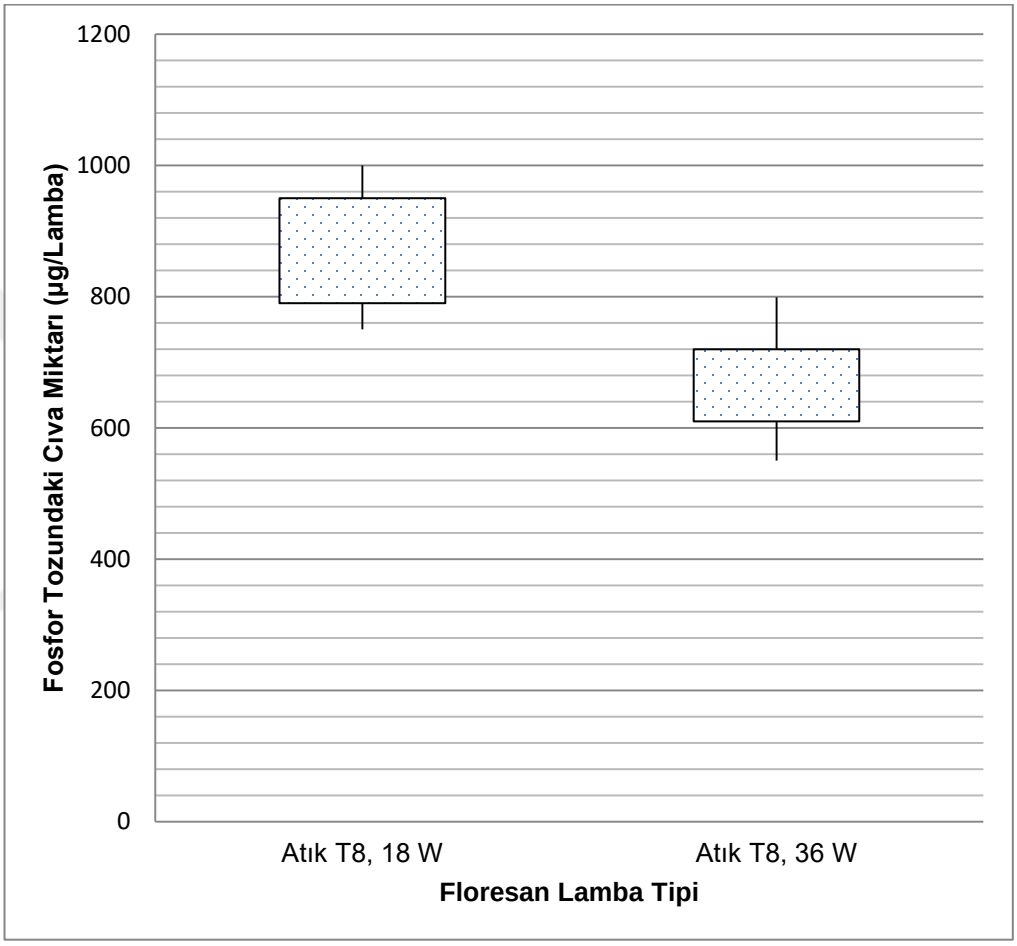
Analizler sonucunda bir floresan lambanın bünyesinde bulunan 2 mg cıvanın yaklaşık % 50 kadarının fosfor tozunda absorbe olduğu görülmüştür. Yeni floresan lambaların fosfor tozundaki cıva miktarı Şekil 4.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Yeni floresan lambaların fosfor tozundaki cıva miktarı.

Kullanılmamış floresan lambalara ait fosfor tozu cıva içerikleri açısından W farkına göre karşılaştırıldığında, Yeni T8 - 18W (ortalama 1010 µg/lamba) lambaların, Yeni T8 - 36W (ortalama 820 µg/lamba) lambalara göre fosfor tozunda absorbe olmuş cıva miktarının daha fazla olduğu görülmüştür. Bu sonuca bağlı olarak Yeni T8 - 18W fosfor tozunun içerdiği cıva miktarının, Yeni T8 - 36W fosfor tozundaki cıva miktarının % 20 – 25 fazlası olduğu tespit edilmiştir.

