

**T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİLGİSAYARLARDA KULLANILAN TÜM PARÇALARIN İŞ SAĞLIĞI VE
GÜVENLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Salih MEMİŞ

İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Yunus ÖNAL

NİSAN 2021

**T.C
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİLGİSAYARLARDA KULLANILAN TÜM PARÇALARIN İŞ SAĞLIĞI VE
GÜVENLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Salih MEMİŞ
(36183627024)**

İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Yunus ÖNAL

NİSAN 2021

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ

Bu tez çalıőmasının her aőamasında yardım, öneri, bilgi, tecrübe ve desteklerini esirgemedenden beni her konuda yönlendiren danışman hocam Sayın Doç. Dr.Yunus ÖNAL hocama ve tezimin yeniden düzenlenmesi konusunda önerileri olan ve yapıcı katkılarda bulunan Doç. Dr. Yavuz Gül (Sivas Cumhuriyet Üniversitesi) hocama teşekkür ederim. Beni bu yaşlara getiren kıymetli annem Güldane MEMİŞ ve babam Sunay MEMİŞ'e ve bu tez çalıőmam boyunca hiçbir desteğini esirgemeyen biricik eőim Seher Meryem MEMİŞ'e

teşekkür ederim.

ONUR SÖZÜ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum ‘‘Bilgisayarlarda Kullanılan Tüm parçaların İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi’’ başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığına ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Salih MEMİŞ



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ	i
ONUR SÖZÜ	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
SEMBOLLER VE KISALTMALAR	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT	ix
1.GİRİŞ.....	1
1.1 Giriş	1
2. BİLGİSAYAR TEKNOLOJİSİ	3
2.1 Bilgisayar Nedir ?	3
2.2 Bilgisayarların Tarihçesi.....	4
2.3 Bilgisayarların Sınıflandırılması.....	6
2.3.1 Ana bilgisayarlar(mainframe)	6
2.3.2 Mini bilgisayarlar	6
2.3.3 Mikro kişisel bilgisayarlar	7
2.3.3.1 Masaüstü bilgisayarlar	7
2.3.3.2 Dizüstü (Laptop) bilgisayarlar.....	7
2.3.3.3 Not defteri (Notebook) bilgisayarlar.....	7
2.3.3.4 Avuç içi (Handheld-Palm) bilgisayarlar.....	7
2.3.4 Süper bilgisayarlar	7
2.4 Bilgisayarı Oluşturan Parçalar	8
2.4.1 Anakartlar	8
2.4.2 İşlemciler	8
2.4.3 Ram.....	9
2.4.4 Sabit disk	9
2.4.5 Optik sürücüler	10
2.4.6 Ekran kartı	10
2.4.7 Ses kartı	10
2.4.8 Ekranlar	11
2.4.9 Kasa	11
2.4.10 Güç kaynağı.....	11
2.4.11 Ethernet kartı	12
2.4.12 Klavye.....	12
2.4.13 Fare(Mouse)	12
2.5 Bilgisayarın Önemi	12
3. ELEKTRONİK ATIKLAR	14
3.1 Dünyada ve Türkiyede Elektronik Atıkların Büyüklüğü.....	15
3.1.1 Dünyada e-atık.....	15
3.1.2 Türkiyede e-atık.....	16
3.2 E-atıkların Çevre ve İnsan Sağlığına Zararları	17
3.3 E-atıkların Ekonomik Değerleri ve Geri Dönüşümü	20
3.4 E-atıkların Etkilerini Azaltmak İçin Alınan Önlemler	22
3.5 Elektronik Atık Olarak Bilgisayar	22
4. MATERYAL VE METOD	24
4.1 Materyal	24
4.2 Metod.....	24
4.3 Laptop Söküm İşlemleri	25

5. BULGULAR	32
5.1 Baskılı Devre Kartları.....	32
5.2 Entegreler	34
5.3 Bios Pili	34
5.4 Batarya.....	35
5.5 Lcd Ekran	36
5.6 Harddisk Driver	37
5.7 Bilgisayarda Bulunan Plastik Aksamalar	39
5.8 Laptop Güç Kaynağı.....	41
5.9 Cd/dvd Driver.....	43
5.10 Anakart Üzerindeki Parçalar	44
6. E-ATIK İŞLEME TESİSLERİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ.....	46
6.1 Elektronik Atıkların İşlenmesi	46
6.2 Elektronik Atık İşleme Tesislerinde Çalışan İşçilerin Mesleki Maruziyetleri .	49
6.3 Ulusal ve Uluslararası Atık Elektrikli ve Elektronik Eşya Mevzuatları ve Standartları	55
6.3.1 Atık elektrikli ve elektronik eşyaların kontrolü yönetmeliği	55
6.3.2 Atık elektrikli ve elektronik eşya yönetmeliği avrupa parlamentosu ve konseyi 2012/19/eu (WEEE) direktifi.....	57
6.3.3 Avrupa birliği elektrikli ve elektronik eşyalarda tehlikeli maddelerin kullanımının sınırlandırılması yönetmeliği (ROHS2).....	58
6.3.4 Çin elektrikli ve elektronik ürünlerde tehlikeli maddelerin kullanımının sınırlandırılması yönetmeliği.....	60
6.3.5 Japon elektrikli ve elektronik ürünlerde tehlikeli maddelerin kullanımının sınırlandırılması yasası	61
6.3.6 Avrupa elektromekanik standardizasyon komitesi	63
6.3.7 Sorumlu Geri Dönüşüm (R2)	64
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	65
KAYNAKLAR.....	67
EKLER.....	73
ÖZGEÇMİŞ.....	78

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 : Bilgisayar birimleri.....	3
Çizelge 2.2 : Bilgisayar tarihi.....	4
Çizelge 2.3 (Devamı): Bilgisayar tarihi.....	6
Çizelge 3.1 : Elektronik atıkların sınıflandırılması.....	14
Çizelge 3.2 : E-atıklarda bulunan parçaların insan sağlığına zararları.....	19
Çizelge 3.3 : Dünyada bulunan elektronik atığın ekonomik değeri.....	21
Çizelge 5.1 : LiMnO ₂ pillerin içerikleri ve laptapta bulunan miktarları.....	35
Çizelge 5.2 : Anakart üzerinde bulunan parçaların kimyasal bileşikleri.....	45
Çizelge 6.1 : Atık elektrikli ve elektronik eşya atık kodları.....	47
Çizelge 6.2 : E-atık işleme basamakları.....	48
Çizelge 6.3 : E-atık tehlikeleri ve maruziyetleri.....	50
Çizelge 6.4 (Devamı) : E-atık tehlikeleri ve maruziyetleri.....	51
Çizelge 6.5 : Örnek bir e-atık tesisinden toplanan partikül madde.....	54
Çizelge 6.6 : Toz mesleki maruziyetleri sınır değerleri.....	55
Çizelge 6.7 : Türkiye EEE tehlikeli madde azami konsantrasyon değerleri.....	56
Çizelge 6.8 : Avrupa EEE tehlikeli madde azami konsantrasyon değerleri.....	59
Çizelge 6.9 :Çin EEE tehlikeli madde azami konsantrasyon değerleri.....	60
Çizelge 6.10 :Japonya EEE tehlikeli madde azami konsantrasyon değerleri.....	62
Çizelge A.1 : Bilgisayarı oluşturan tüm parçaların malzeme cinsleri ve ağırlıkları.....	73
Çizelge A.2 (devamı) : Bilgisayarı oluşturan tüm parçaların malzeme cinsleri ve ağırlıkları.....	74
Çizelge A.3 (devamı) : Bilgisayarı oluşturan tüm parçaların malzeme cinsleri ve ağırlıkları.....	75
Çizelge A.4 (devamı) : Bilgisayarı oluşturan tüm parçaların malzeme cinsleri ve ağırlıkları.....	76
Çizelge A.5 (devamı) : Bilgisayarı oluşturan tüm parçaların malzeme cinsleri ve ağırlıkları.....	77

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 : Dünyada üretilen e-atıkların büyüklüğü.....	16
Şekil 3.2 : Türkiye’de elektronik atıkların büyüklüğü.....	17
Şekil 3.3 : Bilgisayarların yıllar içinde değişen ağırlıkça yüzdesi.....	22
Şekil 3.4 : Laptopta bulunan değerli maddeler.....	23
Şekil 4.1 : Kullanım ömrünü tamamlamış dizüstü (laptop) bilgisayar.....	24
Şekil 4.2 : Laptop arka kapak sökümleri.....	25
Şekil 4.3 : Laptop alt kasa sökümleri.....	25
Şekil 4.4 : Ekran ve pvc panel sökümü.....	26
Şekil 4.5 : Lcd ekran baskılı devre kartı.....	26
Şekil 4.6 : Şarj adaptörü.....	27
Şekil 4.7 : Laptopta bulunan bütün parçalar.....	27
Şekil 4.8 : Anakart(mainboard) ve elektronik elemanların sökülmüş hali.....	28
Şekil 4.9 : Ramlar ve elektronik elemanların sökülmüş hali.....	28
Şekil 4.10 : HDD parçaları.....	29
Şekil 4.11 : Hdd baskılı devre kartı.....	29
Şekil 4.12 : Cd/dvd sürücü.....	30
Şekil 4.13 : Cd/dvd sürücü parçaları ve baskılı devre kartı.....	30
Şekil 4.14 : Bilgisayarı oluşturan elektronik ve diğer parçalar.....	31
Şekil 5.1 : Baskılı devre kartları bileşenleri.....	32
Şekil 5.2 : Baskılı devre kartları.....	33
Şekil 5.3 : Sökülen baskılı devre kartında bulunan maddeler.....	33
Şekil 5.4 : Laptopta bulunan entegre bileşenlerinin ağırlıkları.....	34
Şekil 5.5 : Lityum-iyon pillerin kimyasal bileşenlerin oranı.....	36
Şekil 5.6 : Lcd modülü oluşturan parçalar.....	36
Şekil 5.7 : Sökülen lcd modülü oluşturan elementler.....	37
Şekil 5.8 : Hdd parçaları.....	38
Şekil 5.9 : Laptopta bulunan NdFeB oranları.....	39
Şekil 5.10 : Plastik parçalar ve klavyenin kimyasal bileşimlerinin ağırlıkça yüzdesi.....	40
Şekil 5.11 : Laptopta bulunan plastik parçalar.....	40
Şekil 5.12 : Laptoptan sökülen plastik parçalar ve klavyenin ağırlıkça yüzdesini oluşturan elementler.....	41
Şekil 5.13 : Şarj adaptörünün parçaları.....	42
Şekil 5.14 : Şarj adaptöründe bulunan parçaların ağırlıkça yüzdesi.....	42
Şekil 5.15 : Cd/dvd driver parçaları.....	43
Şekil 5.16 : Cd/dvd sürücüde buluna değerli metaller.....	44
Şekil 5.17 : Anakart üzerindeki parçalar.....	44
Şekil 6.1 : Lisanslı ve Geçici Faaliyet Belgeli E-atık İşleme Tesisi.....	46
Şekil 6.2 : Atık Bilgisayar İşleme Adımları.....	49
Şekil 6.3 : E-atık işleme tesisi çalışma şeması.....	53
Şekil 6.4 : Elektrikli ve elektronik eşyaların işaretlenmesinde kullanılacak sembol.....	57
Şekil 6.5 : WEEE geri dönüşüm sembolü.....	60
Şekil 6.6 : Çin rohs sembolü.....	61
Şekil 6.7 : Japon rohs sembolü.....	62

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

EEE	: Elektrikli ve elektronik eşya
AEEE	: Atık elektrikli ve elektronik eşya
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknoloji araştırma kurumu
TUBİSAD	: Türkiye Bilim Sanayicileri Derneği
BDK	: Baskılı devre kartı
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
BFR	: Bromlu alev geciktiriciler
PBDE	: Polibromürlü difenil eterler
PVDF	: Polivinilidin flörür
NdfeB	: Neodyum mıknatıs
Mt	: Milyon ton
Kt	: Kilo ton
LCD	: Liquid crystal display
HDD	: Hard disk driver
RAM	: Random access memory
CFR-2	: Fenol türevli selülozik kağıt
FR-4	: Dokunmuş cam yünü ve epoksi
LiMnO₂	: Lityum mangan dioksit
LiPF₆	: Lityum hekzaflorofosfat
LiCoO₂	: Lityum kobalt oksit
PM_{2,5}	: Çapı 2,5 mikrometreden küçük partikül madde
PM₁₀	: Çapı 10 mikrometreden küçük partikül madde

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİLGİSAYARLARDA KULLANILAN TÜM PARÇALARIN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

SALİH MEMİŞ

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı

77+ix sayfa

2021

Danışman: Doç. Dr. Yunus ÖNAL

Elektrikli ve elektronik eşyalarda teknolojinin gelişmesi ve refah düzeyindeki artışla birlikte elektronik ürünlerin tüketimindeki artış yeni bir atık türü olan elektronik atıkları oluşturmaktadır. Elektronik atıklarda pek çok değerli maden ve zararlı bileşik bir arada bulunmaktadır. Değerli madenlerin ülke ekonomisine katkısı ve zararlı bileşiklerin çevreye, insan sağlığına etkisini ortadan kaldırmak için elektronik atıkların lisanslı ve sertifikalı resmi geri dönüşüm tesislerinde işlenmesi gerekmektedir. Elektronik atıklar yapılarından dolayı sürekli gelişim ve değişim gösteren dinamik atıklar olduklarından elektronik atık işleme tesislerinde bu atıkları işleyen işçiler sürekli değişen tehlikelere maruz kalmaktadırlar.

Elektronik atıkların içinde en çok gelişim ve değişim gösteren ürünlerden biri hiç şüphesiz ki bilgisayarlardır. Bu tez çalışmasında kullanım ömrünü tamamlamış bir dizüstü bilgisayar fiziksel söküm işlemi yapılarak bilgisayarı oluşturan tüm parçaların ağırlıkları ve kimyasal bileşimlerinin ne olduğu araştırılmıştır. Bilgisayarın geri dönüşümü yapılırken hangi işlemlerden geçirildiği ve geri dönüşümü yapan işçilerin maruz kaldıkları tehlikeler araştırılmıştır. Lisanslı geri dönüşüm tesislerinde çalışan işçilerin mesleki maruziyetlerini azaltmak için ulusal ve uluslararası mevzuatlar ve standartlar incelenerek ülkemizde bulunan yasal düzenlemelerin yeterli olup olmadığı araştırılmıştır.

Elektronik atıkları işleyen işçilerin maruz kaldıkları tehlikeleri azaltmak için elektrikli ve elektronik eşyaların üretiminde tehlikeli maddelerin sınırlandırılmasında getirilen kısıtlama limitlerinin ve ulusal mevzuatımızın, uluslararası mevzuat ve standartlardan daha etkin ve güncel bir yasal düzenlemeye kavuşturulması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Elektronik atık, Bilgisayar parçaları, İş sağlığı, Mesleki maruziyet

ABSTRACT

Master Thesis

EVALUATION OF ALL PARTS USED IN COMPUTERS FOR OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY

Salih MEMİŞ

Inonu University
Graduate School of Nature and Applied Sciences
Department of Occupational Health and Safety

77+ix sayfa

2021

Consultant: Doç. Dr. Yunus ÖNAL

The development of technology in electrical and electronic items, and increasing prosperity, consumption of electronic products generate electronic waste that is a new type of waste. A lot of precious metals and harmful compounds are available in e-waste. Precious metals must contribute to national economy, and detrimental effects of harmful compounds must be prevented from environment and human health. For this reason, E-waste must be recycled and recovered in formal licensed and certificated recycling facilities. E-waste constantly progresses and changes. E-waste is always in dynamic progresses. Because of this, the workers in the recycling facilities expose to these changing hazards.

One of the most changing and developing products among e-wastes is computer. In this thesis study, an end-of-life laptop was dismantled. All compounds of this laptop were weighed and chemical compounds were examined one by one. While recycling a laptop, which processes were implemented and what the hazards that the workers in these facilities exposed to were examined. To reduce occupational expositions of the workers in licensed recycling facilities, national- international regulations and standards were examined, and it was examined whether legislative regulations in Turkey are sufficient or not.

To reduce the hazards that the workers in recycling facilities expose, harmful items must be limited in the production of electrical and electronic devices. Turkey must be establish a recycling policy. Turkey must impose restriction for harmful items in electrical and electronic devices. These limitations in national regulations must be more effective and up-to-date than international regulations and standards.

Key words: E-waste, Compounds of a computer, Occupational health, Occupational exposure

1. GİRİŞ

1.1 Giriş

Gelişmiş ülkeler her geçen gün yeni bilgisayar ve bilişim teknolojileri üreterek bilgi toplumu olma yolunda çok hızlı şekilde ilerlemektedirler. Sanayi toplumunda makinelerin ve sermayenin oluşturduğu güç artık bilginin ve enformasyonun elinde bulunmaktadır. Bilgi toplumunda bilgi paylaşıldıkça güç ve iktidar kazanılmaktadır. Bilgiyi üretmek, paylaşmak ve geliştirmek ancak bilişim teknolojileri ile mümkün olabilmektedir [1].

Ülkemiz bilgi toplumu olma yolunda güç ve iktidar kazanmak için gelişmiş ülkelerin teknolojilerini satın almakta fakat bu sefer de bilişim teknolojilerinin dayatmasıyla karşı karşıya kalmaktadır. 1 kg çimento, 1 kg domates, 1 kg demir, 1 kg patates, 1 kg uydu, 1 kg mikroçip arasında en değerli ve katma değeri yüksek olan ürün şüphesiz mikroçipdir. İşlemci, mikroçip, entegre gibi katma değerli ürünler ülkemizde üretilmediğine göre başka ülke üreticilerinden almak durumunda kalınmaktadır. Alınan katma değeri yüksek ürünlerin büyük kısmını bilgisayarlar oluşturmaktadır.

Ülkemizde 2019 yılında 847 Kt elektronik atık birikmiş olup kişi başına düşen elektronik atık miktarı 10.2 kg olmuştur [2]. Dünyada kişi başına düşen elektronik atık 7.3 kg [2] olduğuna göre Türkiye kişi başına düşen elektronik atıklarda dünya ortalamasının üzerindedir. 1 kg demir elde edebilmek için 200 kg maden işlemek yerine 2 kg e-atığın, 1 kg bakır elde edebilmek için 200 kg maden işlemek yerine 13 kg e-atığın, 1 kg altın elde edilmek için 240000 ton maden yerine 100 ton e-atığın geri dönüşümde işlenmesi yeterli olacaktır [3,4].

Elektronik atıklarda değerli ve zararlı malzemeler bir arada bulunurlar. Geri dönüşüm süreçlerine katılmaması durumunda atılan veya saklanan AEEE(atık elektrikli ve elektronik eşya)ler hava koşulları, sıcaklık, nem, basınç gibi koşullardan etkilenerek suyu ve toprağı kirletebilirler. AEEE'lerin önemli bir bölümünü bilgisayarlar oluşturmaktadır. Satılan bilgisayarların %81'lik [5] kısmını dizüstü bilgisayarlar oluşturduğuna göre dizüstü bilgisayarı oluşturan bütün parçaların bilinmesi, incelenmesi yararlı malzemelerin geri dönüştürülmesi ve zararlı malzemelerin bilinçsizce toprağı atılıp, toprağın, suyun, çevrenin

kirletilmemesi ve yakarak çevreye zarar verilmemesi, çevre ve insan sağlığı açısından son derece önemlidir.

İlk üretilen bilgisayarın ağırlığı 30 ton olup 167 m² alana sığmaktaydı [6]. Elektronik atıklar teknolojinin gelişmesiyle birlikte sürekli gelişim gösteren dinamik atıklardır. Malzeme yapıları sürekli değişiklik gösteren elektronik atıkların işlenmesinde meydana gelebilecek tehlikelerin de sürekli değişiklik göstermesi kaçınılmazdır. Bu tehlikeler işçilerde çeşitli maruziyetlere sebep olabilmektedir. Resmi ve lisanslı işletmelerde dahi elektronik atıkların değişiminden kaynaklanan çalışan maruziyetleri gözlenmiştir [7].

Literatür taraması yapıldığında ülkemizde elektronik atık işleme tesislerinde iş sağlığı ve güvenliği konusunda herhangi bir çalışma bulunamamıştır. Bu tezin ülkemizde üretilen literatüre katkısı ve farkı, sürekli büyüyen elektronik atıkların geri dönüşümünü yapan işçilerin mesleki maruziyetlerinin ne olduğu ve bu maruziyetleri azaltmak için ilgili yasal düzenlemelerin güncellenmesinin yanında elektronik eşyaların üretilmesinde kullanılan tehlikeli maddelerin sınırlandırılmasının önemine dikkat çekilmiştir.

2. BİLGİSAYAR TEKNOLOJİSİ

2.1 Bilgisayar Nedir ?

Giriş birimlerine gelen bilgileri binary kod sistemi (0,1) sayılara dönüştürerek merkez işlem biriminde bu sayıları (bilgileri) işleyen ve saklayan, gerektiğinde çıkış birimlerine aktaran gelişmiş hesap makinesine bilgisayar denilmektedir [8].

İlk üretilen bilgisayardan bu yana bütün bilgisayarların amacı giriş bölümüne gelen bilgileri işlemektir. Bütün bilgisayarlarda 4 temel mantıksal unsur ve birimleri Çizelge 2.1’de görülmektedir.

Çizelge 2.1 : Bilgisayar birimleri [9].

1.veri girişi (giriş birimleri)	Klavye, fare, kamera, tarayıcı
2.bilginin işlenmesi	Merkezi işlem birimi (CPU)
3.bilginin saklanması	Hafıza: Rastgele erişilebilir bellek (RAM), Sadece okunabilir bellek(ROM), Optik diskler (CD/DVD), Evrensel seri veriyolu (USB) vb.
4.bilginin çıkışı	Monitör, yazıcı, hoparlör, vb.

Bilgisayarlar yazılım ve donanım olarak iki kısımdan meydana gelmektedirler. Bilgisayarı oluşturan elektronik ve elektromekanik, fiziksel parçalarının tümüne donanım denir [8]. Bilgisayarın donanımlarının nasıl çalışması ve ne yapması gerektiğini söyleyen, bilginin işlenmesini sağlayan fiziksel olmayan programların bütününe yazılım denilmektedir [8].

Donanım(hardware) türleri; fiziksel aygıtlar, elektronik devre elemanları, çevre birimleri donanımı oluşturmaktadırlar. Yazılım(software) türleri; sistem ve uygulama yazılımları olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar. Sistem yazılımları kullanıcı ile bilgisayar arasındaki iletişimi sağlayan windows, linux, pardus, ubuntu vb. işletim sistemleridir. Word, excel, paint vb. belli bir hedef doğrultusunda kullanılan yazılımlar ise uygulama programlarıdır [10].

2.2 Bilgisayarların Tarihçesi

Bilgisayarın bugünlere gelmesinde bilim dünyasında meydana gelen literatürün birbirine katkı yaparak büyüten etkisi şüphesiz yadsınamaz. Bilgisayarın tarihçesi abaküsten itibaren Çizelge 2.2’de listelenmiştir [11,12].

Çizelge 2.2 : Bilgisayar tarihi [11,12].

M.Ö 600	Abaküs icat edildi.
M.Ö 100	Antikitera Makinesi icat edildi.
1623	Wilhelm Schickardın 6 haneye kadar toplama, çıkarma yapan hesap makinesi icat etti. Bu hesap makinesi işlemlerde sayı basamakları yetmeyince çalan bir zille bunu kullanıcıya bildirmektedir.
1642	Toplama ve çıkarma yapan ilk mekanik hesaplayıcı Blaise Paskal tarafından geliştirdi.
1671	Çarpma ve bölmeyi yapan hesaplayıcı Leibnitz Paskal tarafından geliştirdi.
1801	Joseph Marie Jacquard tarafından üretilen delikli kartları ilk yazılım yapabilme izlerinden sayılır.
1810	Charles Thamas, hesaplayıcıları ilk kez ticari amaçlı piyasaya sürdü.
1832	Charles Babbage tarafından ilk kez otomatik hesap makinesi planlandı.
1854	George Boole'nin düşünce kanunları yayınlandı.
1941	Konrad Zuse'nin "Z makineleri" ikili sayı tabanına dayalı işleyip, gerçel sayılar ile işlem yapabilen ilk makinedir. 1998 yılında Z3'ün Turing uyumlu olduğu kanıtlanmış ve böylece ilk bilgisayar unvanını edinmiştir.
1941	Atanasoff-Berry Bilgisayarı (1941) boşluk tüplerine dayalı olup, ikili sayı tabanının yanı sıra, sığaç tabanlı bellek donanımına sahipti.
1944	Harvard Mark I , kısıtlı programlanabilirliğe sahip bir bilgisayar üretilmiştir.
1946	ENIAC , onluk sayı tabanına dayalı olup ilk genel kullanım amaçlı elektronik bilgisayar unvanına sahiptir.
1951	Universal Atomic Computer (UNIVAC1) ticari amaçla kullanılan ilk bilgisayar oldu.
1959	Vakum tüpler yerine transistörler kullanılarak 2. kuşak denen bilgisayarlar geliştirildi.
1963	Entegre devrelerin kullanılmasıyla 3. kuşak bilgisayarlar geliştirildi. Bunlar 1.000.000 işlem/sn ile çalışabiliyorlardı.
1971	INTEL'in ilk 4 bitlik 4004 mikro işlemcisini üretmesi ve silikon üzerinde bütünleşik devrelerin kullanımıyla halen içinde bulunduğumuz 4. kuşak bilgisayar çağına girilmiş oldu. Bir mikroçip üzerinde 15.000 transistör bulunan ilk mikro işlemci Texas Instruments tarafından geliştirildi.

Çizelge 2.3 (Devamı): Bilgisayar tarihi [11,12].

1978	ABD’de bilgisayar kullanımı 500.000 adede çıktı. 16 bitlik Intel 8080 mikro işlemcinin üretimine başlandı.
1980	Microsoft, UNIX işletim sisteminin lisansını alarak kendi XENIX işletim sistemini piyasaya sürülmüştür. ABD’de kullanılan bilgisayar sayısı 1.000.000 âdete yükselmiştir
1981	Commodore firması, 1 milyondan fazla satış yapan VIC 20 ev ve ofis bilgisayarını üretmiştir. Adam Osborne ilk taşınabilir bilgisayarı geliştirmiştir.
1989	Dünya’da kullanılan bilgisayar sayısı 100.000.000’u aştı. Poqet firması MS DOS ile çalışan ilk cep bilgisayarını tanıttı. Bir bilgisayarın taşınması gereken tüm özellikleri barındıran ve pillerle çalışan dizüstü bilgisayarları piyasaya sürülmüştür.
1995	Windows 95 İşletim Sistemi Microsoft tarafından yayınlanmıştır.
1998	Windows 98 İşletim Sistemi yayınlanmıştır.
1999	Pentium III mikroişlemcisi Intel tarafından üretilmekle birlikte içeriğinde 9,5 milyon transistör barındırıyordu.
2001	Windows XP tanıtılmıştır.
2007	Windows Vista yayınlanmıştır.
2009	Windows 7 işletim sistemi piyasaya sürülmüştür.
2012	Windows 8.0 yayınlanmıştır.
2015	29 Temmuz’da Windows 10 yayınlanmıştır.
2019	Dünyada satılan bilgisayar sayısı 260 milyonu geçmiştir.

2.3 Bilgisayarların Sınıflandırılması

2.3.1 Ana bilgisayarlar (mainframe)

Ana bilgisayarlar bir şirketin merkezinde veri deposunu işleyen işlem merkezleridir. Üniversitelerde, hastanelerde, bilgi işlem merkezlerinde kullanılmaktadırlar. Aynı anda binlerce kişiye hizmet verecek uygulamaları ve işlem sunucularını, veritabanı sunucularını, e-posta sunucularını ve web sunucularını içermektedirler. Ana bilgisayarlar, işletmelerin ticari veritabanlarını, işlem sunucularını ve sıklıkla daha küçük çaplı makinelerde bulunan güvenlikten daha fazla güvenlik ve kullanılabilirlik gerektiren uygulamaları barındırmak için kullandıkları bilgisayarlardır [13].

2.3.2 Mini bilgisayarlar

Kompakt, düşük maliyetli, düşük güç tüketen bir alternatif veya geleneksel masaüstü bilgisayara ek olarak uygun donanımla donatılmış bir mini bilgisayar, e-posta erişimi ve

web tarama işlevi gibi temel bilgi işlem gereksinimlerini karşılamaktadır [14]. Orta ölçekli işletmeler tarafından kullanılmaktadırlar. Fiyatları ucuzdur.

2.3.3 Mikro kişisel bilgisayarlar

Bir kişinin kullandığı bilgisayara kişisel bilgisayar(PC) denilmektedir. Veri tabanı uygulamaları, ofis uygulamaları, tasarım ve sanat programları vb. uygulamaları çalıştırabilecek güçtedirler [15]. Hem kişisel hemde ticari amaçla kullanılmaktadırlar.

2.3.3.1 Masaüstü bilgisayarlar

Sabit bir masa üzerinde bulunmaktadırlar. Taşınmaları zordur. Kasa içinde ısı transferi yapılması ve parçalarının kolay değiştirilebilmesi avantajlarıdır. Pek fazla hareket ettirilmedikleri için kırılma ve arızalanma ihtimalleri, taşınabilir bilgisayarlara oranla düşüktür. Zaman içerisinde kullanım oranları azalmaktadır.

2.3.3.2 Dizüstü (Laptop) bilgisayarlar

Genellikle ekran ve klavyeden oluşan taşınabilir türden bilgisayarlardır. Dizüstü bilgisayarlar masaüstü bilgisayarda bulunan klavye, ekran, fare gibi ekran bileşenlerini tek bir parçada toplamaktadırlar.

2.3.3.3 Not defteri (Notebook) bilgisayarlar

İnternet ve ofis uygulamaları için kullanılan bir bilgisayarlardır. Laptoplara göre performansları düşüktür[15]. Günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte laptoplar ile notebook arasındaki fark azalmaktadır. Artık daha hafif, daha performanslı notebooklar yapılmaktadır.

2.3.3.4 Avuç içi (Handheld-Palm) bilgisayarlar

Uzaktan bilgisayarlar ile yapılabilen çoğu işlem kişisel sayısal yardımcı (PDA) tarafından yapılabilmektedir. İş hayatında, ajanda, medya uygulamaları ile iletişimi birlikte sunan cihazdır.

2.3.4 Süper bilgisayarlar

Milyonlarca transistör işlemcileri, binlerce işlemciler ise süper bilgisayarları oluşturmaktadır. Süper bilgisayarlar petaflop hızlara çıkabilmektedirler. Dünyadaki en hızlı bilgisayar saniyede 415 petaflop hızıyla işlem yapan japon üretimi fukagu olmuştur [16].

Tubitak ve Zagreb üniversitesi tarafından başlatılan süper bilgisayarlardan 30 kat daha güçlü süper bilgisayar çalışmaları bulunmaktadır [17].

Teknoloji her gün yeni bir gelişmeye ve ilerlemeye açıktır. İlk üretilen bilgisayar ENİAC 167 m² alana sığan 30 tonluk bir makinaydı [6]. 1947’de süper bilgisayar olan ENİAC’ın yaptığı işi şimdilerde mercimek büyüklüğünde işlemciler yapabilmektedir.

2.4 Bilgisayarı Oluşturan Parçalar

2.4.1 Anakartlar

Bütün donanım birimlerinin birbirine bağlandığı ve bu donanımların birbirleri ile iletişim kurduğu bilgisayarların iskeleti denilebilmektedir. Anakartlar fiberglas baskılı devre kartı üzerinde konnektör, bağlantı elemanları ve elektronik devre elemanlarını birbirine bağlayan bakır iletken veri yolları bulunmaktadır. Anakartlar tüm donanım elemanlarına güç dağıtımını sağlamaktadır. Bütün bileşenlerle iletişim kurarak, veri akışını ve denetimini sağlamaktadırlar.

Bir anakart, işlemci merkezi işlem birimi (CPU), rastgele erişimli bellek (RAM) sabit sürücü ve video kartı gibi bir bilgisayarın donanım bileşenleri arasında bağlantı sağlamaktadırlar. Anakartlar belli bir işlemci ve bellek türü ile çalışmasına karşın sabit diskler bütün anakartlar ile çalışabilmektedirler. Farklı bilgisayar türlerine ve boyutlarına uyacak şekilde tasarlanmış çok sayıda anakart türü vardır [18].

Anakartların içinde üretici firmalardan kaynaklı küçük değişimler olsa da genel olarak şu parçalar bulunmaktadır; anakart baskılı devre kartının üzerinde; alüminyum elektrolitik kondansatör, smd seramik kondansatör, smd bobin, smd direnç, smd sabit bobin, zener smd diyot smd, smd transistör, smd led, smd sigorta, tantalyum smd kondansatör, çip voltaj regülatörü, entegre, kuvarst kristali, smd cam kristali, smd buton, switch, bios pili, bga grafik işlemci yongası, wifi kablosuz, wlan kartı, bga grafik denetleyici yongası, işlemci, işlemci soğutucu bakır, işlemci bağlantı kiti, işlemci soketi, ram konnektörü, rj-45 lan portu, usb 2.0 portu, vga portu, sd kart okuyucu, batarya bağlantı kablosu, sata soketler, bağlantı soketleri bulunmaktadır.

2.4.2 İşlemciler

Bilgisayardaki veri akışını ve veri işleme gibi bütün işlemleri yürüten ve yöneten bir donanım birimidir. İşlemciler milyonlarca transistörlerden meydana gelmektedirler.

İşlemcilerde; matematiksel işlemler, veri taşıma, programları kontrol işlemleri yapılmaktadır.

İşlemci, anakart üzerinde bulunan uyumlu bir merkezi işlem birimi (CPU) soketine yerleştirilir ve sabitlenir. İşlemciler bilgisayarların beyni olduklarından her birimi denetlemektedirler. Bundan dolayı aşırı ısınmakta ve bu ısınmalar bilgisayarların kararsız çalışmasına sebep olmaktadır. Bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak için işlemcilerin üzerinde soğutucu, sıcaklık emici soğutma elemanları bulunmaktadır.

Elektrik enerjisi ışık hızında hareket ettiğinden işlemci içerisinde de bu hızların yakalanması beklenmektedir. Fakat iletimde kullanılan metaller, iletim hızının %75-%90 oranında iletimini sağlamaktadırlar [18]. Bundan dolayı iletim hızını arttırmak için işlemcilerin anakarta bağlantı noktalarında, en iyi iletken olan altın veya altın kaplama bakır kullanılmaktadır. Sinyal hızı ne kadar fazla ise işlemcinin veri iletimi ve çalışması o kadar hızlı olup bilgisayarın çalışma hızına doğrudan etki etmektedirler.

2.4.3 Ram

Bilgisayardaki verilerin kısa süreli olarak tutulduğu ve istenilen yerdeki verilerin sıra gözetmeksizin okunup, yazılabildiği rastgele erişimli (RAM)bellektir. Dinamik ve statik olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar [15]. RAM'lar içlerinde yarı iletkenlerden kondansatör ve transistör bulundurmaktadırlar.

Bilgisayar belleğinin yaygın kullanılan biçimi, dinamik rasgele erişimli bellek (DRAM), milyonlarca transistör bulunan yongalarda, 1 transistör 1 kondansatörü temsil eden 1 bit veri saklamayı temsil etmektedir. Kapasitörler bilgi bitinde binary kodlu verileri tutmaktadırlar. Transistör, bellek yongası üzerindeki kontrol devresinin kapasitörü okumasına veya durumunu değiştirmesine izin veren bir anahtar görevi görmektedir [19]. RAM baskılı devre kartı üzerinde; seramik kondansatörler, smd dirençler, bağlantı pinleri (gold fingers), spd yongası ve dram yongası bulunmaktadır.

2.4.4 Sabit disk

Verilerin kalıcı olarak depolandığı birimdir. Bilgisayar kapatıldığında bilgilerin, dosyaların silinmeden kalabildiği veri deposudur. Günümüzde sabit disk sürücü (HDD), katı hal sürücü (SSD), hibrit disk sürücü (HHD) çeşitleri bulunmaktadır.

Bilgisayarlarda bellek ve depolama farklı anlamlara gelmektedir. Rastgele erişimli bellekler bilgisayarın çalışması esnasında kullanılan verileri tutarken, bilgisayar kapatıldığında

kullanılan veriler silinmektedir. Bunun için bilgisayar kapatıldığında uygulamalar, dosyalar, müzikler, çalışmaların kaydedildiği ve depolandığı birimlere ihtiyaç duymaktadır. Sabit diskler bu işlerin yapılmasını sağlamaktadırlar. İçlerinde verilerin kaydedildiği diskler ve bu diskleri hareket ettiren motor ile okuyucu kafalar bulunmaktadır [19].

Sabit disk sürücüleri elektromekanik bir yapı olduğu için bilgisayarların çalışma hızını yavaşlatmaktadırlar. Günümüzde elektromekanik sabit disk sürücüleri (HDD) yerine flash bellek türünde katı hal sürücülerinin (SSD) kullanımı yaygınlaşmaktadır. Böylece HDD'lerin yavaş çalışması ve çok yer kaplamasından doğan sınırlılıklar, SSD'lerin hafif ve hızlı çalışma avantajlarıyla giderilmektedir. Sabit diskler genellikle; gövde, disk, kafa taşıyıcı kol, okuma/yazma kafası, kafa hareketlendirici, metal kapak, kontrol kartı, neodyum mıknatıs, seramik kondansatör, smd direnç, smd bobin, smd diyot, saat kristal osilatör, entegre, chip/hdd kontrolcü, kondansatör, sata konnektörler bulundurmaktadırlar.

2.4.5 Optik sürücüler

Verilerin lazer yardımıyla kaydedildiği optik disklerin (CD/DVD) üzerinde okuma ve yazma yapabilen cihazlardır. Lazer kaynağından çıkan ışınlar diskte çukur ve tümsek oluşturarak okuma ve yazma işlemlerini yapmaktadırlar [15]. Cd/dvd sürücülerin içinde bulunan BDK(baskılı devre kartı) üzerinde; smd seramik kondansatör, smd direnç, entegre, switch, konnektör, ide kablolar, smd diyotlar, entegreler bulunmaktadır. Bununla birlikte metal tepsi kapağı, metal parçalar, plastik aksamlar, fırçasız dc motor, optik okuyucu, step motor optik sürücülerini oluşturan diğer parçalardır.

2.4.6 Ekran kartı

İşlemciden gelen program çıktısını toplayıp ekrana video sinyali olarak gönderen elektronik kartlara, ekran veya grafik kartı denilebilir. Ekranda görüntü oluşturmak için kullanılırlar. İşlemciler tarafından gerçekleştirilen bazı işlemlerde görüntüleri ve videoları işleyen, bilgisayarın içinde bulunan bir donanım parçasıdır. Ekran kartlarında bir bilgisayar gibi çalışan, kendine ait işlemcisi ve video RAM'i bulunan grafik denetleyici kartları bulunmaktadır. Dizüstü bilgisayarlarda harici ekran kartı yerine entegre ekran kartları bulunmaktadır.

2.4.7 Ses kartı

Ses kartları, bilgisayara ses giriş ve çıkışını sağlayan ses donanımlarını çalıştıran kartlardır [15]. Analog ses sinyallerini dijital sinyallere dönüştürerek işleyen, dijital sinyalleri analog

sese dönüştüren elektronik kartlardır. Ses kontrol kartları üzerinde; usb konektör, mic-ses konektör, smd direnç, smd bobin, smd seramik kondansatör, tantalyum kondansatör, entegre ve ses bağlantı kablosunun bulunduğu baskılı devre kartlarından oluşmaktadır. Çıkış birimi olarak hoparlörler bulunmaktadır.

2.4.8 Ekranlar

İşlemcilerden ekran kartına gönderilen video sinyallerinin görüntülediği çıkış birimidir. İlk üretilen katot ışını tüpü (CRT) ekranlarının yerini zamanla sıvı kristal ekran (LCD), ışık yayan diyot (LED) ve organik ışık yayan diyot (OLED) ekranlar almaktadır. Katot tüplü ekranlardan sonra üretilen en yaygın ekran türlerinden biri LCD ekranlardır. LCD ekranların baskılı devre kartları (BDK) üzerinde; smd seramik kondansatör, smd direnç, smd bobin, smd diyot, smd sigorta, entegre, mikroçip, konektör bulunmaktadır. Lcd panel üzerinde; smd led, lcd modül, polarize film, optik film, pvc çita, panel menteşesi, metal panel çerçevesi bulunmaktadır.

2.4.9 Kasa

Bilgisayar donanımlarının dış darbelerden zarar görmemesi için kompakt bir yapıda bulunmasını sağlayan dış iskelete kasa denilmektedir. Dizüstü bilgisayarlarda sert, dayanıklı, epoksi reçineler ve kompozit malzemelerden oluşan kasalar imal edilmektedir. Dizüstü bilgisayarlarda alt kasa, üst kapak, şerit kapak, HDD kapağı, panel çerçeve, panel üstü kapak, RAM kapağı kasayı oluşturan parçalardandır.

2.4.10 Güç kaynağı

Bilgisayar üzerindeki donanımlar -12, -5, +5, +13, -.3 volt gibi farklı gerilim seviyelerinde çalışmaktadır. Anakart ve diğer donanımlara elektrik enerjisi sağlamak için güç kaynağı kullanmak gerekmektedir. Güç kaynakları, 220 volt şebeke gerilimini bilgisayar donanımları için gerekli olan gerilim kademelerine çevrilmesini sağlamaktadır. Dizüstü bilgisayarlarda güç kaynağı olarak şarj adaptörleri kullanılmaktadır. Şarj adaptörü baskılı devre kartında; köprü diyot elektrolit kondansatör, kristal diyot, taş direnç, polyester film kondansatör, toroid bobin, entegre, plaket üstü transformator, adaptör soketi, smd direnç, toroid nüve, smd entegre, smd diyot, smd seramik kondansatör, tantalyum kondansatör, mosfet transistör, schottky diyot bulunmaktadır. Metal çerçeve, plastik dış kılıf, 3x0,75mm² nyaf güç kablosu, adaptör çıkışı 3x 0,5 mm² nyaf şarj kablosu, soketler, erkek fiş güç kaynağını oluşturan diğer parçalardandır.

2.4.11 Ethernet kartı

Ethernet kartı, bilgisayarların ağlarla iletişim kurmasını sağlayan elektronik bir karttır. Ağ denetleyicileri ethernet kartı veya wi-fi kartı gibi elektronik devreler üzerinden yerel ağ bağlantıları, internet protokolleri ile büyük ölçekli ağlara iletişim sağlamaktadırlar. Ağ arabirim kartları, bilgisayarların kablo kullanarak veya kablosuz olarak bir bilgisayar ağı üzerinden iletişim kurmasını sağlamaktadırlar [20].

Dizüstü bilgisayarlarda wirelees denilen kablosuz bağlantılar da bulunur. Bilgi, veri iletmek veya görevleri gerçekleştirmek için kullanılan kablosuz cihazlara wireless denir. Fiziksel kablolar (bakır veya optik fiber) yerine, kablosuz ağlar ve cihazları çalıştırmak için ışık dalgaları veya radyo frekansları kullanılmaktadır. Wireless, ağ arabirim kartları, erişim noktaları ve yönlendiriciler gibi ekipmanlarla radyo frekansı kullanarak alıcı ve verici arasında bağlantı kurmaktadır [21].

2.4.12 Klavye

Üzerinde harfler, sayılar ve bazı işlevsel fonksiyonların yapılmasını sağlayan tuşların bulunduğu giriş birimidir. Dizüstü bilgisayarlarda bulunan klavyeler, harici şekillerde değil gövdeye kompakt ve sabitlenmiş olarak bulunmaktadır. Dizüstü bilgisayar klavyelerinde; plastik tuşlar, plastik baskılı devre kartı, metal çerçeve, çerçeve arkasına yapıştırılmış alüminyum bant bulundurmaktadırlar.

2.4.13 Fare (Mouse)

Avuç içinde tutulan ekran üzerindeki imleci hareket ettirerek veri girişi yapan bir aygıttır. Dizüstü bilgisayarlarda farenin yaptığı tüm işlemleri yerine getiren dokunmatik yüzey(touchpad) kullanılmaktadır. Dokunmatik yüzeyler; baskılı devre üzerinde smd dirençler, smd seramik kondansatörler, entegreler ile sabitleyici metal çerçeve, dokunmatik yüzey ve konnektörlerden oluşmaktadırlar.

2.5 Bilgisayarın Önemi

Bilgisayar teknolojisi son yıllarda çok hızlı bir ilerleme kaydetmiştir. Bugün araştırmacıların, ofis ve şirketlerin, öğrencilerin ,bilim insanlarının, politikacıların, kamu kurum ve kuruluşlarının; kendilerini geliştirmesinde, ilerlemesinde ve dünya ile rekabet edebilir hale gelmesinde haberleşmeyi, bununla birlikte bilgisayar teknolojisini çok etkin bir biçimde kullanması gerekmektedir.

Digital Equipment Corporation (DEC) kurucusu ve yönetim kurulu başkanı Ken OLSEN ‘‘İnsanların evlerine bilgisayar almaları için bir neden göremiyorum’’sözü 1977 yılında söylenmiş tarihi bir gaf niteliğinde olsa da şu an insanlar evlerine bilgisayar ve internet almamaları için bir neden göremiyorum denilmektedir.

Türkiyede hanelerin %88.3’ü evden internete erişim sağlayabilmektedir [22]. Ülkemizde hanelerin %22’de tablet bilgisayar, %36.4’de dizüstü bilgisayar, %16.7’de masaüstü bilgisayar bulunmaktadır [23].



3. ELEKTRONİK ATIKLAR

Kullanım ömürlerini tamamlamış, zarar görmüş ve tamir edilip yeniden kullanılamayacak olan elektrik ve elektronik cihazlara elektronik atık(e-atık) denilmektedir. Bilişim ve telekomünikasyon ekipmanları, büyük ev aletleri, küçük ev aletleri, tüketici ekipmanları, aydınlatma ekipmanları, elektrikli ve elektronik aletler (büyük ve sabit sanayi aletleri hariç olmak üzere) oyuncaklar, eğlence ve spor ekipmanları, tıbbi cihazlar, izleme ve kontrol aletleri, otomatlar vb. alternatif akımla 1000 voltu, doğru akımla 1500 voltu geçmeyecek şekilde kullanım maksadıyla tasarlanmış olan, uygun bir biçimde çalışması için elektrik akımına veya elektromanyetik alana bağımlı olan eşyaları, bu akım ve alanların üretimi, transferi ve ölçümüne yarayan eşyalar kullanım ömürlerini tamamladıklarında elektronik atıkları oluşturmaktadırlar [24]. Çizelge 3.1’de elektronik atıkların sınıflandırılması verilmiştir. Elektronik atıkların geri dönüşümlerinin verimli ve sistematik bir şekilde yapılabilmesi için sınıflandırılması gerekmektedir.

Çizelge 3.1 : Elektronik atıkların sınıflandırılması [25].

Elektronik atıklar	
1.grup	Televizyonlar, monitörler, dizüstü bilgisayarlar, tabletler
2.grup	Büyük ev aletleri (çamaşır, bulaşık, kurutma makinesi, güneş panelleri, büyük yazıcı makinesi,)
3.grup	Buzdolabı, soğutucular, iklimlendirme cihazları
4.grup	Aydınlatma elemanları, Lambalar, flouresan, led, sodyum buharlı lambalar
5.grup	Bilişim, telekomünikasyon, tüketici ekipmanları
6.grup	Küçük ev aletleri (fön makinesi, tost makinesi, ısıtıcı, elektronik oyuncaklar, küçük monitörler, küçük sağlık aletleri, ateşölçer, nabızölçer, tıraş makinesi vb.)

Ülkemizde elektronik atıkların ne kadar değerli ve zararlı olduğu vatandaşlarımızın çoğu tarafından anlaşılamamıştır. Bundan dolayı 22 Mayıs 2012 tarihinde yürürlüğe giren 28300 sayılı atık elektrikli ve elektronik eşyaların kontrolü yönetmeliğinde getirilen düzenlemeler, elektronik atıkların toplanması, taşınması, işlenmesi, bertaraf edilmesi [24] tam olarak yerine getirilememektedir.

E-atıklar parçalandıklarında, çöpe atıldıklarında ve yakıldıklarında çevre ve insan sağlığına çok ciddi zarar verebilmektedirler [2]. Elektronik atıkların büyüklüğü her geçen gün artmakta ve geri dönüşümde aynı oranda artış olmamaktadır [2].