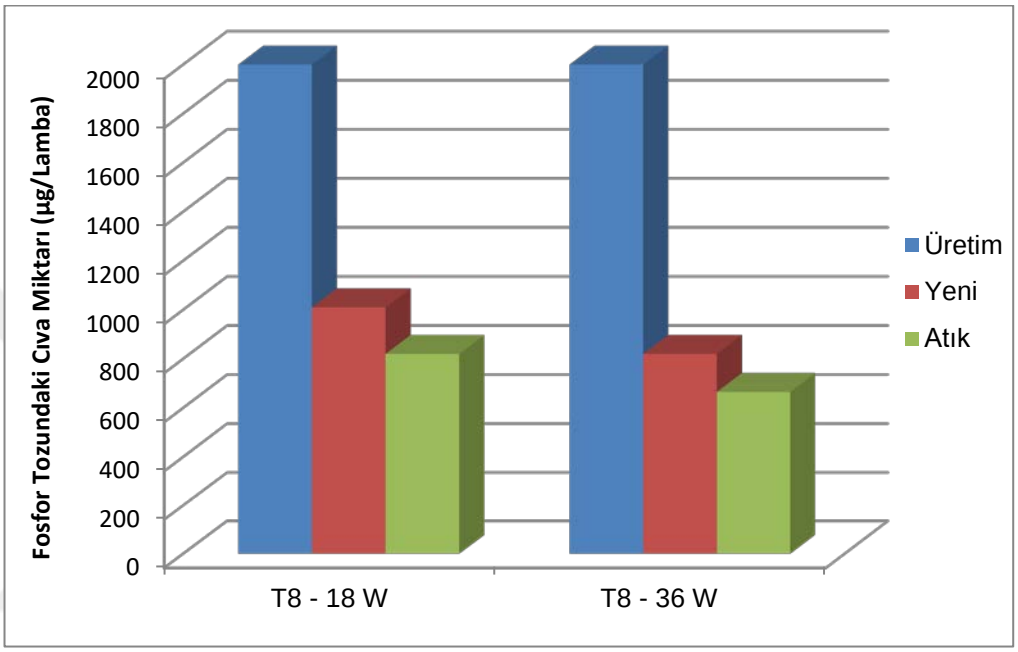
Yeni floresan lambalar ile tüm özellikleri aynı olan atık floresan lambalara ait fosfor tozu cıva içeriklerine bakıldığı zaman, her iki lamba tipi (Atık T8-18W ve Atık T8 – 36W) içinde fosfor tozunda absorbe olmuş cıva içeriklerinde % 15 civarında bir azalma olduğu görülmüştür. Kullanılmış floresan lambaların fosfor tozundaki cıva miktarı Şekil 4.4.'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Atık floresan lambaların fosfor tozundaki cıva miktarı.

Atık floresan lambalara ait fosfor tozu cıva içerikleri açısından W farkına göre karşılaştırıldığında ise Atık T8 - 18W (ortalama 870 µg/lamba) lambaların, Atık T8 - 36W (ortalama 665 µg/lamba) lambalara göre fosfor tozunda absorbe olmuş cıva miktarının yeni lambalarda olduğu gibi daha fazla olduğu görülmüştür. Yine bu sonuca göre Atık T8 - 18W fosfor tozunun içerdiği cıva miktarının, Atık T8 - 36W fosfor tozundaki cıva miktarının yaklaşık % 30 fazlası olduğu tespit edilmiştir.

Yeni ve atık floresan lambalar fosfor tozunda bulunan cıva içeriği açısından değerlendirildiğinde T8 – 36W ‘ın T8 – 18W’a göre kullanım ömrü sürecinde fosfor tozunda absorbe olmuş cıva kaybının oran olarak daha fazla, miktar olarak ise daha az olduğu tespit edilmiştir. Yeni ve atık floresan lambalara ait fosfor tozu cıva içerik grafiği Şekil 4.5.’te gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Yeni ve atık floresan lambalara ait fosfor tozu cıva içerikleri