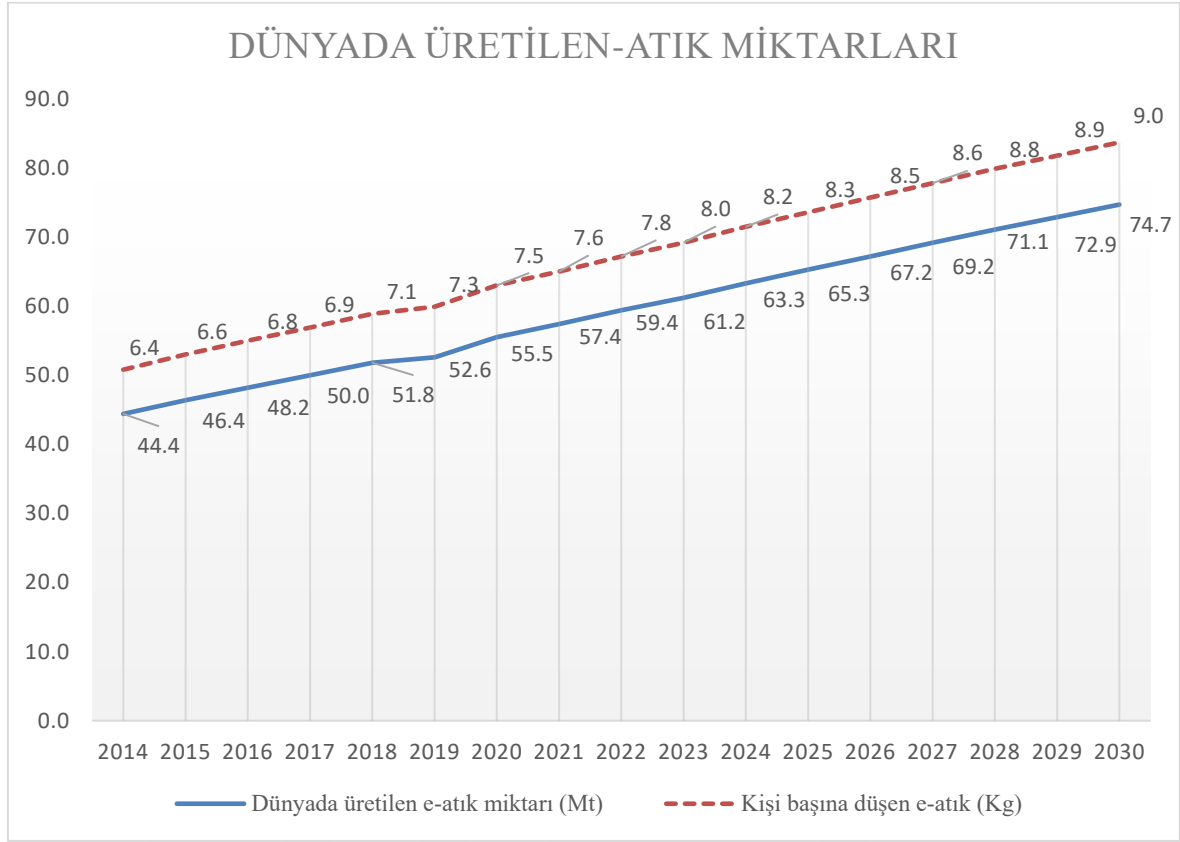
3.1 Dünyada ve Türkiyede Elektronik Atıkların Büyüklüğü

Gelir düzeyindeki artış, şehirleşme ve endüstrileşme elektrikli eşyaların yıllık tüketimini 2.5 Mt (miyon ton) arttırmaktadır. Artan elektrikli eşyalar ile birlikte elektrikli eşyaların yüksek oranda tüketimi, kısa ömürlü olmaları ve tamir zorluklarının olması, e-atığın artmasına sebep olmaktadır. 2014'ten bu yana dünyada üretilen e-atık 9.2 Mt büyümüştür [2]. Dünyada artan e-atık üretiminden Türkiye de nasibini almaktadır. Ülkemizde e-atığın azaltılması ve geri dönüşümünün yapılması için son yıllarda ciddi ilerlemeler kaydedilmiştir. 2012 yılında yürürlüğe giren atık elektrikli ve elektronik eşyaların kontrolü yönetmeliği, sıfır atık projeleri, bazı sivil toplum kuruluşlarını e-atığın toplanması ve yeniden kullanılması için yapılan projelerin olması ülkemizdeki e-atığın azaltılması için yapılan çok yararlı girişimlerdendir [3].

3.1.1 Dünyada e-atık

Dünyada 2020 yılında yayınlanmış global elektronik atık izleme raporundan hareketle aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır [2]. Bu veriler ışığında 2014 yılında 44.4 Mt e-atık üretilmiş, kişi başına düşen e-atık miktarı ise 6.4 Kg iken bu sayılar 2019 yılında 53.6 Mt seviyesine, kişi başına düşen e-atık 7.3 Kg yükselmiştir. 2030 yılına gelindiğinde bu oranın kişi başına 9 Kg e-atık düşeceği ve dünyada üretilen e-atığın 74.7 Mt olacağı tahmin edilmektedir. 2019 yılında toplam geri dönüştürülen e-atığın ancak %17.4 (9.3 Mt) geri dönüştürülmüştür. 2014'ten bu yana geri dönüşüm sektöründe işlenen e-atık 1.8 Mt artmıştır. Üretilen e-atığın maalesef %82.6 (44.3 Mt) geri dönüştürülemediği. Dünyada üretilen e-atık miktarı ve kişi başına düşen e-atık her yıl artmasına karşın, geri dönüşüm sektöründe işlenen e-atık aynı

oranda artmamaktadır [2]. Dünyada üretilen e-atığın büyüklüğü ve kişi başına düşen miktarlarının yıllık değişimi Şekil 3.1’de sunulmuştur [2].

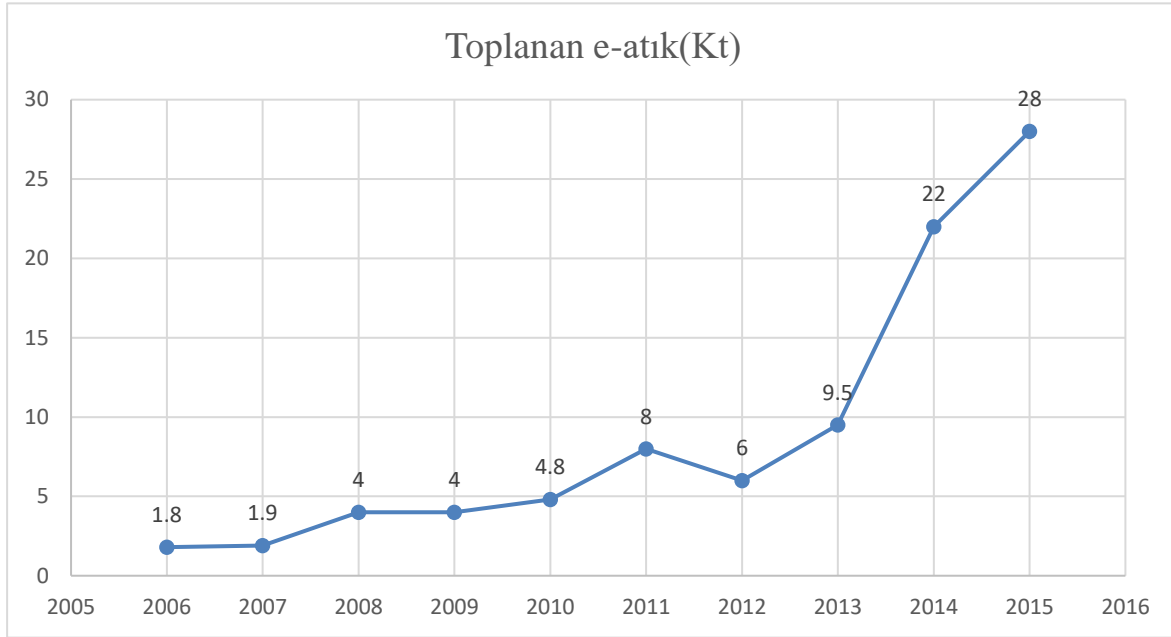


Şekil 3.1 : Dünyada üretilen e-atıkların büyüklüğü [2].

3.1.2 Türkiyede e-atık

Türkiye’de 2019 yılında 847 Kt e-atık üretilmiş ve kişi başına 10.2 kg e-atık düşmüştür. Türkiye’de kişi başına düşen e-atık miktarı dünya ortalamasının üzerindedir. 2015 verisine göre Türkiyede 125 Kt e-atık geri dönüştürülmüştür [2].

2012 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan yönetmelik ile elektronik atıkların yönetmelikten doğan yükümlülüklerinin yerine getirilmesi konusunda TÜBİSAD (Türkiye bilim sanayicileri derneği), AGİT (Aydınlatma gereçleri imalatçıları derneği), ELDAY (Elektrikli ve elektronik gerim dönüşüm ve atık yönetimi derneği) yetkilendirilmiştir. Türkiye’de 2006-2019 yılları arasında toplanan resmi e-atık miktarları Şekil 3.2’de gösterilmiştir [26,27]. Şekil 3.2’de görüldüğü gibi 2012 yılından önce toplanan e-atığın çok düşük olduğu karşımıza çıkmaktadır. Aslında bu oranın düşük çıkması resmi olarak kayıt altına alınan veriler olduğundan, kayıt dışında bulunan e-atığın atıldığı, yakıldığı veya evlerde, büro ve ofislerde atıl durumda bekletilip bekletilmediği hakkında elimizde güvenli bir veri bulunmamaktadır.



Şekil 3.2 : Türkiye’de elektronik atıkların büyüklüğü [26,27].

3.2 E-atıkların Çevre ve İnsan Sağlığına Zararları

Elektronik atıklar parçalandığında, yakıldığında çevreye ve insan sağlığına ciddi zararlar verebilmektedirler. AEEE'lere hiçbir müdahalede bulunulmasa dahi atmosferik etkilerden dolayı çevreyi ve suyu kirletme potansiyelleri mevcuttur. E-atıkların içinde Be, Mg, Se, Cd, Ba, Cr, Y, V, Nb, Ta, W, Al, Pb, Hg, Ga, Ge, In, Sb, Bi, La, Le, Pr, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Er vb. zararlı elementler bulunduğu gibi Cu, Ag, Pt, Pd, Ru, Rh, Ir, Os, Nd vb. kritik değerlilikte elementler de bulunmaktadır [2].

E-atıkları içinde bulunan bazı tehlikeli kimyasalların zararlı etkilerinden bazıları şu şekildedir [28,29];

Kurşun (Pb): Merkezi sinir sistemine, böbreklere, üreme sistemine ve özellikle de çocuklara ciddi zararlar veren ağır bir metaldir. Tüplü, eski lehimler, entegre devreler, baskılı devre kaplamaları, cam, akü ve piller kurşun içerir. **Civa (Hg):** Sinir sistemi civaya karşı çok duyarlıdır. Çocuklarda sinir ve sindirim sistemini etkilemektedir. Anne sütü ile çocuklara geçebilmektedir. Beyin, böbrek ve anne karnındaki fetusun gelişimine ciddi zararlar vermektedir. Pillerde, termometrelerde, küçük termostat, seviye algılayıcıları, düğmeler, deşarj/floresans lambalarında tıbbi cihazlarda, veri iletiminde, telekomünikasyonda, mobil telefonlarda, pillerde, baskılı devrelerde, anahtarlarda, sağlık gereçlerinde, aydınlatma armatürlerinde bulunmaktadır. Tıbbi cihazlar, cep telefonları ve aydınlatma ekipmanları gibi

EEE'lerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Tüm dünyadaki cıva kullanımının %22'sini elektrikli ve elektronik eşyalar oluşturmaktadır. Kadmiyum (Cd): Çoğunlukla solunum ve içilen sular ile vücuda alınmaktadır. Vücuttan atılması çok uzun zaman almaktadır. Akciğer ve böbreklere zararı vardır.Yüzey montajlı elemanlarda, yarı iletkenlerde ve bazı plastiklerde bulunmaktadır. Krom (Cr): Yüksek miktarlarda solunması halinde burun, akciğer, mide ve bağırsaklara zarar verebilmektedir. Kroma allerjisi olan kişilerde astım krizlerine neden olabilmektedir. Kanserojendir. Bromlu Alev Geciktiriciler (BFR): Normal gelişme için gereken hormonal fonksiyonları önemli derecede etkilemektedir. BFR işyeri ve ofislerdeki bilgisayarlar üzerindeki tozlarda elektrik kablolarında ve elektrikli elektronik eşyaların plastik kısımlarında bulunmaktadır. Baryum (Ba): Kısa süre baryum maruziyeti beyin şişmesine, kas zayıflığına, kalp ve karaciğer hastalığına neden olabilmektedir. Ana kart ve bağlantı parçalarında bulunmaktadır. Berilyum (Be): Kanserojen bir madde olarak sınıflandırılmaktadır. Ana kart ve bağlantılarda bulunmaktadır.

2012 yılında yayınlanan atık elektrikli ve elektronik eşyaların kontrolü yönetmeliğinde [24] üretilen veya ithal edilen ürünlerde kurşun (Pb), cıva (Hg), altı değerlikli krom (Cr6+), polibromürlü bifeniller ve polibromürlü difenil eterler (PBDE) ile kadmiyumun (Cd) bulunması yasaklanmıştır. Lakin bazı elektrik armatürlerinde ve lambalarında çalışma karakteristiklerindeki zorunluluktan dolayı belli bir miktarı geçmemek kaydıyla izin verilmiştir. Flüoresan ve tasarruf ampülleri cıva, sokak aydınlatmasında kullanılan lambalar da sodyum ve cıva buharı içermektedirler.

Elektronik atıkların bebeklere ve çocuklara zararlarının başında duyma kaybı, kanın çabuk pıhtılaşmaması, kalp-damar düzensizliği, genetik değişiklikler, koku alma hafızasında kayıplar olmaktadır [2]. Geri dönüşüm sektöründe çalışan kişiler e-atıkların geri dönüşümünü gelişigüzel yaptıklarında çalışana verdiği zararların; dna hasarları, kan şekerinin hızla yükselmesi, karaciğer hasarı, sperm kalitesinin düşmesi, genital rahatsızlıklar olduğu gözlenmiştir [2].

Elektronik atıkların bertaraf edilmek amacıyla yakılmasıyla halojenli ve bromidler ortaya çıkmaktadır [28]. Bu bileşenler kabloların üzerindeki pvc malzemede kablonun yanmaması için özellikle tasarlanmıştır. Ancak yandığı takdirde dioksin olarak ortaya çıkmakta ve atmosfere yayılmaktadır [28]. Elektronik atıklar toprağa gömüldüğünde de içindeki kimyasal malzemeler doğaya ve sulara karışarak çevre ve canlı sağlığına ciddi zararlar verebilmektedir. E-atıkları meydana getiren parçaların içinde bulunan zararlı bileşenlerin insan sağlığına zararları Çizelge 3.2'de sunulmuştur.

Çizelge 3.2 : E-atıklarda bulunan parçaların insan sağlığına zararları [30].

Bileşenler	E-atık Kaynakları	İnsanlar Üzerindeki Etkileri
Cıva	Termostatlar, sensörler, monitörler, baskılı devre kartları, katot ışın tüpleri, flüoresan lambalar vb.	Kronik beyin hasarına neden olmaktadır.
Kurşun	Baskılı devre kartları, katot ışın tüpleri, ampuller ve piller.	Sinir sistemine, kan sistemine ve böbreklere zarar verir; çocukların beyin gelişimini etkilemektedir.
Kadmiyum	Anahtarlar, yaylar, konektörler, baskılı devre kartları, yarı iletken çipler, fotokopi makineleri, katot ışın tüpleri, cep telefonları vb.	Solunum yolu tahrişi, kronik akciğer hastalığı, böbreklerde toksisite vb.
Krom	Korozyon önleyici kaplamalar, veri bantları vb.	Astımlı bronşit gibi güçlü alerjik reaksiyonlar DNA hasarına neden olabilmektedir.
Baryum	Katot ışın tüpleri ve floresan lambalar	Beyin şişmesine, kas güçsüzlüğüne, kalp, karaciğer ve dalağa zarar vermektedir.
Berilyum	Güç kaynağı kutuları, bilgisayarlar, X-ray makineleri, elektroniklerin seramik parçaları vb.	Akciğer kanseri ve cilt hastalıklarına neden olabilmektedir.
Arsenik	Transistörlerde ve optik sürücü parçaları vb.	Deri rahatsızlığı, sinir iletim hızını ve akciğer kanserini arttırmaktadır.
Bromlu alev geciktiriciler (BFR'ler) Polibromlu difenil eterler (PBDE'ler)	Elektronik ekipman için yangın geciktiriciler	Hayvanlarda büyüme hormonlarını, cinsel gelişimi, bağışıklık sistemlerini ve beyin gelişimini etkilemektedir.
Poliklorlu bifeniller (PCB'ler)	Dielektrik sıvılar, yağlayıcılar, jeneratörlerdeki soğutucular, kapasitörler ve transformatörler, flüoresan ışıklar, tavan vantilatörü, bulaşık makineleri ve elektrik motorları	Bağışıklık hormonu, sinir sistemi ve enzim sistemlerini etkilemektedir. İnsanlar için olası kanserojen maddelerdendir.
Poliklorlu dibenzo-dioksinler (PCDD'ler) Poliklorlu dibenzofuranlar (PCDF'ler)	Açık yanmada yan ürün olarak salınır.	Klorakneyi indükler, kolesterol seviyelerini yükseltmekte, testosteron seviyelerini düşürmekte, diyabet olasılığını arttırmaktadır.
Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar)	Yanma yan ürünleri olarak salınır	cilt, akciğer ve mesane kanseri riskini arttırmaktadır.

3.3 E-atıkların Ekonomik Değerleri ve Geri Dönüşümü

Bugün evlerde, işyerlerinde, ulaşımda, sağlıkta hemen hemen hayatın bütün alanlarında elektrikli eşyaların kullanılmadığı yer yok denecek kadar azdır. Elektronik ürünleri kullanmak insanlara kolaylık ve konfor sağladığı şüphesiz doğrudur ve kullanılması da gerekmektedir. Ancak elektronik eşyaların yüksek oranda tüketimi, kısa ömürlü ve tamirlerinin zor olması e-atığın artmasına sebep olmaktadır.

Resmi yönetmelikte elektrikli eşya üreticileri, geri dönüşüm ve geri kazanım oranlarının sağlanması ve atıkların azaltılması amacıyla, elektrikli ve elektronik eşyaların tasarımı ve üretimi sırasında, ürünlerin kolayca parçalanmasını, ayrıştırılmasını, yeniden kullanımını, geri dönüşümünü ve geri kazanımını kolaylaştıracak malzeme ve parçaları kullanmakla, çevrenin korunması ve emniyet gereklilikleri açısından önemli bir avantaj teşkil etmediği sürece yeniden kullanımı engelleyecek EEE tasarımlarından veya üretim süreçlerinden kaçınmakla yükümlüdürler [24].

Yüzey montajlı baskılı devre kartı ve yüzey montaj teknolojisi (SMD) ile boyutları ve ağırlıkları küçültülen elektrikli ve elektronik eşyaların tamiri ve bakımı zorlaşmıştır. Piyasada elektrikli ve elektronik eşya tamiri ve bakımı yapan çoğu firma ve işletme, elektronik eşyalarda bulunan kartlara ve smd elemanlara gerekli tamirin yapılması ciddi uzmanlık, emek ve zaman gerektiren bir işlem olduğundan çoğu zaman tamir yerine eskisinin atılıp yenisinin alınması tavsiye edilmektedir. Piyasada bu işlemlerle uğraşan birçok yetkilinin sanki ağız birliği etmişçesine tamir etme! yenisini al ve kullan! eskisini at! yaklaşımını izlemektedirler. Bu yaklaşıma buldukları isim al-tak! ustalığıdır. Üretici firmaların birçoğu yedek parçadan kazanma, ürünlerinin hafif ve ergonomik olması gibi sebeplerden dolayı bu durum kendilerine kazanç sağlamaktadırlar. Bu durum elektronik atıkların artmasına katkı sağlamaktadır.

Gelir düzeylerindeki artış, şehirleşme ve endüstrileşme elektrikli eşyaların yıllık tüketimini de yıllık olarak 2.5 Mt arttırmaktadır. Dünyada 2019 yılında toplam geri dönüştürülen e-atığın ancak %17.4 (9.3 Mt) geri dönüştürülmüştür [2]. Üretilen e-atığın maalesef %82.6 (44.3 Mt) geri dönüştürülemediği [2]. Geri dönüştürülemediği elektronik atığın değeri 57 milyar dolar değerindedir [2]. Dünyada üretilen e-atıklarda bulunan değerli madenlerin miktarları ve toplam ekonomik değerleri Çizelge 3.3'te sunulmuştur [2].

Çizelge 3.3 : Dünyada bulunan elektronik atığın ekonomik değeri [2].

E-atıkların içinde bulunan değerli madenler	Miktarları(Kt)	Milyon dolar
Gümüş(Ag)	1.2	579
Alüminyum(Al)	3046	6062
Altın(Au)	0.2	9481
Bizmut(Bi)	0.1	1.3
Bakır(Cu)	1808	10960
Demir(Fe)	20466	24645
Germanyum(Ge)	0.01	0.4
Kobalt(Ko)	13	1036
İndiyum(In)	0.2	17
İridyum(Ir)	0.001	5
Osmiyum(Os)	0.01	108
Paladyum(Pd)	0.1	3532
Platin(Pt)	0.002	71
Rodyum(Rh)	0.01	320
Rutenyum(Ru)	0.0003	3
Antimon(Sb)	76	644

Dünyada 183 milyon kişi kronik açlığın pençesinde boğuşurken ve 17 milyon çocuk kronik açlıktan zayıflarken [31] bu kadar değerli ürünler çöpe atılarak insanlara ve çevreye zarar vermekte gelecek nesillerin e-atık çöplüğünde yaşamasına neden olmaktadır.

Dünyada 78 ülkenin geri dönüşüm politikaları bulunmakla birlikte, sadece 46 Asya ülkesinin yalnızca 17'sinin geri dönüşüm politikaları vardır [2]. Türkiye'de ancak 2012 yılından bu yana ulusal bir e-atık politikası bulunmaktadır. Ülkemizde başlatılan sıfır atık projeleri ve atık toplama kampanyaları sayesinde geri dönüşümün önemi anlaşılmıştır. Asya bölgesinde toplanan 249 Mt e-atığın toplam ekonomik değeri 26.4 milyar dolardır [2]. Ülkemizde 2019 yılında 847 Kt e-atık üretilmiş ve kişi başına düşen e-atıkların miktarı 10.2 kg olmuştur [2].

Türkiye'nin 2019 yılında 847 kt e-atık [2] ürettiğinden yola çıkılarak tahmini bir hesaplama yapıldığında Türkiye'nin e-atığının ekonomik değeri 916 milyon dolar civarında olması muhtemeldir.

3.4 E-atıkların Etkilerini Azaltmak İçin Alınan Önlemler

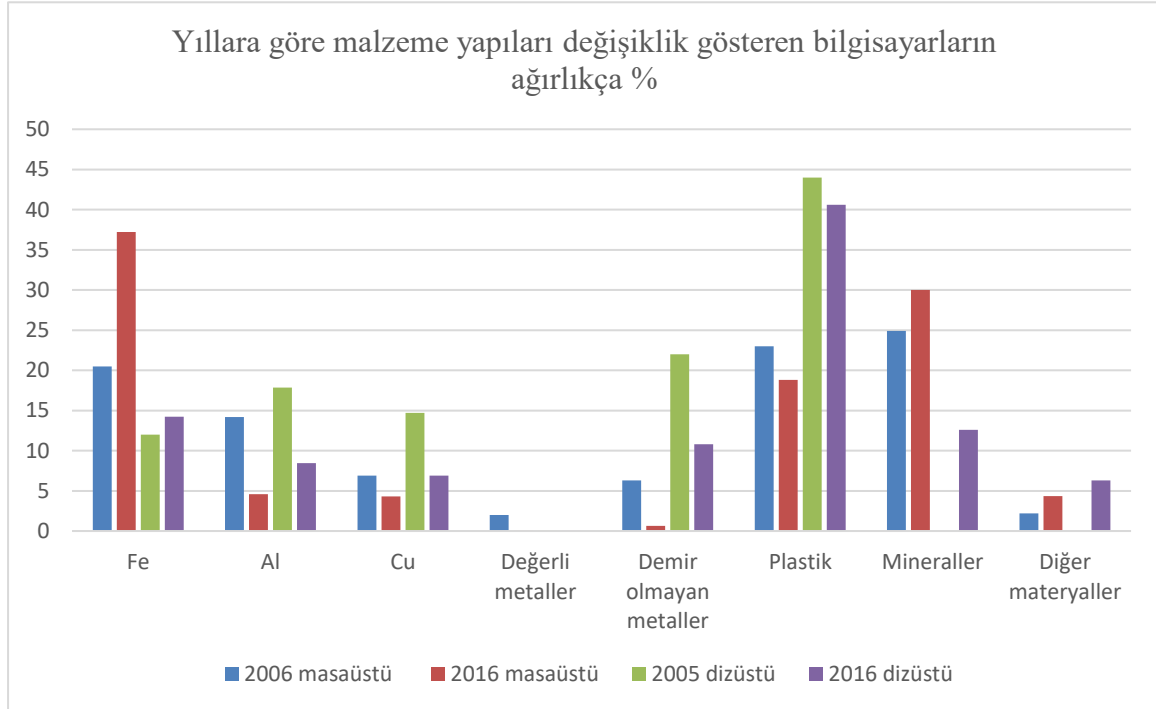
Dünyada e-atıkların olumsuz etkilerini azaltmak için e-atığın üretiminin azaltılması, geri dönüşümün teşviki, e-atığın hatalı işlenmemesi ve gaz salınımının azaltılması, geri dönüşüm sektörünün güçlendirilmesi ile e-atığın etkileri azaltılabilir.