Şekil 4.5.’te görüldüğü gibi T8 – 18W floresan lambalarda fosfor tozunda bulunan cıva geri kazanım potansiyeli, T8 – 36W floresan lambadakinden daha fazladır.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada ilk olarak, Mardin iline bağlı Midyat ilçesinde bulunan kurumlar ile birlikte farklı illerde bulunan ve atık floresan miktarı fazla olan özel ve resmi kurumlardan temin edilen atık floresan lambalar tip (T) ve watt (W) birimlerine göre tasnif edildiğinde, büyük bir kısmının T8 tip - 18W ve 36W lambalardan meydana geldiği görülmüştür. Günümüzde mevcut floresan lamba bertaraf tesislerinin toplamış oldukları floresan lambaları tip, W ve üretim yıllarına bakılmadan karışık olarak toplanıp işleme almaktadır. Tez çalışmamız atık floresan lamba geri kazanım veya bertaraf tesislerinin toplamış oldukları lambaların tip ve diğer özelliklerine göre tasnif ederek içermiş oldukları tehlikeli madde kompozisyonuna uygun bir işleme tabi tutmalarının daha doğru olacağı tespit edilmiştir.

Floresan lambaların parçalanması işlemleri sonucunda yapılan tartım işlemleri ile, T8 tip - 18W lambaların yaklaşık 1 gr fosfor tozu içerdiği belirlenmiş, T8tip - 36W floresan lambaların ise ortalama 3 gr fosfor tozu içerdiği tespit edilmiştir. Söz konusu lambaların üretici ve ithalatçı firmalarından edinilen bilgiler, her iki tip lambanın da cıva içeriğinin 2 mg/lamba olduğunu göstermektedir. T8 – 36W lambaların cıva içeriklerinin T8 – 18 W lambalarla aynı olmasına rağmen aydınlatma kapasitelerinin daha yüksek olması çevre kirliliği oluşturma potansiyellerinin düşük olması açısından daha tercih edilebilir olduklarını göstermektedir.

Yeni ve atık floresan lambaların parçalama ve tartım işlemlerinden sonra elde edilen fosfor tozu numunelerinin cıva içerik analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda fosfor tozunda absorbe olmuş cıva içeriği açısından Yeni T8 – 18W lamba türünün Yeni T8 – 36W'tan daha yüksek olduğu, aynı şekilde Atık T8 – 18W lambanın da Atık T8 – 36 W tan daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Yeni T8 18W ve 36W lambaların fosfor tozundaki cıva miktarı sırasıyla 1010 µg/lamba ve 820 µg/lamba olarak, Eski T8 18W ve 36W lambaların fosfor tozundaki cıva miktarı ise sırasıyla 870 µg/lamba ve 665 µg/lamba olarak tespit edilmiştir. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde floresan lambanın kullanımı sonucunda fosfor tozunda bulunan

cıvanın miktarında yaklaşık % 15'lik bir azalma tespit edilmiştir. Bu azalmanın lambanın çalışma süresi içerisinde cıvanın cam matrisi ve diğer bölümlere yapıştığı düşünülmektedir.

Gerçekleştirilen tez çalışmasının T8 tip floresan lamba türleri üzerinde başarılı bir şekilde uygulandığı görülmüştür. Bu çalışmanın devamı olarak tasarruflu lambalardan bile 10 kata kadar daha uzun ömürlü günümüzün son teknolojik ürünü olan ve gün geçtikçe kullanım alanlarının artmasıyla birlikte ilerleyen zamanlarda çok karşılaşacağımız bir lamba türü olarak görünen indüksiyon lambalar üzerinde çalışılabilir.

KAYNAKLAR

AGYEİ-MENSAH, S. and OTENG-ABABİO, M., 2012. Perceptions of health and environmental impacts of e-waste management in Ghana. International Journal of Environmental Health Research, 22(6): 500–17.

ASARİ M., FUKUİ K., SAKAİ S. 2008. Life-cycle flow of mercury and recycling scenario of fluorescent lamps in Japan. Science of The Total Environment, 393(1): 1-10.

BATTYE, W., MCGEOUGH, U., OVERCASH, C., 1994. Evaluation of Mercury Emissions from Fluorescent Lamp Crushing. USEPA-453/R-94-018, US, 1-25.

CASTRO C., DURAO A., 2008. Mercury reduction studies to facilitate the thermal decontamination of phosphor powder residues from spent flourescent lamps. Waste Management, 28: 2311-2319.

CHANG T.C., YOU S. J., YU B. S., KONG H. W., 2007. The fate and management of high mercury-containing lamps from high technology industry. Journal of Hazardous Materials, 141: 784-792.