Ülkemizde elektronik atıkların ne kadar olduğunun belirlenmesi, uygun toplama ve geri dönüşüm amaçlarının belirlenmesi, yeteri kadar finansman kaynağı sağlanması, siyasetçilerin etkili yönetmelikler çıkarmasıyla elektronik atıkların geri dönüşümü yapılarak çevreye olan zararları en az seviyeye indirilebilir [32].

Elektronik atıkların üretimini azaltmak için tüketim eğilimlerimizi yeniden gözden geçirmemiz gerekir [32]. Atık ürünlerden tekrar elektronik eşya üretilmeli, bertaraf etmek yerine geri kazanım için odaklanılmalı, bir üründen fazlaca kişinin yararlanmasıyla e-atıklar azalacak ve ekonomiye olan olumsuz etkileri en alt düzeye inecektir [25].

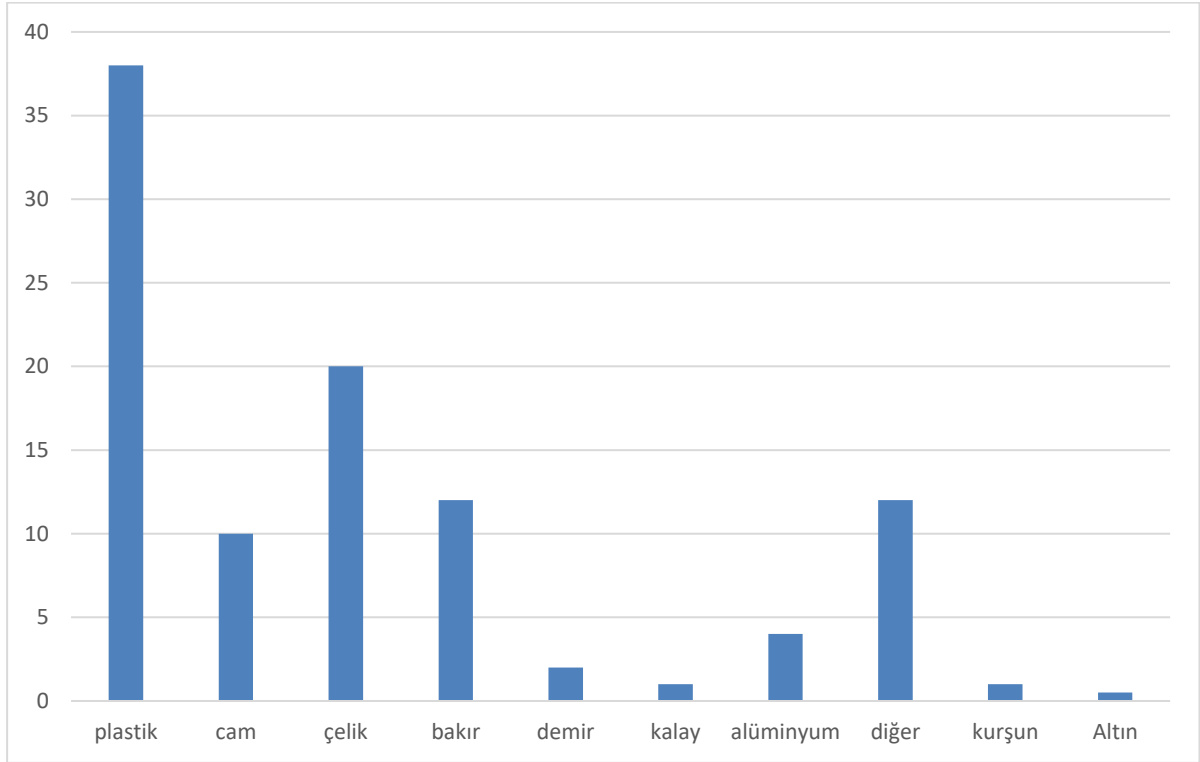
3.5 Elektronik Atık Olarak Bilgisayar

Bilgisayarları oluşturan materyaller zaman içerisinde değişim ve gelişim göstermektedirler. Bilgisayar parçalarını oluşturan materyellerin ağırlıkça yüzdelerinin yıllara göre değişimi Şekil 3.3'te sunulmuştur.



Şekil 3.3 : Bilgisayarların yıllar içinde değişen ağırlıkça yüzdesi [33,34].

Laptop plastik, cam, demir, bakır, kurşun, kalay, altın vb. maddelerden oluşmaktadır. Bu malzemelerin yüzdelik dağılımı Şekil 3.4'te gösterilmiştir [25].



Şekil 3.4 : Laptopta bulunan değerli maddeler[25].

4. MATERYAL VE METOD

4.1 Materyal

Araştırma materyali olarak 2010 yılında üretilmiş ve çeşitli sebeplerden ötürü kullanım ömrünü tamamlamış bir dizüstü bilgisayar kullanılmıştır. Şekil 4.1’de görüldüğü üzere birkaç klavye tuşu eksiktir, lcd ekran çalışmaktadır ve anakartında tamir edilebilecek arızalar mevcuttur.



Şekil 4.1 : Kullanım ömrünü tamamlamış dizüstü (laptop) bilgisayar.

4.2 Metod

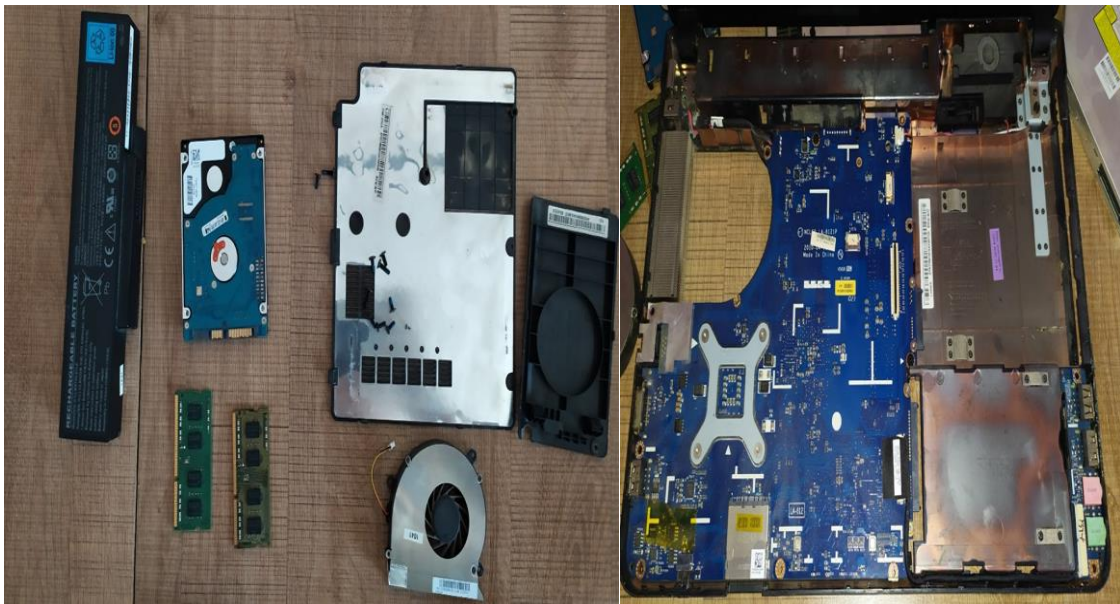
Kullanım ömrünü tamamlamış dizüstü bilgisayar fiziksel olarak söküm işlemine tabi tutulmuştur. Dizüstü bilgisayarı oluşturan parçalar zarar verilmeden sökme işlemi yapılmıştır. Baskılı elektronik devre kartları üzerinde bulunan elektronik elemanlar ve bileşenlerine istasyonlu havya, kalem havya, flux, lehim pastası ve lehim teli kullanılarak zarar vermeden ayrı ayrı söküm işlemine tabi tutulmuşlardır. Söküm işlemi gerçekleştirildikten sonra bütün elemanlar ayrı ayrı sınıflandırılmıştır. Sınıflandırılan elemanların dizüstü bilgisayar içindeki ağırlıkları ve bu elemanların içerikleri belirlenmiştir.

4.3 Laptop Söküm İşlemleri

Dizüstü bilgisayar fiziksel söküm işlemine tabi tutulmuştur. Öncelikle rastgele erişimli bellek(RAM) kapağı, sabit disk(HDD) kapağı sökülüştür. Daha sonra RAM'ler yuvalarından çıkarılara sabit disk sökümü gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'de görüldüğü gibi üst kapaklar, HDD, batarya, fan, RAM, anakart, alt kasa sökümü yapılmıştır.



Şekil 4.2 : Laptop arka kapak sökümü.

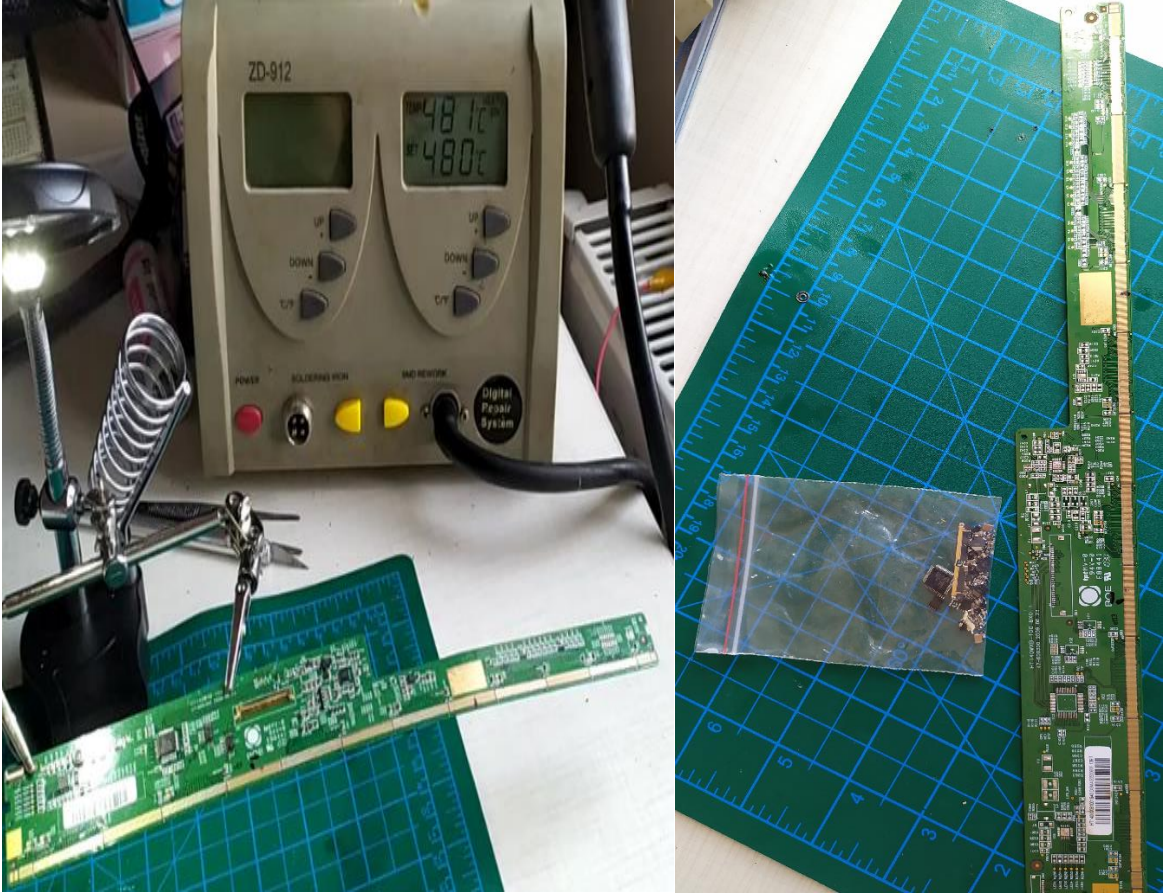


Şekil 4.3 : Laptop alt kasa sökümü.

Sıvı kristal ekran(LCD) modülü koruyan pvc çita ve kapakların sökümü şekil 4.4’de görülmektedir. LCD modüle ait baskılı devre kartı(BDK) ve üzerinde bulunan elemanları istasyonlu hava ile sökülmüştür. Şekil 4.5’de görülmektedir.

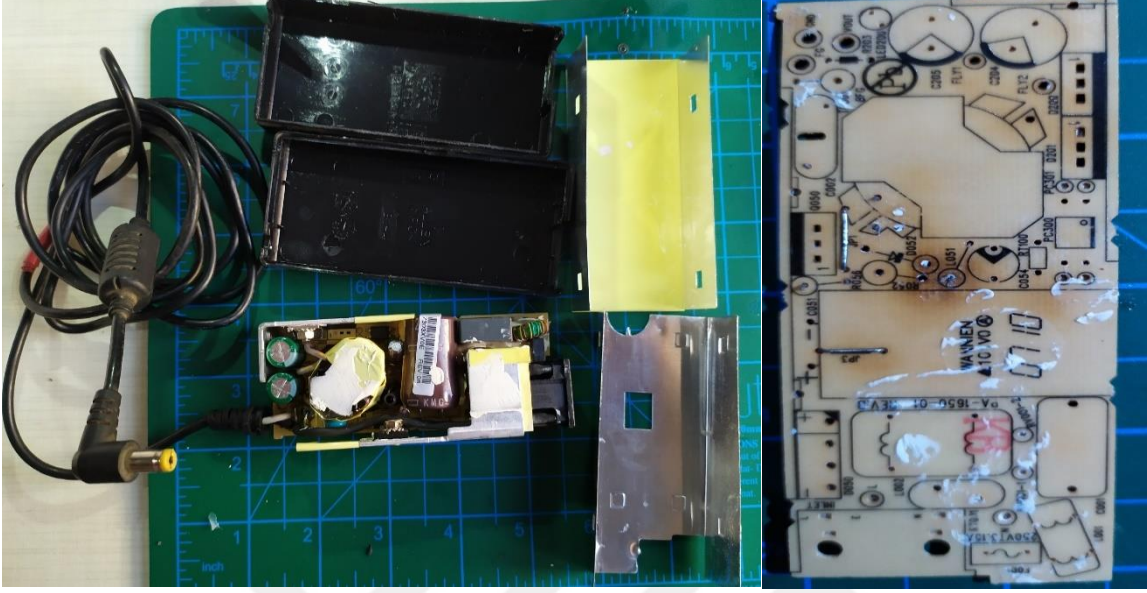


Şekil 4.4 : Ekran ve pvc panel sökümü.



Şekil 4.5 : Lcd ekran baskılı devre kartı.

Atık dizüstü bilgisayar değerlendirilirken şarj adaptörü ile birlikte değerlendirilmiştir. Şekil 4.6’da dizüstü bilgisayarın şarj adaptörü ve baskılı devre kartının sökülmüş hali görülmektedir.



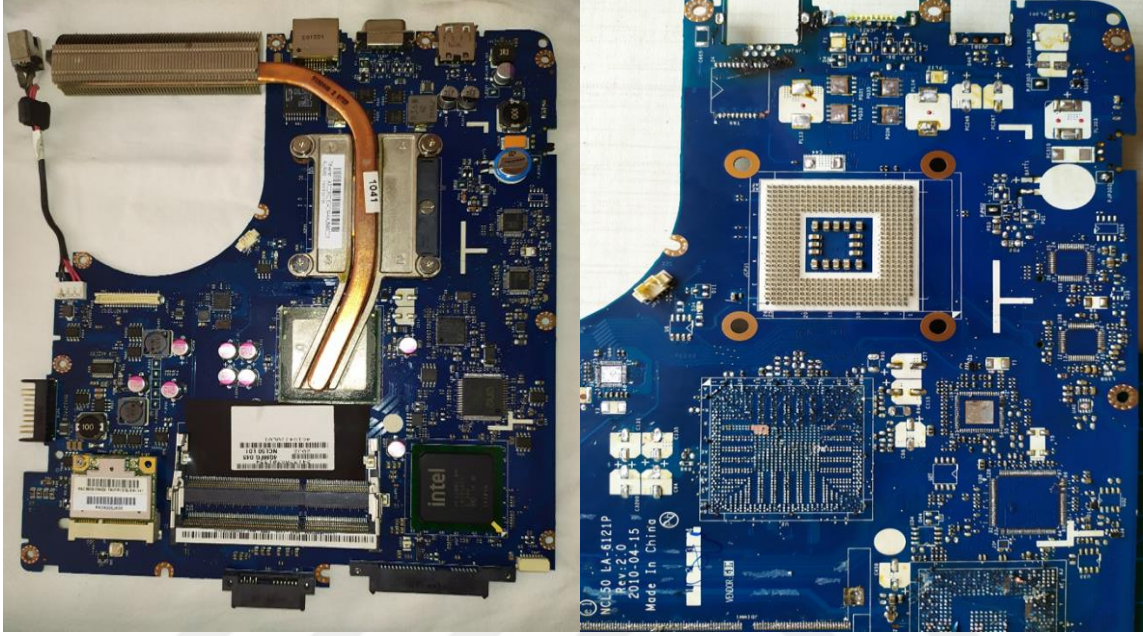
Şekil 4.6 : Şarj adaptörü.

Dizüstü bilgisayar içindeki parçalara zarar verilmeksizin söküm işlemleri tamamlanmıştır. Sökme işlemlerinin sonucunda dizüstü bilgisayardan çıkarılan LCD ekran, alt kasa, kapaklar, HDD, RAM, batarya, klavye, anakart, şarj adaptörü, fan, açma-kapama kartı, optik sürücü Şekil 4.7’de görülmektedir. Sökülen parçaların üzerinde bulunan elektronik parçalar ile mekanik ve plastik parçaların sökülmesine devam edilmiştir.



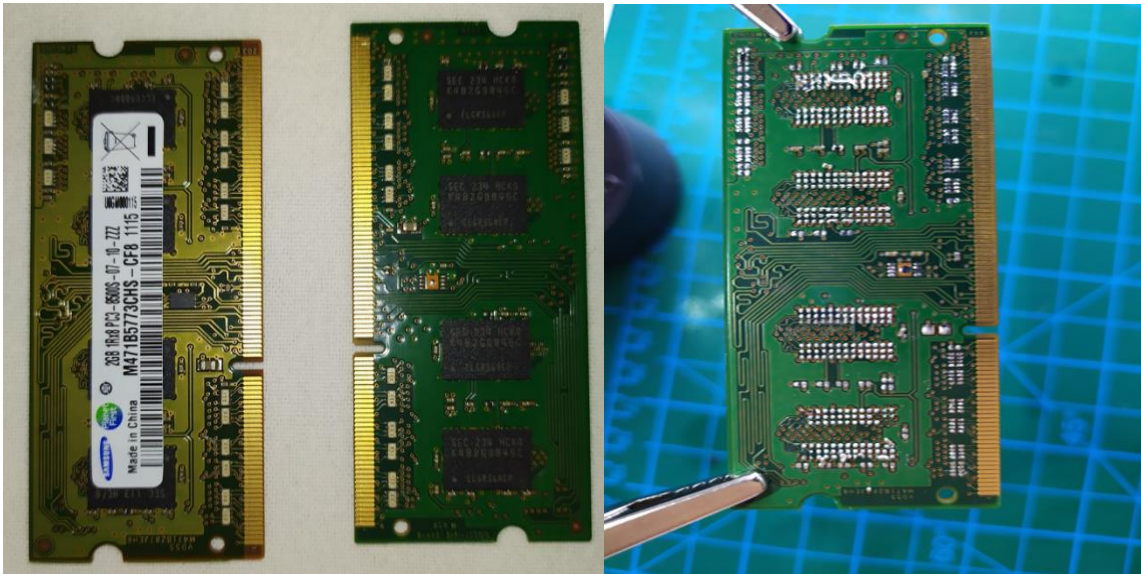
Şekil 4.7 : Laptoda bulunan bütün parçalar.

Dizüstü bilgisayarın en önemli parçası olan anakart üzerindeki grafik denetleyici ve işlemci soğutucu ve wi-fi kartı sökülüştür. Daha sonra istasyonlu havya ile anakart üzerinde bulunan RAM yuvaları, entegreler, konnektör bağlantıları, bios pili, sata konnektör bağlantıları, yüzey montajlı (SMD) devre elemanları dahil olmak üzere bütün parçalar sökülüştür. Şekil 4.8’de anakartın sökülme öncesi ve sonrasındaki durumu görülmektedir.



Şekil 4.8 : Anakart (mainboard) ve elektronik elemanların sökülüştür halini.

RAM’larda bulunan entegreler, yongalar, smd devre elemanlarının sökülme gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.9’da RAM’ların sökülme öncesi ve sonrası durumları görülmektedir.



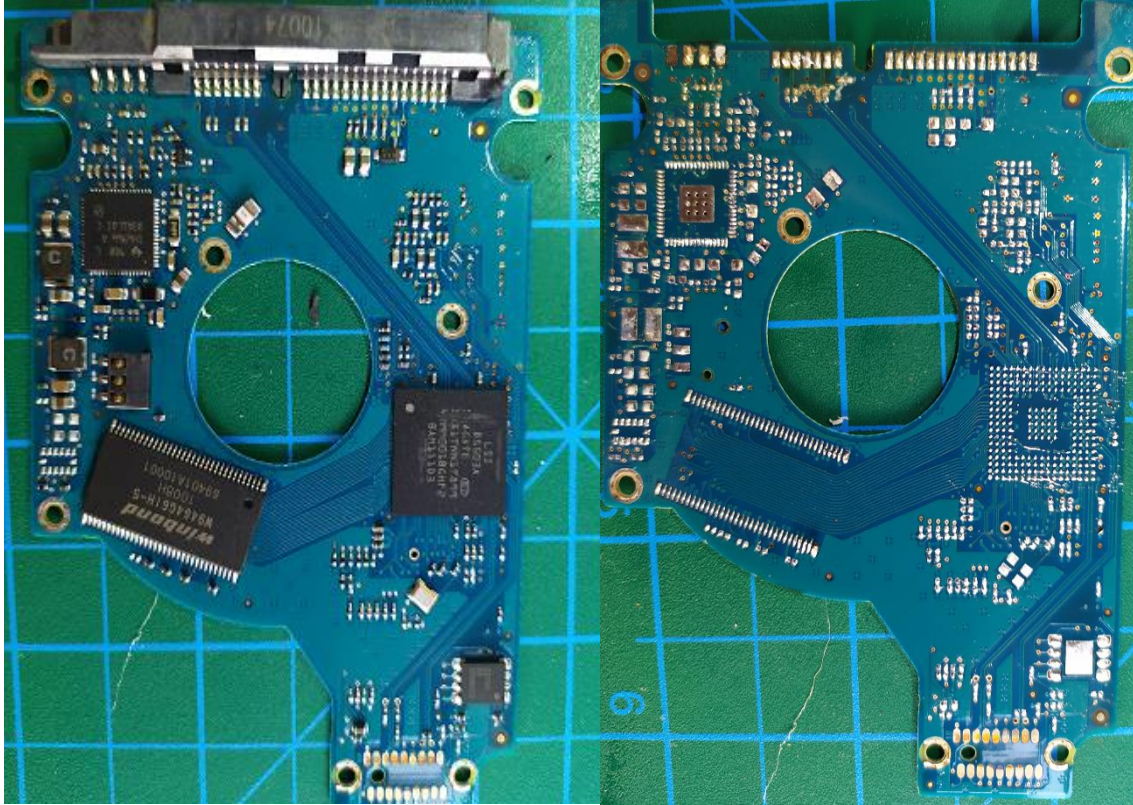
Şekil 4.9 : Ramlar ve elektronik elemanların sökülüştür halini.

Dizüstü bilgisayardan çıkarılan HDD'nin söküm işlemlerine geçilmiştir. Sabit disk parçalarına ayrılmıştır. BDK, gövde ve kapak Şekil 4.10'da görülmektedir.



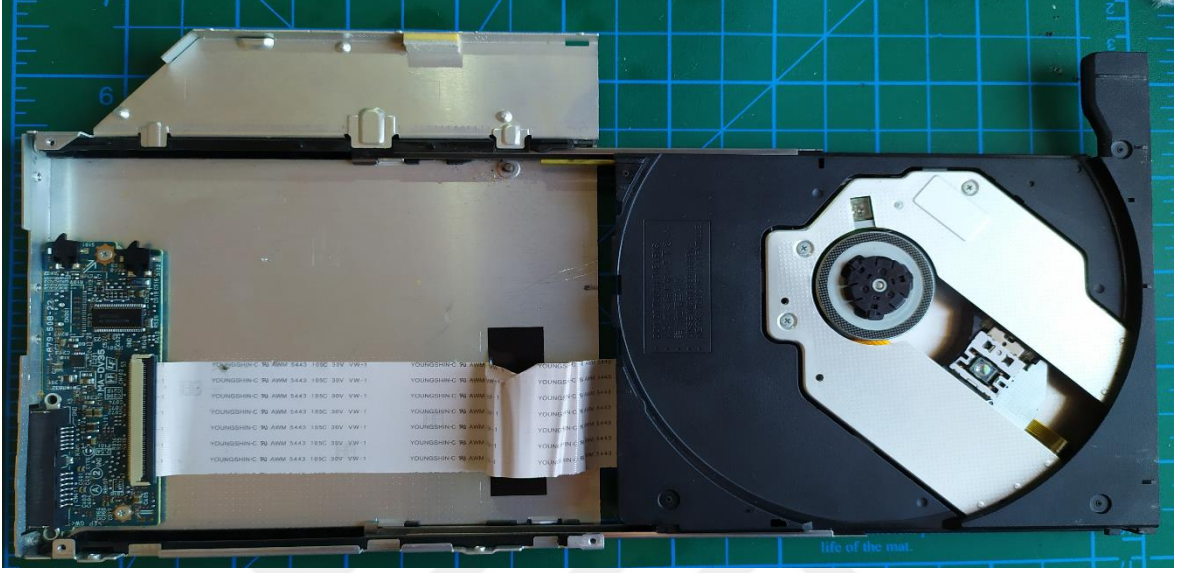
Şekil 4.10 : HDD parçaları.

Fiziksel söküm işlemlerinin ardından HDD baskılı devre kartında bulunan elektronik komponentler ve sata soketin sökümü istasyonlu havya ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.11'de baskılı devre kartının üzerindeki elemanların sökümden önceki ve sonraki durumları görülmektedir.

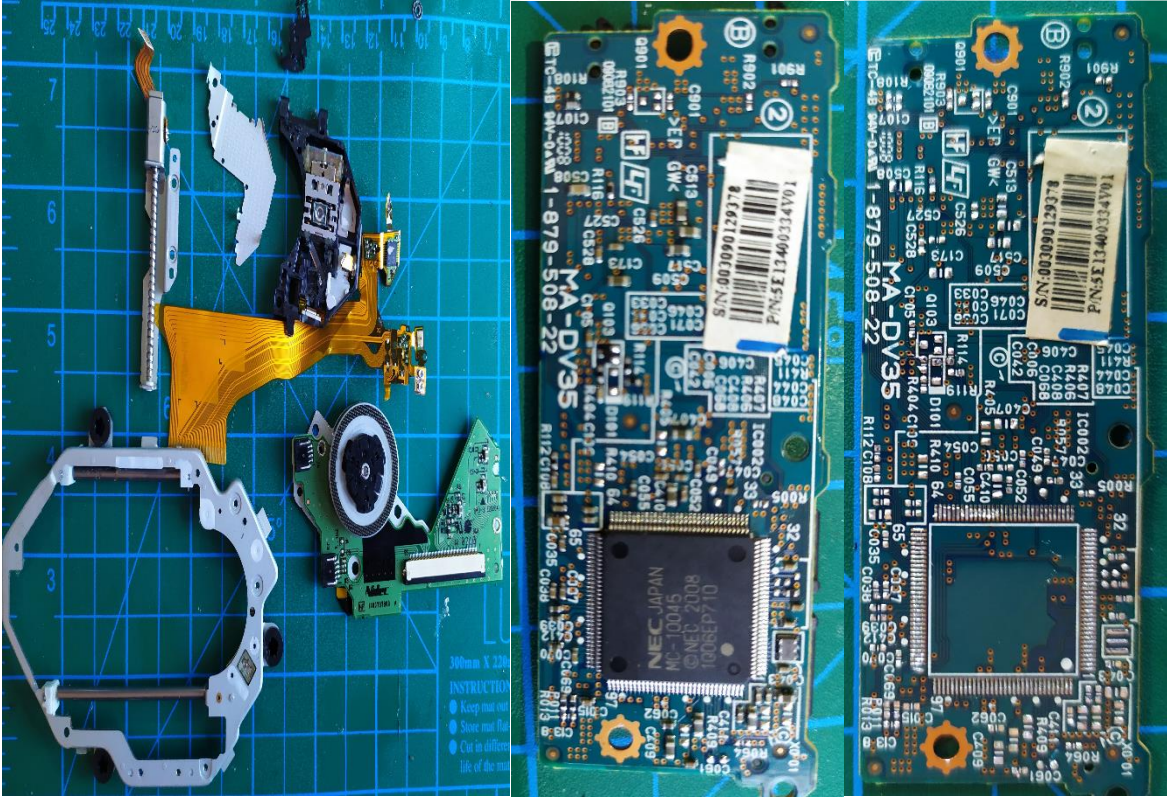


Şekil 4.11 : Hdd baskılı devre kartı.

Optik sürücüde(CD/DVD DRIVER) bulunan metal, plastik aksamlar sökülüştür. Sürücüde bulunan motorlar ve baskılı devre kartları üzerinde bulunan elektronik devre elemanlarının sökülümü yapılarak sürücü parçalarına ayrılmıştır. Şekil 4.12 ve Şekil 4.13’de optik sürücünün parçaları görülmektedir.

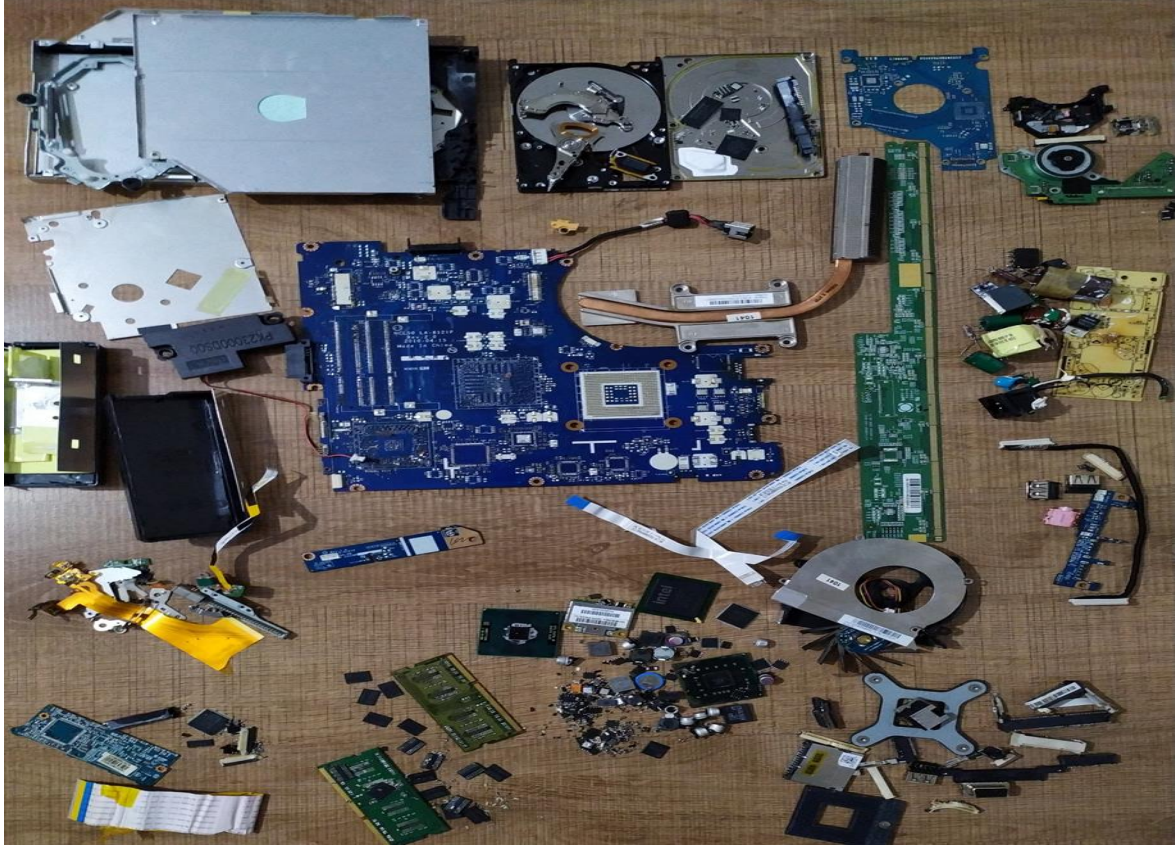


Şekil 4.12 : Cd/dvd sürücü.



Şekil 4.13 : Cd/dvd sürücü parçaları ve baskılı devre kartı.

Dizüstü bilgisayarın adaptörü, anakartı, ses kartı, sabit disk sürücüsü(HDD), optik sürücüsü(CD/DVD DRIVER), fan, RAM'ler, ekran ve baskılı devre kartları olmak üzere şekil 4.14'de görüldüğü üzere bilgisayarı oluşturan bütün elektronik ve mekanik parçaların sökümü tamamlanmıştır.



Şekil 4.14 : Bilgisayarı oluşturan elektronik ve diğer parçalar.

Sökülen dizüstü bilgisayar içinde bulunan elektronik devre elemanları, baskılı devre kartları, plastik, kompozit, kablolar, metal parçaların hepsinin sınıflandırılması yapılarak ağırlıkları hassas tartı ile ölçülmüştür. Laptop 1458 parçadan oluşmakta olup şarj adaptörü ile birlikte toplam ağırlığı 2564,26 gram gelmektedir.

Dizüstü bilgisayarı oluşturan bütün parçaların ağırlıkları tek tek ölçülerek liste halinde ekler bölümünde bulunan Çizelge A.1'de sunulmuştur. Dizüstü bilgisayar içindeki parçaların sınıflandırılması parçaların içinde bağlı buldukları bölümler halinde yapılmıştır.

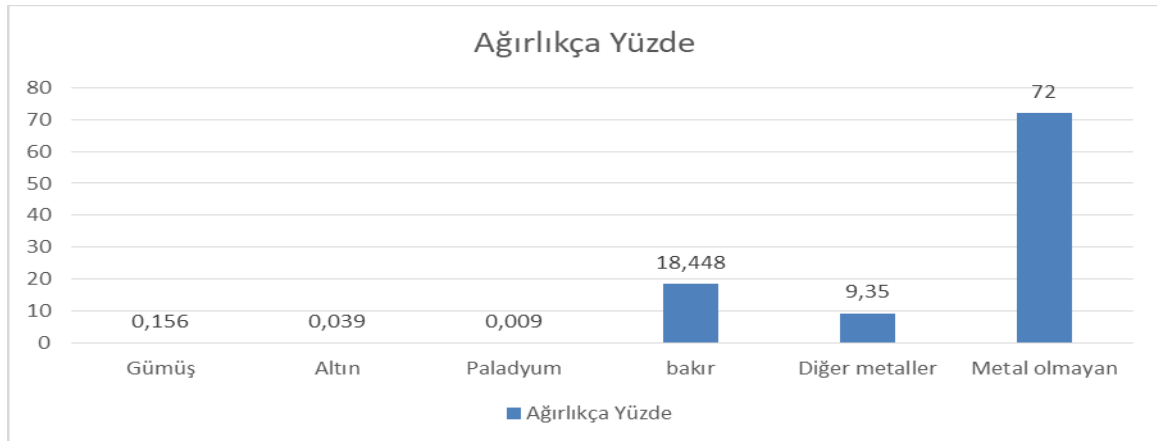
5. BULGULAR

5.1 Baskılı Devre Kartları

Elektronik devre elemanlarını bir arada bulunduran, üzerindeki bakır yollar ile elemanların birbirleri ile olan devre bağlantılarının yapılmasını sağlayan kartlara baskılı devre kartları denir [35].

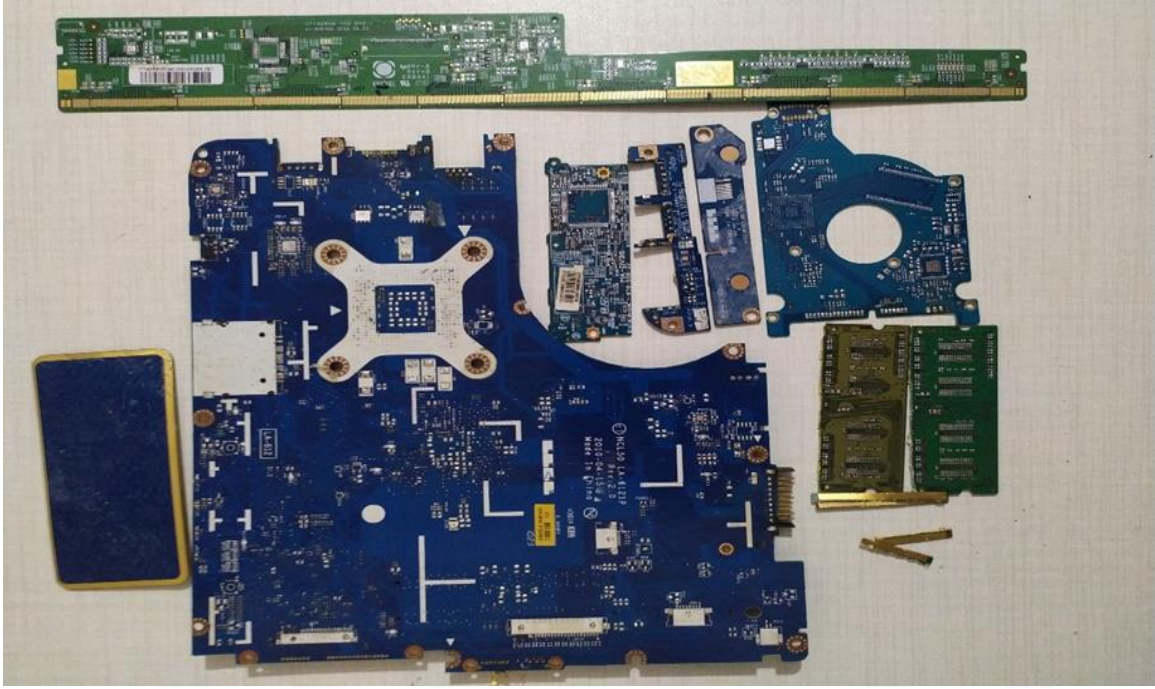
İlk zamanlarda baskılı devre kartları tek katmanlı bakır tabaka ile fiberglas malzemelerden oluşmaktaydı. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte baskı devre kartlarında bulunan katmanlar arttırılmıştır. Yüzey montajlı elemanların üretiminin arttırılması ve boyutlarının küçültülmesiyle baskılı devre kartlarının boyutları küçülmüştür. Baskılı devre kartları elektrikli ve elektronik cihazlarda (televizyonlar, bilgisayarlar, cep telefonları ve dizüstü bilgisayarlar) bulunmaktadır. Genel olarak BDK % 40 metal, % 30 plastik ve % 30 seramikten oluşmaktadır [35]. BDK, devre elemanlarına iletkenlik sağlamak için kalay, gümüş veya bakır ile kaplanmaktadır.

Cep telefonlarında ve kişisel bilgisayarlarda kullanılan iki tip BDK (FR-4 ve FR-2) vardır[35]. FR-4 tipi BDK'lar, bakır ile kaplanmış çok katmanlı bir cam elyafından, FR-2 tipleri ise tek bir kat cam elyaf veya selüloz kağıt veya yine bir bakır tabaka ile kaplanmış fenolik malzemeden yapılmıştır [35]. Küçük elektronik cihazlar (cep telefonları) için FR-4 tipi BDK, daha büyük cihazlar (bilgisayarlar ve televizyon) için FR-2 kullanılmaktadır[35]. Polimerler ve endüstriyel plastikler, polietilen, polipropilen, epoksiler ve polyesterler içeren BDK'ların diğer ana bileşenleridir. Bu malzemeler baskılı devre kartlarına yalıtkanlık ve esneklik sağlamaktadırlar [35]. Baskılı devre kartlarının ağırlıkça kimyasal bileşimlerinin yüzdesi Şekil 5.1'de verilmiştir [36].



Şekil 5.1 : Baskılı devre kartları bileşenleri[36].

Şekil 5.2’de bilgisayardan sökülen tüm baskılı devre kartları görülmektedir. Toplam BDK’lar 158.91g ağırlığında olup, bu miktar laptop ve şarj adaptörü ile birlikte toplam ağırlığın % 6,19’una karşılık gelmektedir. Buradan hareketle laptopta bulunan baskılı devre kartlarının ağırlığı Şekil 5.1 ile karşılaştırılarak laptoptan sökülen baskılı devre kartlarının kimyasal bileşenlerinin ağırlığı hesaplanarak Şekil 5.3’te sunulmuştur.



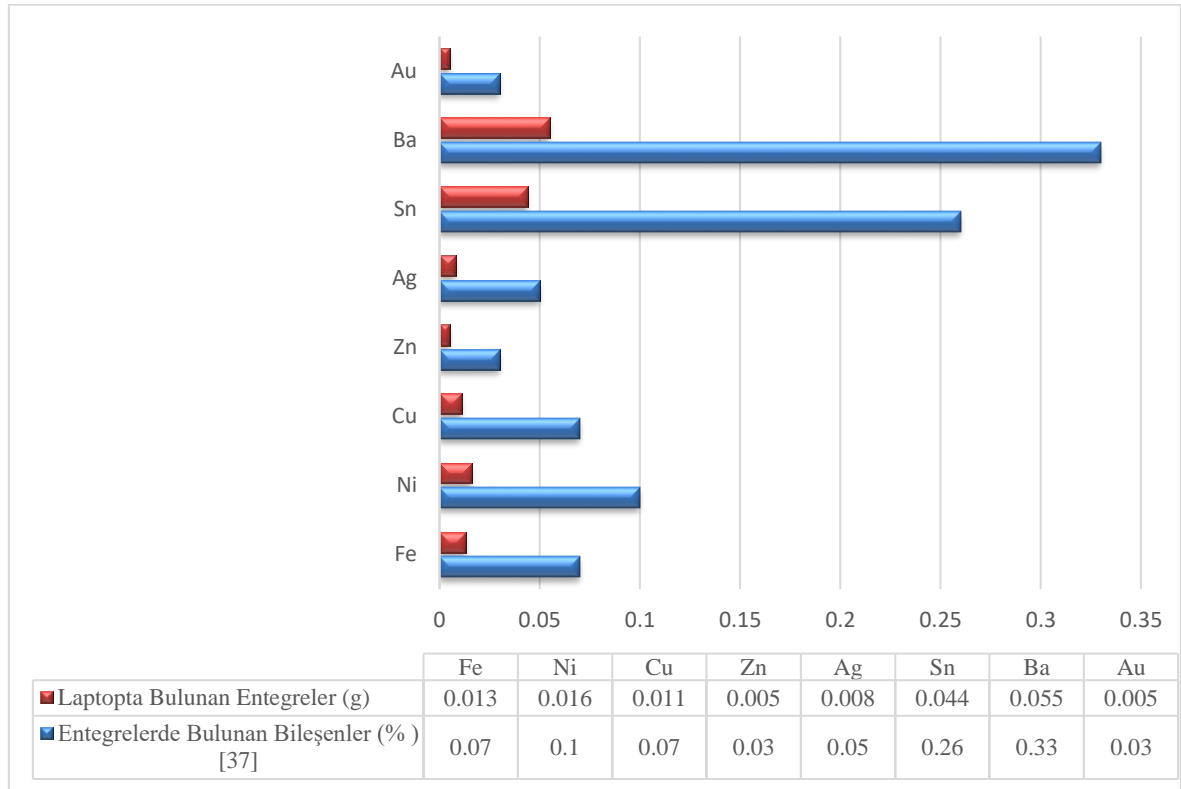
Şekil 5.2 : Baskılı Devre Kartları.



Şekil 5.3 : Sökülen baskılı devre kartında bulunan maddeler.

5.2 Entegreler

Elektronik devre elemanlarını tek bir devreyi oluşturmak için merkezde toplayan tümleşik, bütünleşik, yonga, chip isimleri verilen devre elemanlarıdır. Entegreler çeşitli büyüklüklerine göre milyonlarca transistörden oluşmaktadır. Söküm işlemlerinde bilgisayardan 16,96g entegre, yonga, chip bulunmuştur. Bu ağırlık bilgisayarın %1.52'lik kısmına karşılık gelmektedir. Entegrelerde bulunan elementlerin bileşimlerinin ağırlıkça yüzdeleri[37] ile bilgisayarda bulunan miktarlar Şekil 5.4'te karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.4 : Laptopta bulunan entegre bileşenlerinin ağırlıkları.

5.3 Bios Pili

Dizüstü bilgisayardan sökülen bios pili şarj edilebilir pillerden olan lityum mangan dioksit pildir. Bu pil demir, manganez dioksit, krom, plastik, lityum, dimetoksietan, krom, nikel elementlerinden oluşmaktadır [38]. Dizüstü bilgisayarda bulunan lityum mangan dioksitin ağırlığı 0.87g gelmektedir. Bu değer laptobun %0.033'lük kısmına karşılık gelmektedir. Lityum mangan dioksit pillerin içinde bulunan maddelerin oranları [39] ile laptopta bulunan pilin kimyasal bileşimlerinin ağırlıkça yüzdesi hesaplanarak Çizelge 5.1'de gösterilmektedir.

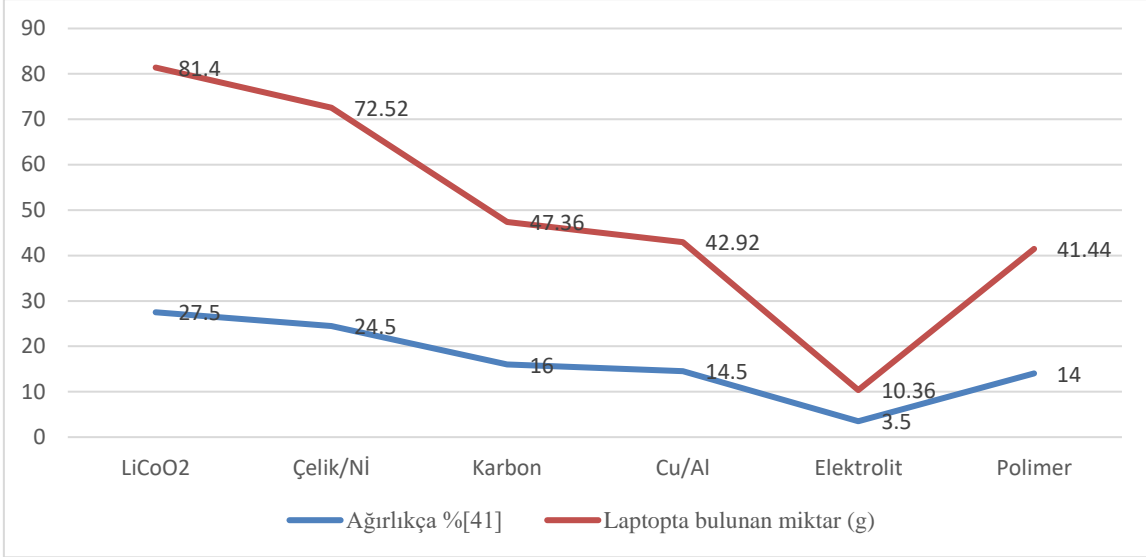
Çizelge 5.1 : LiMnO₂ pillerin içerikleri[39] ve laptopta bulunan miktarları.