CHANG, T.C., YOU, S.J., YU, B.S., CHEN, C.M., CHİU, Y.C., 2009. Treating High-Mercury Containing Lamps Using Full-Scale Thermal Desorption Technology, J. Hazard. Mater., 162, 967.

CHEN, A., DİETRİCH, K. N., HUO, X., and HO, S. M., 2011. Developmental Neurotoxicants in E-waste: An Emerging Health Concern. Environmental Health Perspectives, 119(4): 431–8.

CUİ, J. and ZHANG, L., 2008. Metallurgical Recovery of Metals From Electronic Waste. Journal of Hazardous Materials, 158: 228–256.

COŞKUN, S., 2013. Atık Floresan Lambalardan Cıva Geri Kazanımı ve Proses Optimizasyonu. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Isparta, 137s.

ÇİRLENGİÇ, M., 2014. Fotokatalitik Yöntemlerle Atık Floresan Lambalardan Cıva Geri Kazanımı. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisasn Tezi, Isparta, 94s.

ÇAKIR, İ., 2013. Elektrikli ve Elektronik Atıkların Bertaraf Teknolojisi ve Floresan Lambaları Uygulaması. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 89s.

DANG, T.A., FRİSK, T.A., GROSSMAN M.W., 2002. Applications of surface analytical techniquesfor study of the interactions between mercuryand fluorescent lamp materials. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 373: 560–570.

DURÃO J. R., DE CASTRO, C.A., WİNDMÖLLER, C.C., 2008. Mercury Reduction Studies to Facilitate The Thermal Decontamination of Phosphor Powder Residues From Spent Fluorescent Lamps. Waste Manage, 28: 2311-2319.

ESER, O., 2013. Aydınlatma sistemlerinde enerji verimliliğinin incelenmesi. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 86s.

EU, 2003a. Council directive of 15 July 1975 on waste,

EU, 2003b. Directive 2002/96/EC of the european parliament and of the council on waste electrical and electronic equipment (WEEE),

EUROPEAN COMMİSSİON (EC), 2004. Mercury Flows in Europe and The World: The Impact of Decommissioned Chlor-Alkali Plants. Directorate General for Environment. Rue De La Loı, 200 B-1049 Brussels.

GÜNCAN, A., COŞKUN, S., ÖZGÜR, C., CİVELEKOĞLU, G., 2013. Atık Floresan Lambalarda Alüminyum Karakterizasyonu. 10. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 12-14 Eylül, Ankara, 243-246.

HERRMANN A., SANTOS D., VİERA F.2010. Determination of Hg and Pb in compact fluorescent lamp by slurry sampling inductively coupledplasma optical emission spectrometry, Microchemical Journal, 96: 27-31.

HOPP, M., BARBA-GUTİERREZ, Y. and ADENSO-DİAZ, B., 2008. An Analysis of Some Environmental Consequences of European Electrical and Electronic Waste Regulation. Resources Conservation & Recycling, 52: 481–495.

JANG, M., HONG, S.M., PARK, J.K., 2005. Characterization and Recovery of Mercuryfrom Spent Fluorescent Lamps. Waste Management, 25: 5-14.

KAHRAMAN, A. C., 2014. Avrupa Birliği Uyum Sürecinde Türkiye'de E-atık Yönetimi ve Uygulamaya Yönelik Stratejik Analizler, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 126s.

KAYA, M., SÖZERİ, A., 2007. Elektronik Atık (E-Atık) Geri Dönüşüm/Kazanım Sistemi. 13th Internatıonal Energy, Cogeneratıon And Envıronmental Technologıes Conference & Exhıbıtıon, 30-31 Mayıs, İstanbul, s.3-15.

KAYA, S., 2008. Otopside Alınan Beyin Örneklerinde Cıva ve Kurşun Düzeylerinin Belirlenmesi, Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 88s.

KIRLANGIÇ, S., 2012. Kullanılmış ve Kullanılmamış Floresan Lambalarda Cıva Tayini. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisasn Tezi, İstanbul, 49s.

LAİ Y. C., LEE W. J., HUANG K. L., WU, C. M., 2008. Metal Recovery from SpentHydrodesulfurization Catalysts Using a Combined Acid-Leaching and Electrolysis Process. Journal of Hazardous Materials, 154: 588-594.