Lityum mangan dioksit pilin kimyasal bileşenlerinin oranları(%) [39]	Laptopta bulunan miktarları (g)
Demir(Fe)-%50	0.435
Manganez dioksit (MnO₂) - %28	0.02436
Krom (Cr)-%10	0.087
Plastik-%3	0.0261
Lityum (Li)-%3	0.0261
Dimetoksietan-%3	0.0261
Karbon (C)- %2	0.0174
Nikel (Ni) - %2	0.0174

5.4 Batarya

Dizüstü bilgisayardan sökülen batarya, lityum-ion şarj edilebilir pillerdendir. 10.8 volt, 4300 mah olup 47 Wh enerji üretmektedir. Çıkış geriliminin yüksek ve verimli olması, diğer pillerle kıyaslandığında uzun ömürlü olmasının yanında ve yüksek sıcaklıklarda bozulabilmesi, koruyucu devre ihtiyacının oluşu, aşırı şarj sonucunda kapasitesinin kaybolması ve üzerinde oluşan aşırı ısınması bu pillerin dezavantajlarından[40]. Alüminyum, karbon, bakır folyo, dietil karbonat, etilen karbonat, metil-etil karbonat, lityum heksaflorofosfat (LiPF₆), karbon tozu, lityum kobalt oksit, polivinilidin florür(PVDF), çelik, nikel ve inert polimerler içermektedirler [38]. Bu oranlar üretici firmalara göre değişse de ortalama olarak lityum-ion pillerin kimyasal bileşikleri Şekil 5.5'te verilmiştir [41].

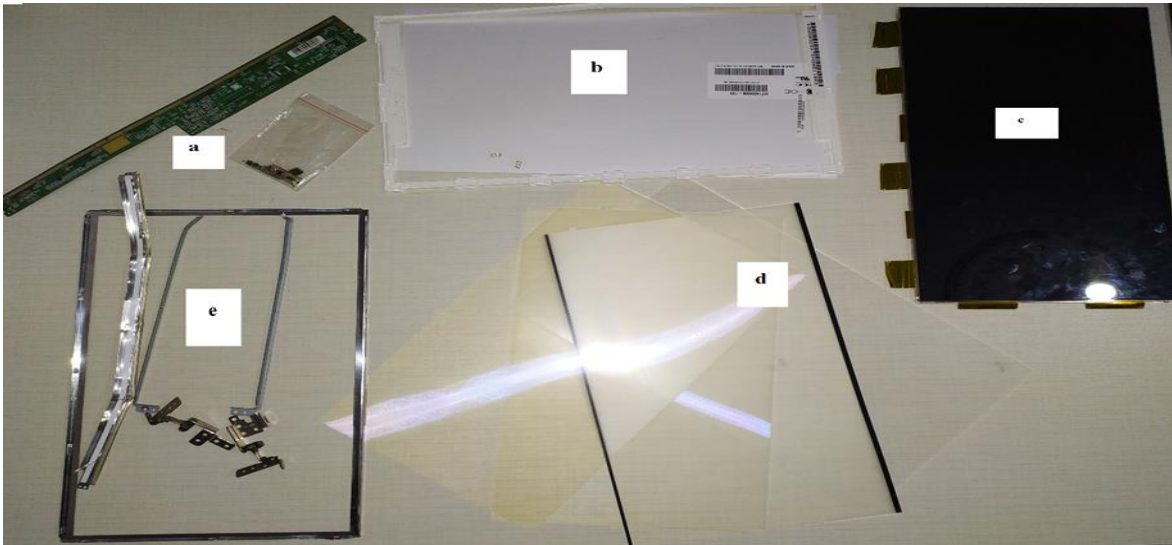
Dizüstü bilgisayardan sökülen batarya 296 g ağırlığında olup bu ağırlık bilgisayarın %11.54'lük kısmına karşılık gelmektedir. Laptoptan çıkarılan batarya ile lityum-ion bataryaların içeriklerindeki [41] kimyasal bileşikler ağırlıkça kıyaslanarak Şekil 5.5'te sunulmuştur.



Şekil 5.5 : Lityum-iyon pillerin kimyasal bileşenlerin oranı.

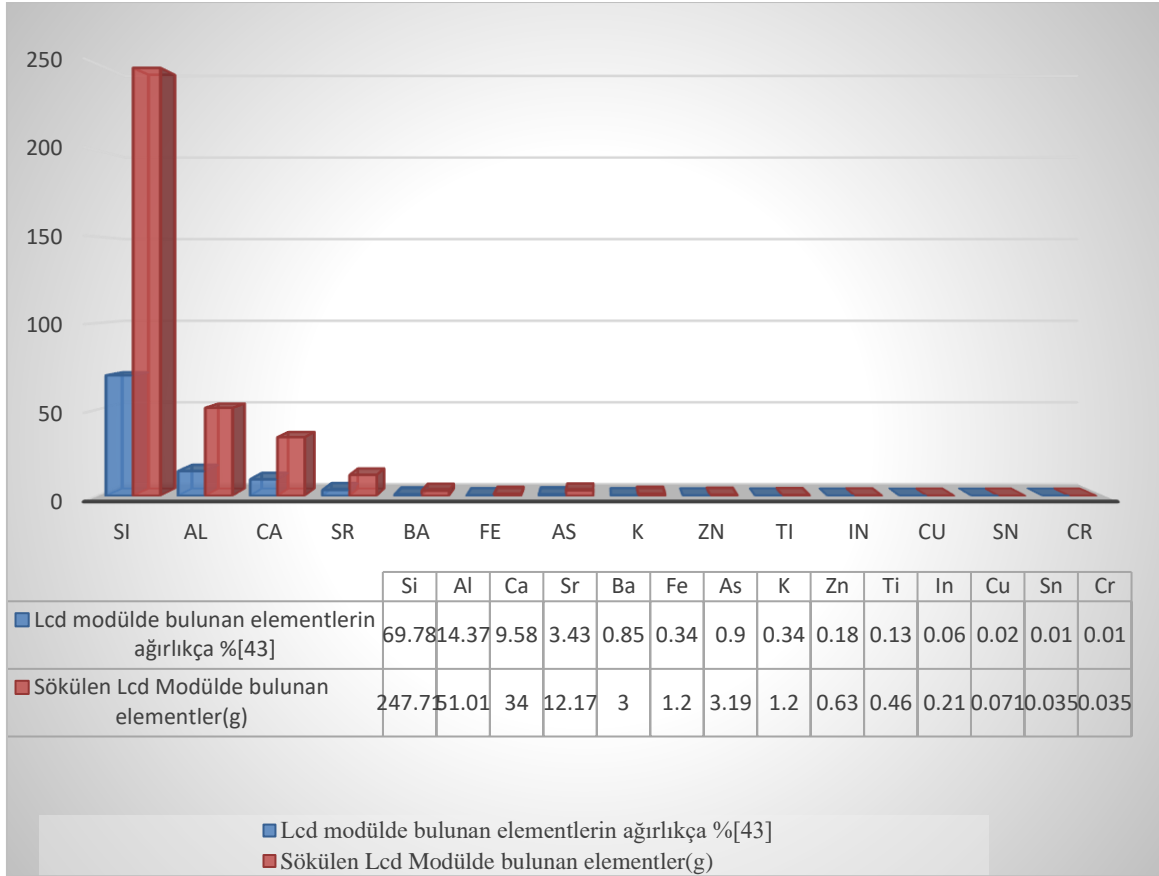
5.5 Lcd Ekran

Sıvı kristal ekran (Liquid Crystal Display), elektrikle kutup oluşturan sıvının ışığı tek fazlı geçirmesi ve önüne getirilen kutuplama filtresi ile gözün algılayacağı şekle dönüştüren ekranlar olup kullanım ömrü 8-10 yıl arasında değişmektedir [42]. Sıvı kristal ekran paneli, lcd monitör, dizüstü bilgisayar, tablet, kişisel bilgisayarlar, cep telefonu ve televizyonlarda yaygın olarak kullanılmıştır. LCD paneli oluşturan parçalar, elektronik devre elemanları ve kontrol kartı, LCD modül, LCD modülü koruyan plastik ve metal çerçevelerin sabitlenmesini sağlayan menteşeler ile polarize ve renk filmleri Şekil 5.6'da gösterilmiştir. Şekil 5.6'da, a) baskılı devre kartı ve elektronik elemanlar, b) plastik parçalar, c) lcd modül, d) polarize film, cam yüzey ve renk filmleri, e) metal parçalar görülmektedir.



Şekil 5.6 : Lcd modülü oluşturan parçalar.

Bilgisayardan sökülen LCD modülün toplam ağırlığı 355 gram ile laptobun %13.84'lük kısmına karşılık gelmektedir. LCD modüllerde bulunan elementlerin kimyasal bileşiklerinin ağırlıkça yüzdesi [43] ile laptobtan sökülen LCD modülün içinde bulunan kimyasal bileşikler hesaplanarak Şekil 5.7'de sunulmuştur.

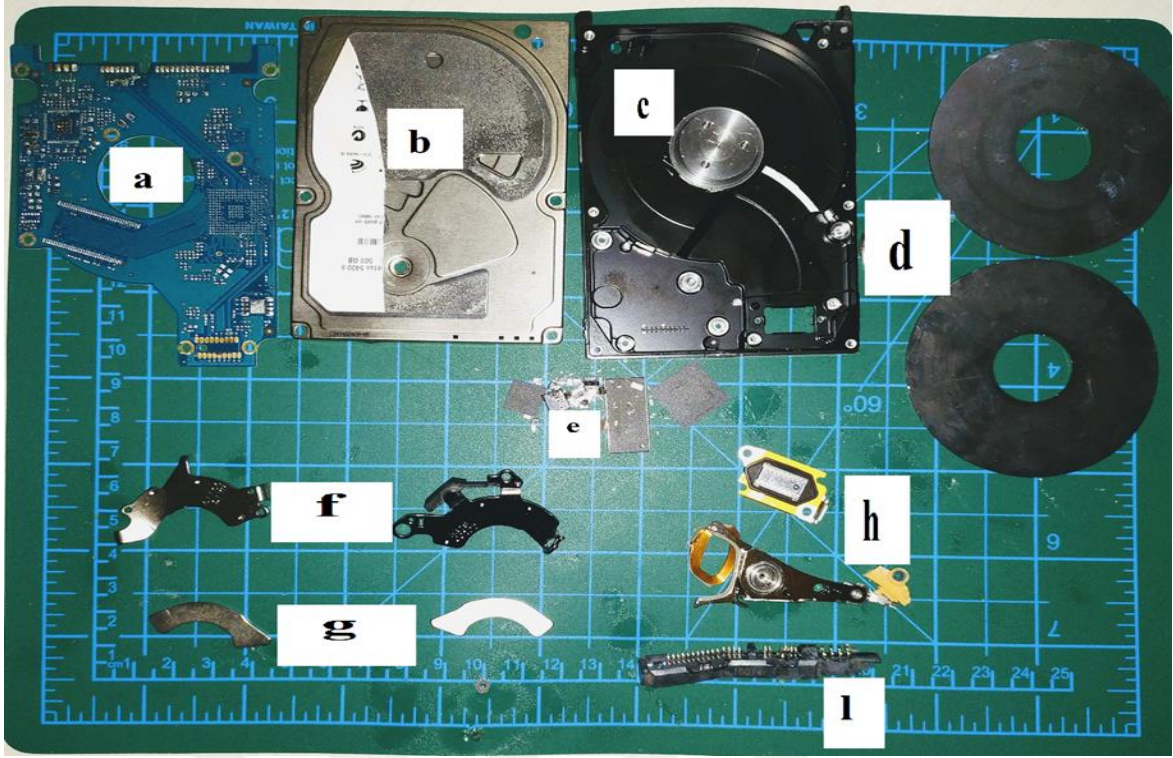


Şekil 5.7 : Sökülen lcd modülü oluşturan elementler.

5.6 Harddisk Driver

Bilgisayardan sökülen sabit disk toplam 161 parça, 109.45g ağırlığında olup bilgisayarın %4.26'lık kısmını oluşturmaktadır. Sabit diski oluşturan baskılı devre kartı, metal parçalar, diskler, neodyum mıknatıs, elektronik devre elemanı ve gövde Şekil 5.8'de görülmektedir. Sabit disklerin kimyasal bileşiklerinde C, Mg, Si, P, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Sn ve Pb ve NdFeB mıknatıslar bulunmaktadır [44].

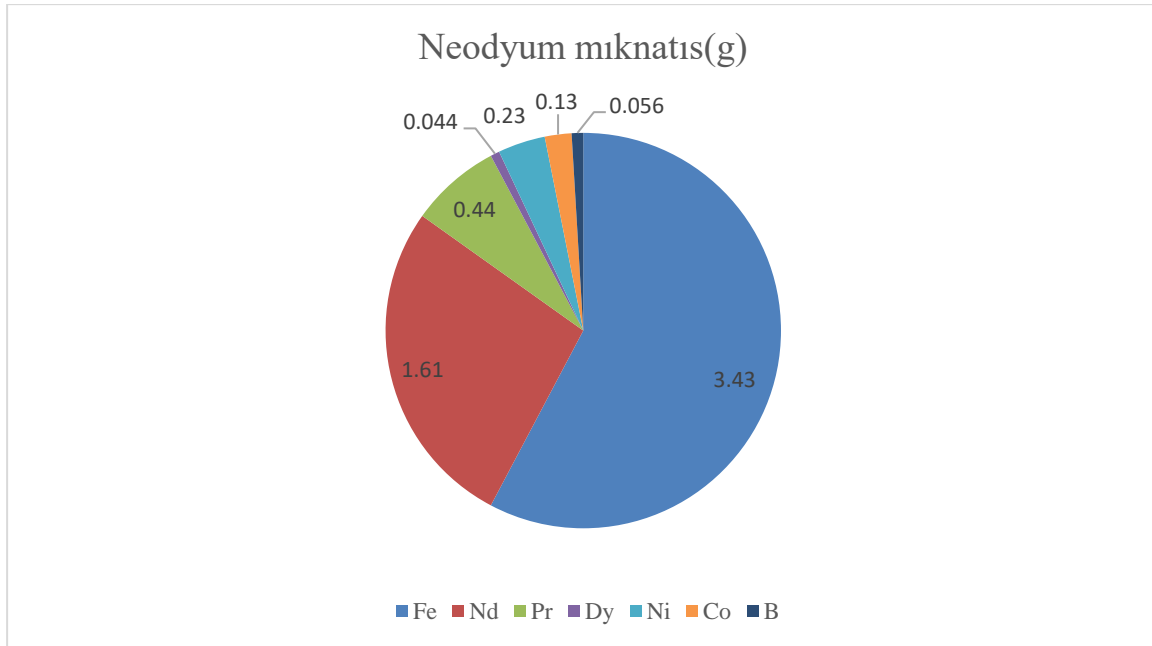
Sökülen sabit disk parçaları a) elektronik devre kartı , b)üst kapak, c)gövde ve motor, d) diskler, e) elektronik devre elemanları, f) mıknatıs tutucu, h) yazma ve okuma kafası, g) neodyum mıknatıs, ı) sata konnektör olmak üzere Şekil 5.8'de sunulmuştur.



Şekil 5.8 : Hdd parçaları.

Sabit diskte bulunan en önemli parçalardan biri neodyum mıknatıslardır. Neodyum mıknatısı oluşturan nadir toprak elementleri kimyasal olarak benzer 17 metal elementten (15 lantanit, skandiyum ve itriyum) oluşan bir gruptur. Günümüzde diğerlerinin yanı sıra kalıcı mıknatıslar, lambalar ve fosforlar, katalizörler ve şarj edilebilir pillerdeki temel rolleri nedeniyle giderek daha önemli hale gelmişlerdir. Neodyum elementinde %50 maden üretimi ve %86 pazar payı ile Çin tekel durumundadır [44]. NdFeB alaşımlarına dayalı neodyum mıknatısların geri dönüşümü, küresel geri dönüşüm pazarındaki nadir toprak elementlerinin arzındaki boşluğu doldurmak için potansiyel bir çözümdür. HDD'lerde bulunan NdFeB mıknatısların kimyasal bileşimi belli aralıklarda üretici firmalara göre değişmektedir. Laptapta bulunan neodyum mıknatısın kimyasal bileşimleri Fe (% 53–62), Nd (% 25–29), Pr (% 2–13), Dy (% 0.1–1.4), Ni (2 –6%), Co (% 0,5–3,6), B (% 0,8–1,0) oranındadır[44].

Laptapta bulunan neodyum mıknatıs oranları hesaplanırken bu değerlerin ortalaması alınmıştır. Laptapta HDD içerisinden çıkarılan neodyum mıknatıslar 5.47g ağırlığındadır ve ayrıca lcd panel çitasından 0.5g neodyum mıknatıs bulunmuştur. Toplamda laptoptan çıkarılan neodyum mıknatıs 5.97 g ile laptobun %0.23'lük kısmına karşılık gelmektedir. Şekil 5.9'de laptapta bulunan neodyum mıknatısın içeriğindeki elementlerin ağırlıkları sunulmuştur.

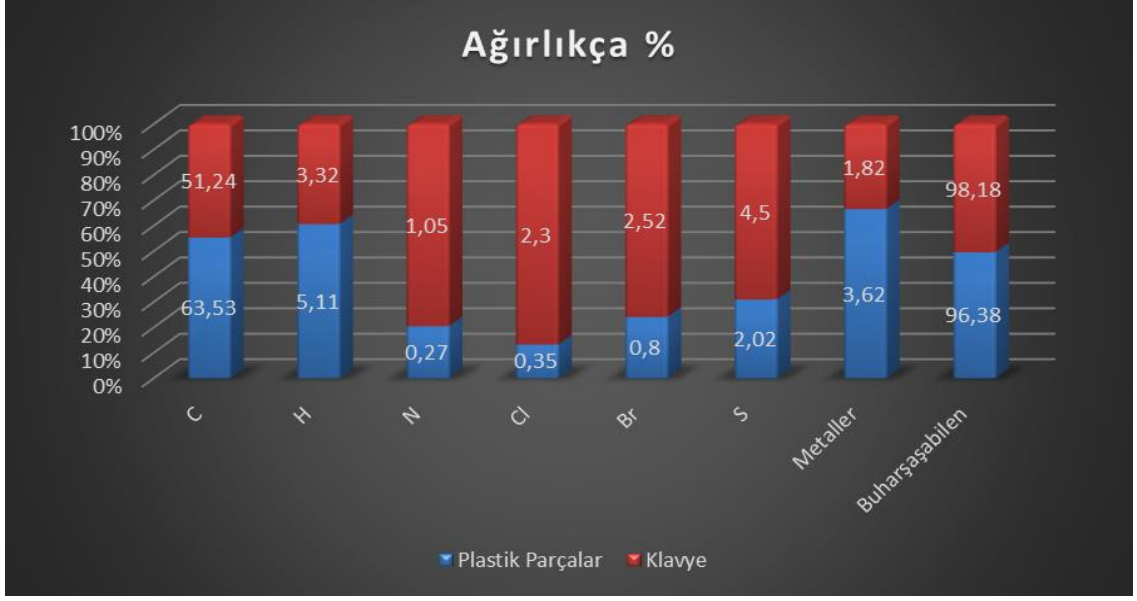


Şekil 5.9 : Laptopta bulunan NdFeB oranları.

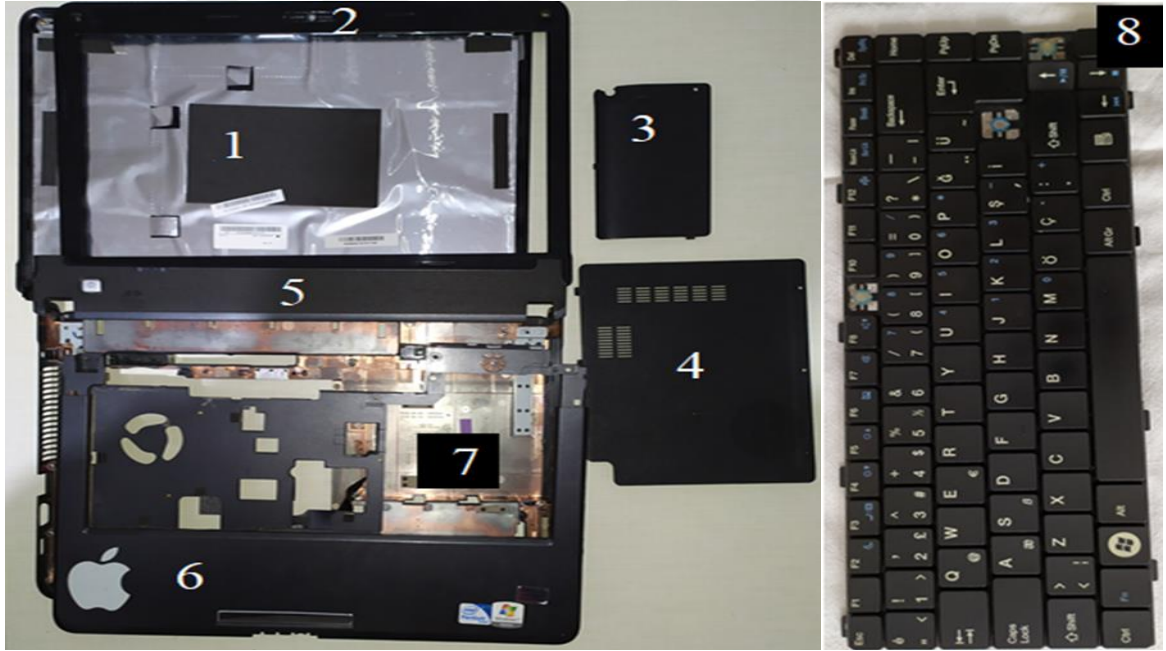
5.7 Bilgisayarda Bulunan Plastik Aksamalar

AEEE, termoplastiklerden yüksek etkili polistiren, akrilonitril-bütadien-stiren, terpolimer ve polikarbonat muhafazalardan oluşmaktadır [45]. Atık elektrikli ve elektronik eşyaların plastik aksamalarının içeriğinde yüksek halojenler, azot, kükürt, alev geciktiriciler ve termoset polimerlerin yeniden eritilerek kullanılması ve kalıplanması yapılamaz [45]. Cam takviye ve yüksek miktarda dolgu maddesi içeren termoset kompozitler kimyasal organik elde etmek için kullanılabilirler. Bilgisayarlarda kullanılan plastik aksamalarda ve kablo yalıtkanlarında yangın güvenliği açısından klorlu ve bromlu alev geçiktiriciler(BFR) kullanılmıştır. Ancak bu plastiklerin yakılması sırasında toksik maddeler oluşmaktadır[45]. Bilgisayarlarda kullanılan plastik parçalar ve klavyelerin içinde bulunan kimyasal bileşiklerin ağırlıkça yüzde grafiği Şekil 5.10'da görülmektedir [45].

Dizüstü bilgisayarda bulunan plastik parçalar 1) panel üst kapak, 2) panel çerçeve, 3) hdd kapağı, 4) ram kapağı, 5) şerit kapak, 6) üst kapak, 7) alt kasa, 8) klavye olarak sınıflandırılarak Şekil 5.11'de gösterilmiştir.

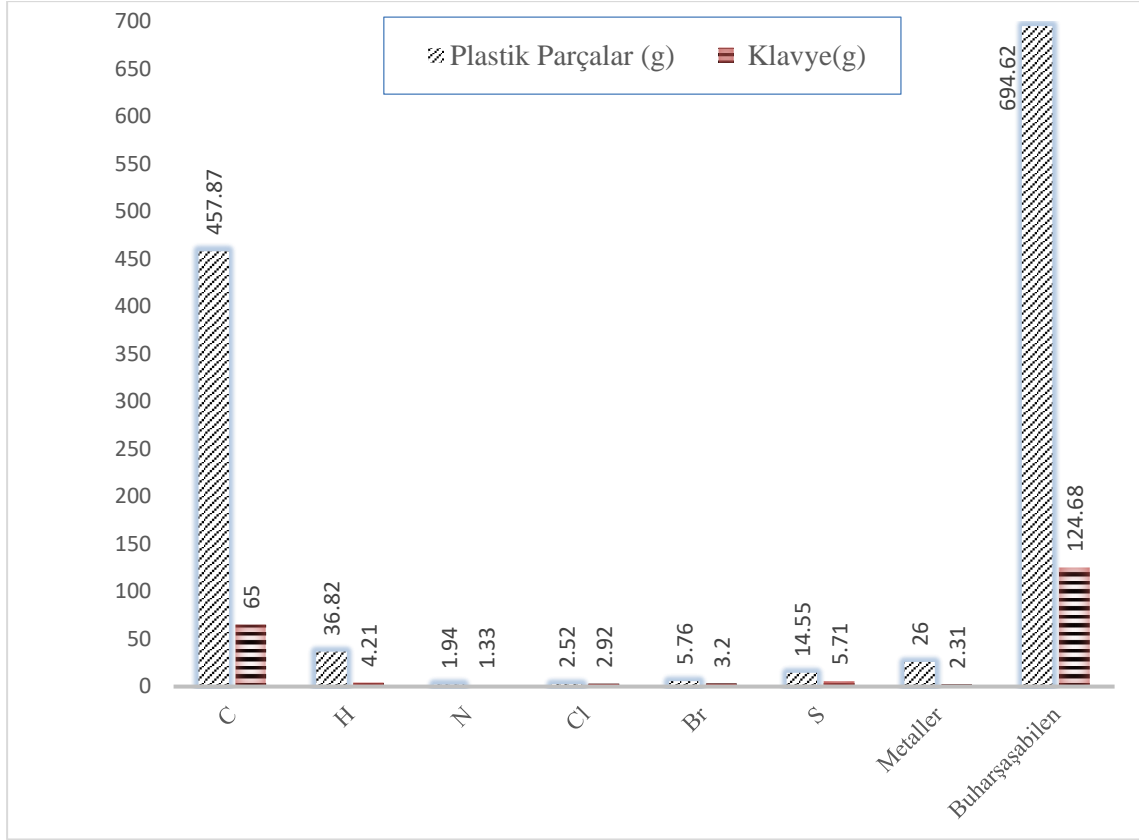


Şekil 5.10 : Plastik parçalar ve klavyenin kimyasal bileşimlerinin ağırlıkça yüzdesi[45].



Şekil 5.11 : Laptapta bulunan plastik parçalar.

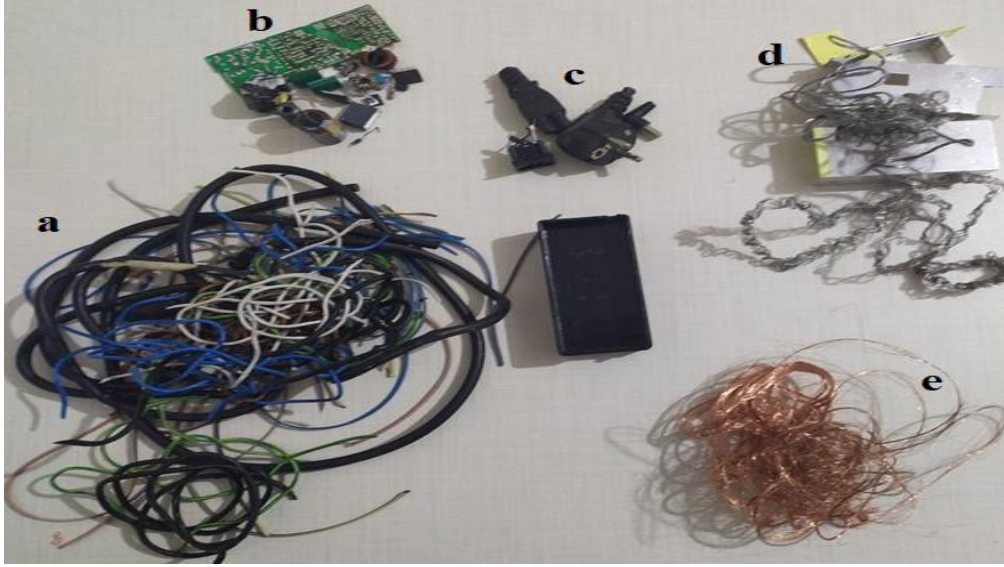
Bilgisayardan sökülen plastik parçalar ve klavyenin ağırlığı 847,72 gramdır. Bilgisayarın % 33' lük kısmını plastik parçalar oluşturmaktadır. Baskılı devre kartları önceki kısımlarda ayrı incelendiğinden burada hesaba katılmamıştır. Bilgisayardan sökülen plastik parçaların ağırlıkça yüzdesini oluşturan elementler hesaplanarak Şekil 5.12'de grafik üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 5.12 : Laptoptan sökülen plastik parçalar ve klavyenin ağırlıkça yüzdesini oluşturan elementler.

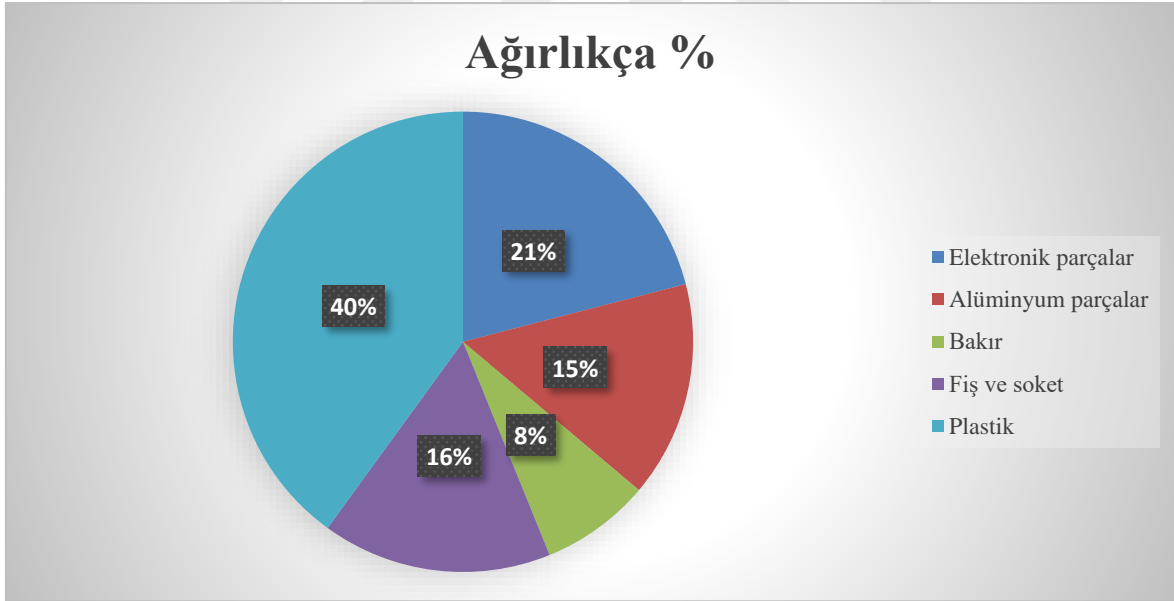
5.8 Laptop Güç Kaynağı

Bilgisayarlara güç sağlayan ve bilgisayar bataryasını şarj eden doğrultucu devrelere şarj adaptörü denir. Şarj adaptörleri şebekede bulunan alternatif akımı doğru akıma çevirmektedirler. Çevrilen doğru akımın harmoniksiz ve temiz olması bilgisayarların daha verimli çalışmasını sağlamaktadır. Şarj adaptörü parçalara ayrılmış olup BDK'da bulunan elektronik devre elemanları istasyonlu havya ile sökülmüştür. Daha sonra kablolarda bulunan bakır ve alüminyum iletkenler çıkarılmıştır. Adaptör parçaları, a) plastik parçalar, b) elektronik devreler c), fiş ve soketler,d) alüminyum parçalar, e)bakır parçalar olmak üzere sınıflandırılarak Şekil 5.13'de sunulmuştur.



Şekil 5.13 : Şarj adaptörünün parçaları.

Şarj adaptörünün içinde bulunan elektronik parçalar 87 g, alüminyum parçalar 63 g, bakır parçalar 32g, fiş ve soketler 67g, plastik parçalar 166 g gelmektedir. Laptop adaptörleri, laptop ile birlikte ele alındığında laptopun %16.18'lik kısmına karşılık gelmektedir. Parçaların ağırlıkça yüzdeleri Şekil 5.14'de gösterilen grafikte sunulmuştur.

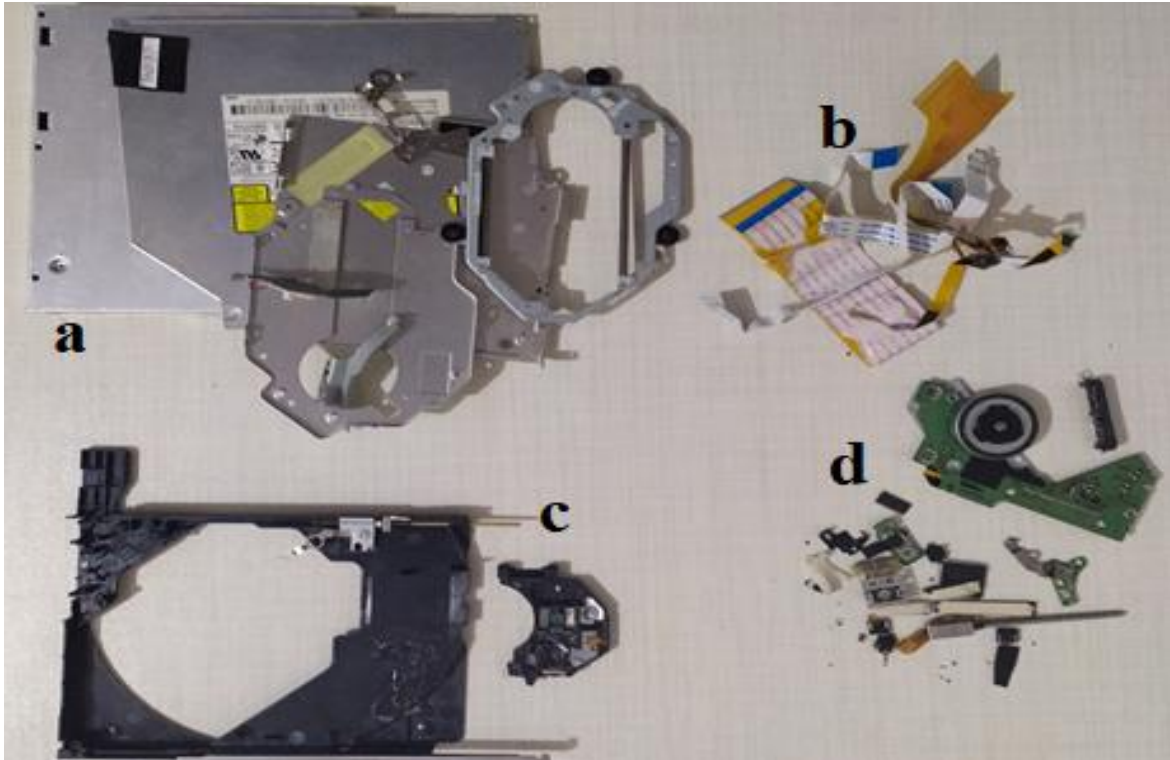


Şekil 5.14 : Şarj adaptöründe bulunan parçaların ağırlıkça yüzdesi.

Kablo endüstrisinde yalıtkan olarak kullanılan ana malzemeler polimerik bileşenlerdir. Bu bileşenlerde alev geciktirici olarak klor ve bromür kullanılmaktadır. Polimerler ve elastomerler geri dönüşüm akışında yeterli önceliğe sahip olmamalarının sebebi metallere kıyasla daha az değerde olmalarıdır. Plastik parçalar elektrikte yangını önlemek için faydalıdır lakin toprağa atıldıklarında veya yakıldıklarında çevreye zarar vermektedirler[46].

5.9 Cd/dvd Driver

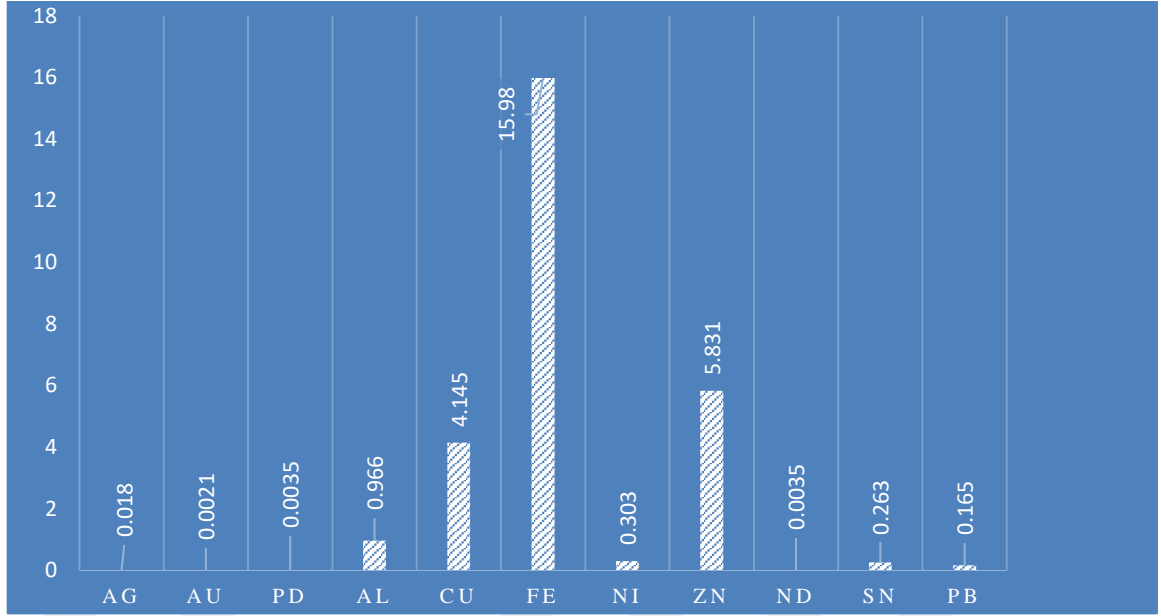
Optik sürücüler, yeni üretilen dizüstü bilgisayarlarda çok fazla yer kaplaması ve ağırlık oluşturmasından dolayı yavaş yavaş yerlerini usb belleklere bırakmakta olsalar da kullanım ömürlerini tamamlamış dizüstü bilgisayarlarda sıklıkla bulunmaktadırlar. Laptoptan sökülen CD/DVD sürücü parçalarına ayrılmıştır. İstasyonlu havya ile elektronik devre elemanları sökülmüştür. Cd/dvd parçaları; a) metal parçalar, b)ide kablolar, c)plastik parçalar, d) elektronik devre elemanları ve motorlar olarak sınıflandırılarak Şekil 5.15'te sunulmuştur.



Şekil 5.15 : Cd/dvd driver parçaları.

1 kg cd/dvd optik sürücüde yaklaşık olarak Ag (0,105), Au(0,012), Pd(0,02), Al(5,5), Cu(23,6), Fe(91), Ni(1,73), Zn(33,2), Nd(0,02), Sn(1,5), Pb(0,94) gram değerli elementler bulunmaktadır[47].

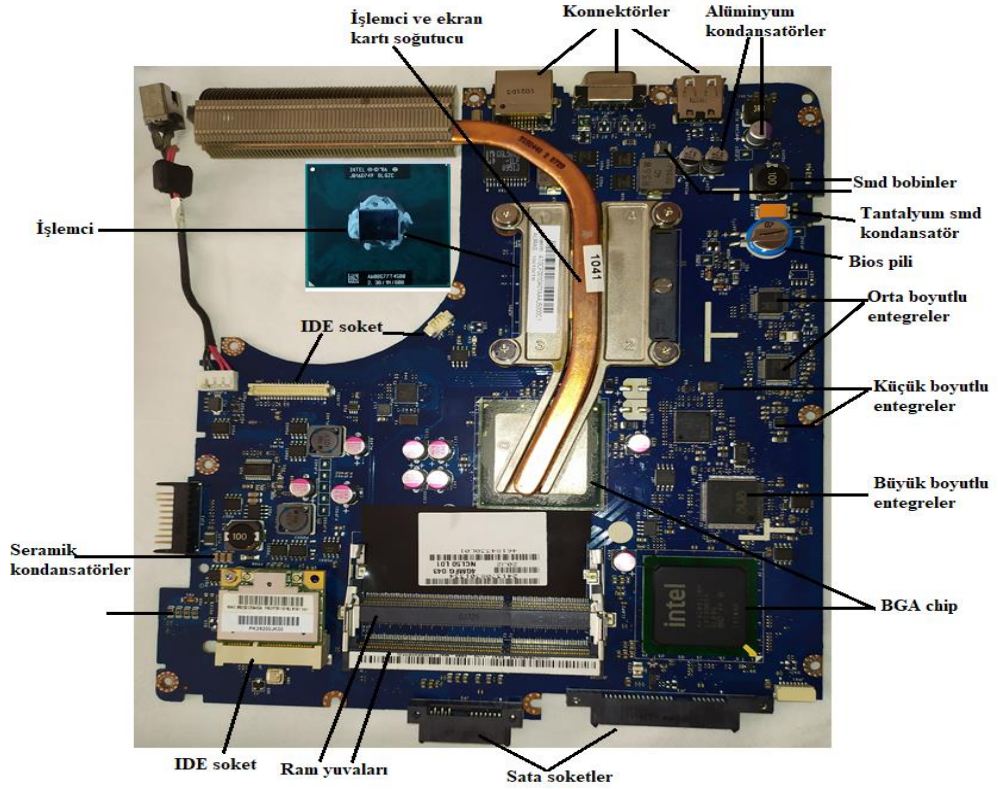
Laptoptan sökülen CD/DVD sürücü 175.66 gram gelmektedir. Bu miktar da laptobun %6.85'lik kısmını oluşturmaktadır. Optik sürücüde bulunan değerli metaller Şekil 5.16'da gösterilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi optik sürücülerin büyük bir kısmını demir, çinko ve bakır oluşturmaktadır.



Şekil 5.16 : Cd/dvd sürücünde buluna değerli metaller.

5.10 Anakart Üzerindeki Parçalar

Anakartlar, üzerlerinde birçok elektronik devre elemanlarını, mekanik ve plastik parçaları bulundurmaktadırlar. Baskılı devre kartı daha önceki bölümlerde incelenmişti. Şekil 5.17’de anakart üzerinde bulunan devre elemanları ve parçalar gösterilmiştir.



Şekil 5.17 : Anakart üzerindeki parçalar.

Anakart üzerindeki parçalar tek tek sökülerek sınıflandırılmış ve parçaların ağırlıkları ölçülerek Çizelge A.1’de sunulmuştur. Sökülen anakartın toplam ağırlığı 231.78g olup 495 parçadan oluşmaktadır. Bu parçaların 1 kilogramda kaç gr Ag, Au, Pt, Pd, Cu, Al bulunduğu Çizelge 5.2’de gösterilmiştir[48].

Çizelge 5.2 : Anakart üzerinde bulunan parçaların kimyasal bileşikleri[43].

Malzemeler	Boyut	Ağırlık	Ag	Au	Pd	Pt	Cu	Al
		(g)	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg
Alüminyum elektrolitik kondansatör	büyük boy	4,085	0,000	0,000	0,000	0,001	5,7	350
	orta boy	0,991	0,000	0,001	0,000	0,000	-----	----
	küçük	0,475	0,000	0,000	0,000	0,000	1,7	320
Tantalyum kondansatör		0,270	0,000	0,140	0,000	0,000	0,220	1,3
Film kondansatörler		1,269	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Seramik kondansatörler		0,218	0,060	0,036	0,000	0,000	510	0,250
En küçük kondansatörler		0,006	100	0,008	35	0,000	2,4	1,3
Elektronik dirençler	Metal	1,614	0,002	0,000	0,048	0,000	320	33
	Küçük	0,003	54	0,001	2,4	0,000	2,4	1,7
	film	0,008	3,6	3,6	0,061	0,000	58	0,240
Plastik entegreler	büyük boy	5,428	1,1	0,820	0,007	0,032	120	0,020
	BGA	1,195	2,1	8,6	0,002	0,000	11	0,230
	Kalın	1,721	3,8	0,630	0,013	0,063	260	0,029
	Küp	1,163	2,5	0,048	0,032	0,100	370	0,9
	Diğerleri	0,406	2,7	0,530	0,029	0,069	140	3,7
CPU		6,020	0,055	0,517	0,075	0,000	500	0,000
IDE Connector		0,681	0,016	0,370	0,007	0,000	770	8,8

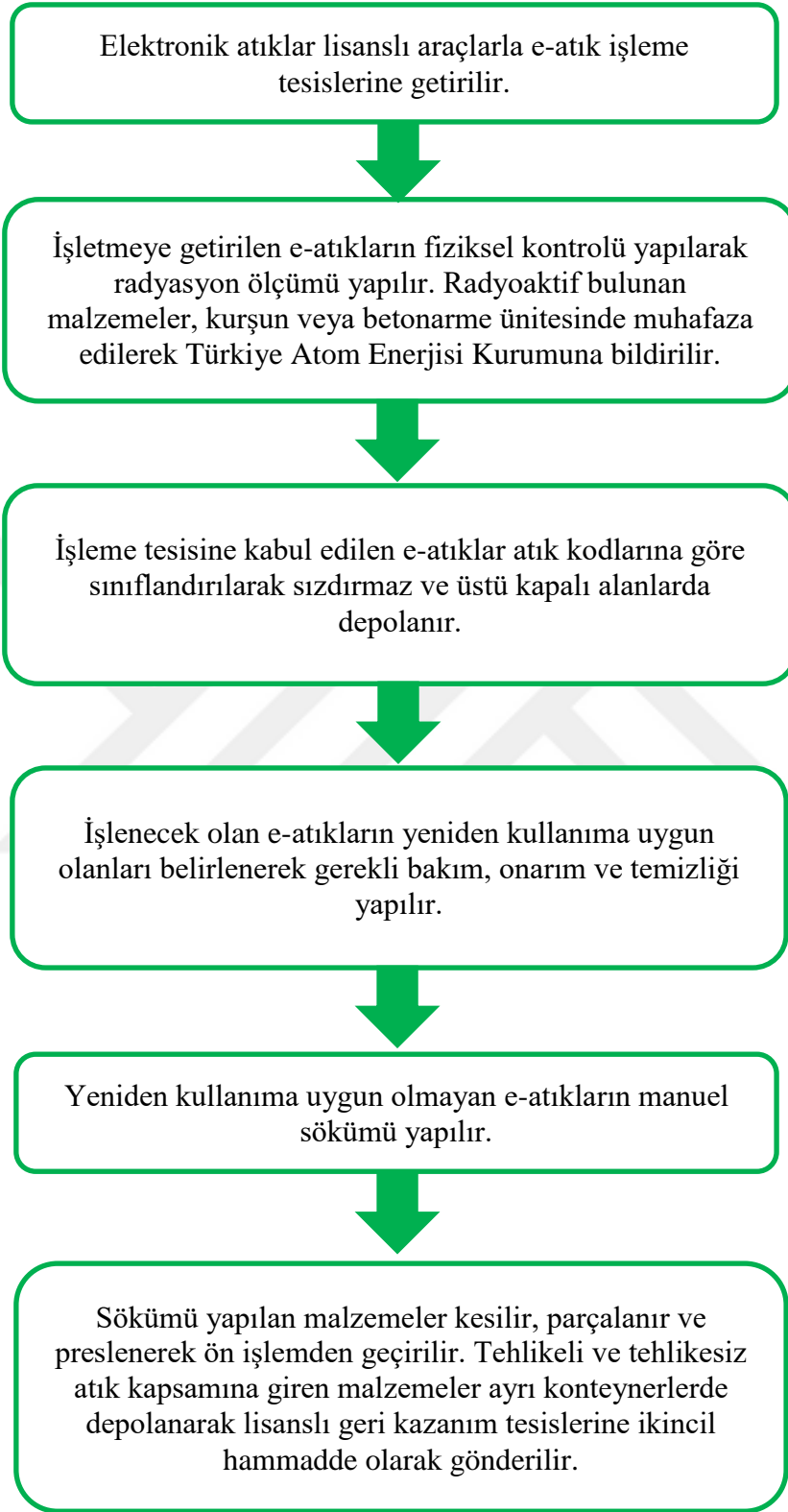
Çizelge 6.1 : Atık elektrikli ve elektronik eşya atık kodları [50].

ATIK KODU	ATIKLAR
TEHLİKELİ ATIKLAR	
09 01 11*	16 06 01, 16 06 02 ya da 16 06 03'ün altında geçen pillerle çalışan tek kullanımlık fotoğraf makinaları
16 02 09*	PCB'ler içeren transformatörler ve kapasitörler
16 02 10*	16 02 09 dışındaki PCB ile kontamine olmuş ıskarta ekipmanlar
16 02 11*	Kloroflorokarbon, HCFC, HFC içerek ıskarta ekipmanlar
16 02 12*	Serbest asbest içeren ıskarta ekipman
16 02 15*	İskarta ekipmanlardan çıkarılmış tehlikeli parçalar
20 01 21*	Floresan lambalar ve diğer cıva içeren atıklar
20 01 23*	Kloroflorokarbonlar içeren ıskartaya çıkmış ekipmanlar
20 01 35*	20 01 21, 20 01 23 dışındaki tehlikeli parçalar içeren ıskartaya çıkmış elektrikli ve elektronik ekipmanlar
TEHLİKELİ ATIKLAR	
09 01 10	Pilsiz çalışan tek kullanımlık fotoğraf makineleri
09 01 32	09 01 11 dışındaki pille çalışan tek kullanımlık fotoğraf makineleri
16 02 14	16 02 09'dan 16 02 12'ye kadar olanların dışındaki ıskarta ekipmanlar
16 02 16	16 02 15 dışındaki ıskarta ekipmanlardan çıkarılmış parçalar
20 01 36	20 01 21, 20 01 23 ve 20 01 35 dışındaki ıskarta elektrikli ve elektronik ekipmanlar

İlgili yönetmelikte e-atık işleme tesisleri çevreye kirletici etkisi yüksek düzeyde olan işletmeler kapsamında olmasına karşın e-atık işleme tesisleri gürültü ve çevre izinlerinden muaf tutulmuşlardır[50].