LAKSHMANAN, A., 2008. Luminescence and Display Phosphors: Phenomena and Applications. Nova Science Publishers, New York, Pp: 934.

LUO, C., LİU, C., WANG, Y., LİU, X., Lİ, F., ZHANG, G., Lİ, X., 2011. Heavy Metal Contamination in Soils and Vegetables Near an E-waste Processing Site. Journal of Hazardous Materials, 186(1): 481–490.

OGUNGBUYİ, O., NNOROM, I. C., OSİBANJO, O., SCHLUE, M., 2012. E-waste Country Assessment Nigeria. UNEP Report.

ÖZGÜR, C., 2014. Elektrokazanım Prosesiyle Atık Floresan Lambalardan Cıva Metalinin Uzaklaştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisasn Tezi, Isparta, 81s.

ÖZTÜRK, M., 2006. Cıva Kirliliğinin Çevre ve Sağlık Üzerine Etkileri. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, 17s.

RAPOSO C., WİNDMÖLLER C. C., DURAO JUNİOR W. A., 2003. Mercury Speciation in Fluorescent Lamps By Thermal Release Analysis. Waste Management, 23: 879–886.

REY-RAAP N., GALLARDO A., 2012. Determination of Mercury Distribution İnside Spent Compact Fluorescent Lamps By Atomic Absorption Spectrometry. Waste Management, 32: 944–948.

URL, 1. https://www.hasanbaltalar.com/assets/images/ blog/b112i001.png Erişim Tarihi: 11.12.2016.

URL, 2. http://www.aydinlatma.gen.tr/wp-content/up loa ds /2016/08/Rize-Belediyesi-LED-Sokak-Aydinlatma-3.jpg Erişim Tarihi: 15.04.2017.

URL, 3. http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/aydinlatmanin-tarihcesiampulden-lede/4382#ad-image-0 Erişim Tarihi: 12.04.2017.

URL, 4. http://www.biogreenled.com/tr/urun/1/Floresan_Aydinlatma_FLR_12 0D Erişim Tarihi: 10.04.2016.

URL, 5. https://www.actua.tv/wat-gaat-de-invoering-van-de-digitale- slimme-energiemeter-kosten Erişim Tarihi:11.05.2017.

URL, 6. http://www.lamp83.com.tr/teknik-bilgiler/30/lamba-tipleri/ Erişim Tarihi :11.05.2017.

URL, 7. http://www.elektrikport.com/ Erişim Tarihi:11.03.2017.

URL, 8. http://320volt.com/fluoresan-lambalar-ozellikleri-cesitleri-incelemesi Erişim Tarihi: 25.03.2017.

URL, 9. http://bilgifenerim.com/floresan-lambalar-ve-calisma-prensibi/ Erişim Tarihi: 05.04.2017.

URL,10. https://turkish.alibaba.com Erişim Tarihi: 25.04.2017.

USEPA (United States Environmental Protection Agency), 1998. Comments related to industry source reduction efforts. Response to comments document. Final rule on hazardous waste lamps (DCN FLEP-00156), Washington-USA, 1-22.

USEPA (United States Environmental Protection Agency), 2003. Potential for Increased Bioavailability of Mercury in Selenium Contaminated Sites: Risk Assessment and Ecological Effects, 2003 Progress Report, University of California, USA.

WANG, H., HAN, M., YANG, S., CHEN, Y., LİU, Q., KE, S., 2011. Urinary Heavy Metal Levels and Relevant Factors Among People Exposed To E-waste Dismantling. Environment international, 37(1): 80–5.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı **:** Yusuf AKYOL
Uyruğu **:** T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi **:** Midyat-1987
Telefon **:** 507 727 00 88
E-mail **:** byusufakyol@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	:Midyat Aziz Önen Lisesi, Midyat-Mardin	2004
Üniversite	:Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Haliliye - Şanlıurfa	2008
Yüksek Lisans	:Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Haliliye - Şanlıurfa	2017

UZMANLIK ALANI

Katı Atık, E-atık, Geri Dönüşüm, Cıva Geri Kazanımı

YABANCI DİLLER

Arapça
İngilizce