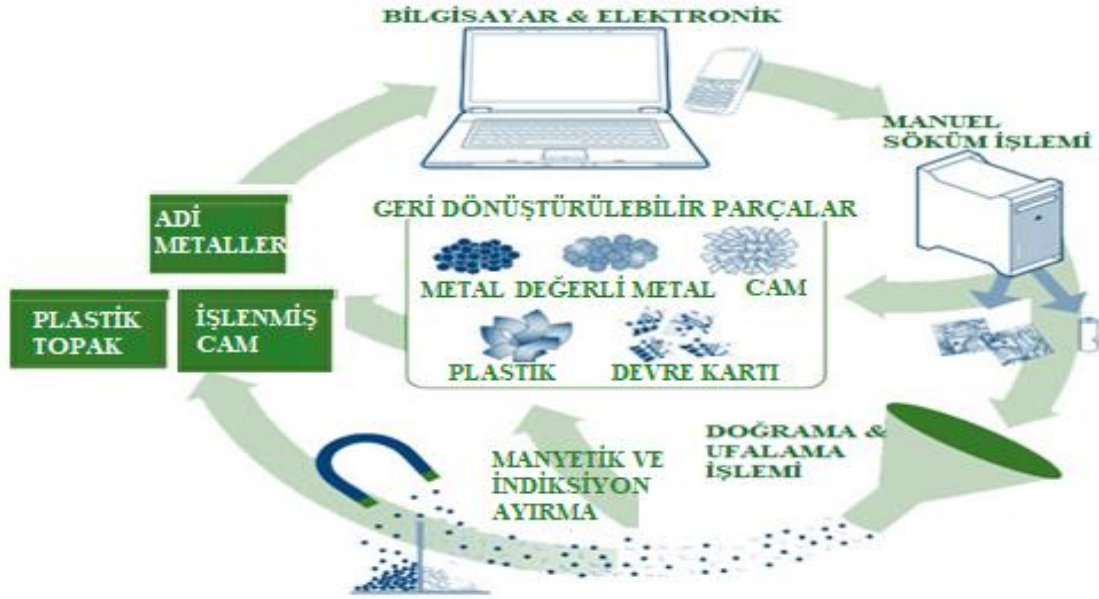
E-atık işleme tesisine gelen elektronik atıkların işleme basamakları Çizelge 6.2'de sunulmuştur[51].

Çizelge 6.2 : E-atık işleme basamakları[51].



E-atık işleme tesislerinin ana süreçleri tipik olarak alınan elektronik cihazların sınıflandırılması, test edilmesi, yenilenmesi ve onarılmasıyla başlamaktadır. Daha sonra, geri dönüşüme ihtiyaç duyan elektronik parçalar sökülür, bazen parçalanır ve otomatik

makineler veya el emeği kullanılarak malzemeler sınıflandırılır [52]. Bilgisayarın e-atık tesisinde işleme adımları Şekil 6.2’de sunulmuştur.



Şekil 6.2 : Atık Bilgisayar İşleme Adımları [53].

6.2 Elektronik Atık İşleme Tesislerinde Çalışan İşçilerin Mesleki Maruziyetleri

Uluslararası Çalışma Örgütü tarafından Cenevre’de e-atıkları daha iyi yönetmek için bir toplantı düzenlenmiştir. Toplantı katılımcıları, çeşitli ülkelerin yetkilileri ile işveren temsilcileri, e-atıkları güvenli bir şekilde işlemek için kararlı ve acil önlemler almaya çağırmıştır. Toplantı sırasında işçi temsilcisi grup başkan yardımcısı James Towers’’ *E-atıkları işleyen işçilerin sesi yok, pazarlık gücü yok, tehlikeli maddeleri elleriyle kırıyorlar. Bu çalışanlar e-atıkların işlenmesiyle ilgili birçok riskin farkında değiller.*’’ diyerek e-atık işleyen işçilerin maruz kaldıkları tehlikelerin farkında olmadıklarını belirtmiştir [54].

E-atık işleme tesislerinde çalışan işçiler kimyasal, fiziksel, ergonomik ve psikososyal tehlikelere maruz kalabilmektedirler [55]. E-atık işleme tesislerinde çalışan işçiler metallerin, katı parçacıkların, kalıcı organik bileşiklerin ve alev geciktiricilerin içinde bulunduğu kimyasallara maruz kalabilmekte ve bu tehlikeler, e-atık parçalarının tabii tutuldukları işleme adımlarına göre zararlı malzemelerin etkisi farklılık gösterebilmektedir [55].

E-atık işleyen çalışanların maruz kaldıkları tehlikelerden kaynaklanan kirlenici maddelerin işçilerin bedenlerinde ve giysilerinde birikmesi suretiyle çalışanların ailelerine de zarar

verebilmektedir [56]. E-atık geri dönüşümü sırasında ortaya çıkan çeşitli tehlikeli maddeler, doğrudan veya dolaylı olarak maruz kalmaya yol açabilmektedir. Mesleki maruziyet, zararlı maddelerle cilt teması, ince ve kaba partiküllerin solunması ve kontamine tozun yutulması yoluyla gerçekleşebilmektedir [57]. Eksik kişisel koruyucu donanım ile doğrudan e-atık geri dönüşümüne katılan kişiler, yüksek düzeyde mesleki maruziyete maruz kalabilmektedirler[57]. Mesleki maruziyetlerin insan vücudunun hangi bölgesini ne şekilde etkilediği, işlenen atığın türüne göre değişiklik göstermektedir [55]. İşlenen farklı türlerdeki e-atıkların, maruz kalma yolları ve maruziyet kaynakları Çizelge 6.3'te sunulmuştur.

Çizelge 6.3 : E-atık tehlikeleri ve maruziyetleri[57].

Elementler	Elektrikli ve Elektronik Parçalar	Maruziyet Kaynakları	Maruz Kalma Yolları
Kurşun(Pb)	Baskılı devre kartları, CRT ekranlar, elektrik lambaları, televizyonlar, lehimler, bataryalar	Hava, toz, su, toprak	Soluma, yutma, cilt teması
Krom veya altı değerlikli krom(Cr6+)	Korozyon önleyici astarlar, teyp kasetleri, optik sürücüler	Hava, toprak, su ve toprak	Soluma ve yutma
Kadmiyum(Cd)	Anahtarlar, bağlantı parçaları, baskılı devre kartları, entegreler, CRT, fotokopi makinaları, telefonlar	Hava, toz, su ve gıdalar	Soluma ve yutma
Cıva(Hg)	Baskılı devre kartları, ekranlar, sensörler, LCD,	Hava, duman, su, toprak, gıda	Soluma, yutma ve deri teması
Çinko(Zn)	CRT, metal parçalar	Hava, su, toprak	Soluma ve yutma
Nikel(Ni)	Bataryalar	Hava, toprak, su, gıda	Soluma, yutma ve deri teması
Lityum(Li)	Bataryalar	Hava, toprak, su ve gıda	Soluma, yutma, cilt teması
Baryum(Ba)	CRT, floresan lambalar	Hava, toprak, su, gıda	Yutma, soluma ve deri teması
Berilyum(Be)	Bilgisayarlar, seramik elektronik parçalar, güç kaynakları	Hava, su ve gıda	Solunum, yutma

Çizelge 6.4 (Devamı) : E-atık tehlikeleri ve maruziyetleri[57].

Dioksinler	Elektrikli ve Elektronik Parçalar	Maruziyet Kaynakları	Maruz Yolları	Kalma
Poliklorlu dibenzodioksinler(PCDD) ve Poliklorlu ddibenzofuranlar(PCDF)	Elektrikli ve elektronik parçaların yanması sonucu açığa çıkan ikincil mamül	Hava, toz, toprak, duman	Yutma, soluma, cilt teması	
Dioksin benzeri bileşikler	Kondansatörler, transformatörler, bulaşık makinesi, elektrik motorları, yalıtkan plastiklerin yanması sonucunda ortaya çıkan ikincil madde	Hava, toz, toprak, gıda	Yutma, soluma ve deri teması	
Poli aromatik hidrokarbon(PAH)	Elektrikli ve elektronik eşyaların yanması sonucu açığa çıkan ikincil madde	Hava, toz, toprak ve gıda	Yutma, soluma ve deri teması	
Kalıcı organik kirleticiler(KOK)	Elektrikli ve Elektronik Parçalar	Maruziyet Kaynakları	Maruz Yolları	Kalma
Bromlu alev geciktiriciler(BFR), Polibromlu difenil eterler(PBDE), Polibromlu bifeniller(PBB)	Elektronik devrelerde ve ekipmanlar için yanma geciktiriciler	Hava, toz, yiyecek, toprak	Soluma, yutma	
Poliklorlu bifeniller(PCB)	Kondansatörler, transformatörler, bulaşık makinesi, elektrik motorları, yalıtkan plastiklerin yanması sonucunda ortaya çıkan ikincil madde	Hava, toz, toprak, yiyecek	Yeme, soluma ve deri teması	

Atık dizüstü bilgisayardan sökülen parçaların içinde sıklıkla bakır, krom, demir, kurşun, kobalt, çinko, arsenik, silisyum bulunmaktadır. Bu metaller geri dönüşüm sektöründe çalışan kişiler tarafından mesleki maruziyetlere sebep olabilmektedir.

İsveç'te bulunan resmi ve lisanslı üç e-atık geri dönüşüm tesisinde 55 geri dönüşüm işçisi ve 10 ofis çalışanı arasında potansiyel olarak zehirli 20 metale maruziyeti değerlendirilmiş olup e-atıkları işleyen geri dönüşüm işçileri arasında ofis çalışanlarına kıyasla çoğu metalde

10 ila 30 kat daha fazla hava yoluyla maruziyete kaldıkları ölçülmüştür [7]. E-atık işleyen işçilerin kan, idrar ve plazma örneklerinde krom, indiyum, kurşun ve cıva konsantrasyonları ofis çalışanlarına oranla 1,2 ile 3 kat oranında yüksek çıktığı ölçülmüştür [7].

Amerika Birleşik Devletlerinde lisanslı ve sorumlu geri dönüşüm (R2) standartlarına sahip 3 e-atık işleme tesisinde çalışan 170 kişiden hava, cilt örnekleri toplanmış olup sonuçları aşağıda anlatılmıştır [58];

E-atık işleme tesislerinde çalışanlardan alınan hava numunelerinde bulunan kurşun konsantrasyonlarının $0,9-67 (\mu\text{g} / \text{m}^3)$ arasında değiştiği gözlenmiştir [58]. Bu değer Amerikan ulusal mesleki güvenlik ve sağlık enstitüsünün (NIOSH) havada bulunan solunabilir kurşun konsantrasyonu için belirlediği maksimum değer olan $50 (\mu\text{g} / \text{m}^3)$ üzerindedir [59].

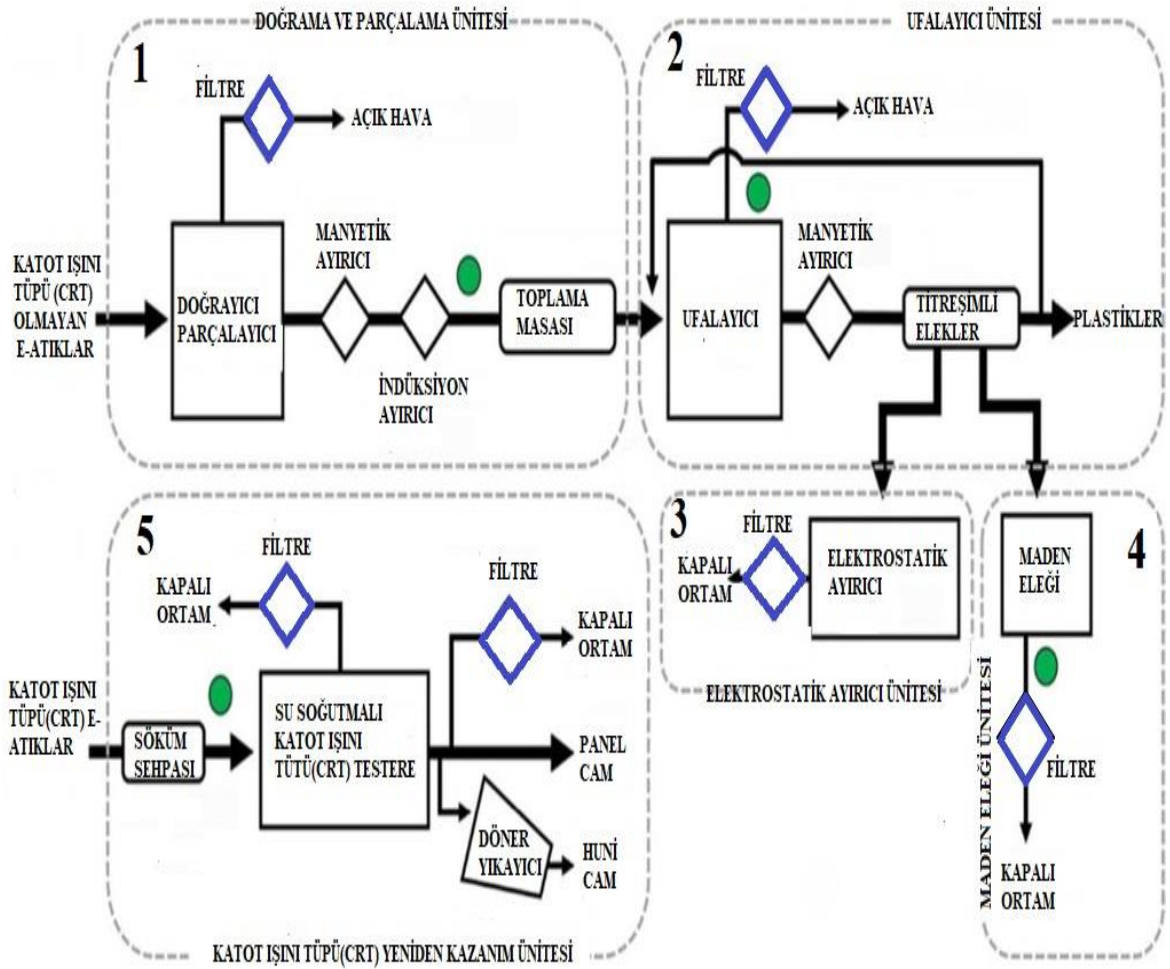
Yine aynı tesiste çalışan işçilerin maruz kaldıkları kadminyum konsantrasyonu tespit edilemeyen değer ile $10 (\mu\text{g} / \text{m}^3)$ arasında değişmektedir [58]. Amerikan ulusal mesleki ve güvenlik sağlık enstitüsü (NIOSH) tarafından solunabilecek maksimum kadminyum dumanı değeri $5 (\mu\text{g} / \text{m}^3)$ belirlenmiştir [60]. Tesislerde çalışan işçilerin kadminyum ve kurşun dumanı değerleri incelendiğinde belirlenen limitlerin üzerinde mesleki maruziyet olduğu görülmektedir.

Partiküler Madde (PM_{10}) ve çapı 10 mikrometreden küçük diğer tanecikler akciğerlere ulaşarak iltihaplanmaya ya da insanları çok olumsuz etkileyecek kalp ve akciğer hastalıklarına neden olabilmektedirler [61]. Kaba PM'nin insan akciğerlerinin trakeal ve bronşiyal bölgelerine yerleşerek akut hava yolu semptomlarına yol açtığı, ince PM ve ultra ince PM'nin alveolar bölgede biriktiği ve kana geçerek astım veya kardiyovasküler hastalığa yol açtığı bilinmektedir [62].

Kişisel yüz maskeleri takmak, e-atık geri dönüşümünün gerçekleştiği işyerinde salınan yüksek düzeyde kirletici maddelere maruziyetlerini azaltmak isteyenler için acil ve kısa vadeli bir çözüm sağlayabilmektedir [63].

Ağız ve buruna takılan sentetik veya doğal kumaş malzemeden yapılan bez maskeler, ucuz malzemeden yapılması ve yeniden kullanılabilirliği nedeniyle gelişmekte olan ülkelerde popüler bir seçim olmuştur [63]. Bununla birlikte, bu maskeler, daha kaba partiküllere maruziyeti azaltmada faydalı olsalar da, N95 maskelerinin gerekli olduğu e-atık geri dönüşümü sırasında açığa çıkabilecek $\text{PM}_{2.5}$ ve daha ince partiküllere karşı korumada yalnızca sınırlı olarak faydalıdır [63].

Amerika birleşik devletlerinde (ABD) bulunan lisanslı ve sorumlu geri dönüşüm (R2) sertifikasına sahip e-atık işleme tesisinde kapalı ortamda bulunan partikül madde (PM) seviyeleri incelenmiş olup aşağıda verilen sonuçlara ulaşılmıştır [62]. Kapalı ortam partikül madde boyutları kaba, ince, ultra ince boyutlarda çalışılmıştır. Kaba PM boyutu (2,5-10 µm), ince PM boyutu (0,1-2,5 µm), ultra ince PM boyutu (< 0,1 µm) olarak incelenmiştir. Partikül madde örnekleri Şekil 6.3'te belirtilen yeşil noktaların bulunduğu çevreden alınmıştır[62]. E-atık işleme tesisine gelen e-atıklar eski televizyon ve monitörlerde bulunan tüplü ekran denilen katot ışını tüpü (CRT) ve katot ışını tüpü (CRT) olmayan bilgisayarlar, anahtarlama elemanları, metal şasi gibi diğer tüm e-atıklar olarak ikiye ayrılıp sınıflandırılmaktadır. Daha sonra katot ışını tüpü (CRT) olmayan e-atıklar doğrama ve parçalama ünitesinde küçük parçalara ayrılmaktadır. Küçük parçalar ardından ufalayıcı ünitesinde daha küçük parçalara ayrıştırılmaktadır. Yeterli malzeme birikmesi durumunda elektrostatik ayırıcı ve maden eleği devreye girmektedir. Tesisin çalışma şeması Şekil 6.3 'te sunulmuştur [62].



Şekil 6.3 : E-atık işleme tesisi çalışma şeması[62].

Toplanan partikül madde ölçümleri Çizelge 6.5'te sunulmuştur.

Çizelge 6.5 : Örnek bir e-atık tesisinden toplanan partikül madde[62].

İşleme Üniteleri	Kapalı Ortam Partikül Madde(PM) ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)		
	Kaba PM(2,5-10 μm)	İnce PM(0,1-2,5 μm)	Toplam PM
Doğrayıcı ve parçalayıcı ünitesi	467	63	530
Ufalayıcı Ünitesi	570	158	728
Maden Eleği Ünitesi	529	179	708

Amerika birleşik devletleri mesleki güvenlik ve sağlık idaresi (OSHA) tarafından belirlenen limit değerler PM_{2,5} için 5000 ($\mu\text{g} / \text{m}^3$), PM₁₀ İÇİN 15000 ($\mu\text{g} / \text{m}^3$) olarak belirlenmiştir [64]. Çizelge 6.5'te görüldüğü üzere tesiste ölçülen değerlerin, limitlerin altında kaldığı görülmektedir. Ancak e-atık işleme tesisinde bulunan kaba partikül maddelerle (PM) fareler üzerinde deney yapılmış ve PM₁₀ maruz kalan farelerde akciğerde ileri derecede iltihaplanmaya neden olduğu sonucuna varılmıştır [62].

İşyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin riske dönüşmesine yol açan faktörler ile tehlikelerden kaynaklanan risklerin analiz edilerek derecelendirilmesi ve kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması amacıyla yapılması gerekli çalışmalara risk değerlendirmesi denilmektedir [65]. 6331 sayılı iş sağlığı ve güvenliği kanunu tarafından işverenlerin işyerlerinde risk değerlendirmesi yapması veya yaptırmayı zorunlu tutulmuştur [65]. Risk değerlendirmesi yapılırken tehlikelerin belirlenmesinde ortam ve kişisel maruziyet ölçüm sonuçlarının da bilinmesi gerekmektedir. İşveren risk değerlendirmesinde gerekli olan ortam ve kişisel maruziyet ölçüm işlemlerini iş hijyeni ölçüm, test ve analizi yapan laboratuvarlar tarafından yaptırmakla yükümlüdür [66]. Tozların meydana getirdiği tehlikelerin tanımlanması için işyeri ortamı ve kişisel maruziyet ölçen firmalar, ölçüm sonuçlarından elde ettikleri değerleri tozla mücadele yönetmeliğinde bulunan sınır değerler ile karşılaştırarak değerlendirme yapacaklardır [67]. Ancak tozla mücadele yönetmeliğinde e-atık işleme sırasında ortaya çıkan tozlar [68] ile ilgili sınır

değerler bulunmamaktadır. Ulusal ve uluslararası solunabilir toz değerleri Çizelge 6.6’da sunulmuştur.

Çizelge 6.6 : Toz mesleki maruziyetleri sınır değerleri[67,69].

Maddenin Adı	ABD İş Güvenliği ve Sağlık İdaresi (OSHA)	ABD Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü (NIOSH)	Tozla Mücadele Yönetmeliği (TMY)
	Solunabilir Toz Miktarları(mg/m ³)		
Bakır tozu	1	1	1
Kobalt tozu	0,1	0,05	0,1
Alüminyum	Değer yok	5	5
Kadmiyum tozu	0,005	Değer yok	Değer yok
Cıva	0,1	0,05	Değer yok
Nikel	1	0,015	Değer yok
Kalay	2	2	Değer yok
Arsenik	0,01	0,002	Değer yok
Berilyum	0,0002	Değer yok	Değer yok
Poliklorlü	1	0,001	Değer yok
Altı değerlikli krom(Cr6+)	0,0005	0,0002	Değer yok

6.3 Ulusal ve Uluslararası Atık Elektrikli ve Elektronik Eşya Mevzuatları ve Standartları

6.3.1 Atık elektrikli ve elektronik eşyaların kontrolü yönetmeliği

E-atık işleme tesisleri AEEE’lerin bu yönetmelikte belirtilen oranlarda geri dönüşüm ve geri kazanımının sağlanması için uygun yöntem ve teknolojileri kullanmakla, faaliyetleri için Çevre ve Şehircilik Bakanlığında çevre izin ve lisansı almakla, tesise kabul edilen, işlenen ve bertaraf ettirilen atık miktarları ile geri kazanım ve/veya geri dönüşüm miktarlarına ilişkin olarak kayıt tutmak, bu kayıtları beş yıl süreyle muhafaza etmek ve bunlara ilişkin hazırlanacak aylık faaliyet raporlarını Çevre Şehircilik Bakanlığında ve Koordinasyon Merkezine göndermekle, ulusal sağlık ve emniyet standartlarına uyararak, ihtiva ettiği kirleticilerden dolayı çalışanlar için risk arz eden AEEE’leri kabul etmemekle, işleme

tesislerinde gerçekleştirilen AEEE işleme verimini artırmak amacıyla çalışan personelin tercihen en az teknik lise mezunu olmasını sağlamakla yükümlüdür [24].

E-atık işleme tesislerinde bulunması gereken teknik özellikler ilgili yönetmelikte belirlenmiş olup bu özellikler şunlardır; Kantar ve kayıt sistemi, radyoaktif ölçüm cihazı, sızıntı sularının toplanması için yeterli toplama kanalları, yağ tutucu ve emici malzeme, yangın söndürme ve paratoner sistemi, tesise konteynerler içerisinde getirilmeyen dökme malzemelerin muhafaza edilmesi için kapalı alanlar, geçirimsiz zemin, sökülen parçalar için kapalı depolama alanı veya konteyner, kırıcılar için toz tutma sistemi bulundurulması mecburidir [24].

Bilişim ve telekomünikasyon ve tüketici ekipmanlarını (Televizyon ve monitörler hariç) işleyecek tesislerde bulunması gereken asgari teknik şartlar; LCD'lerde bulunan cıva içeren floresan lambalar ekranlardan sökülerek modülden kırılmadan çıkartılır ve gerekli şekilde bertaraf edilir [24].

İşlenecek olan atık elektrikli ve elektronik eşya sonuçta kullanım ömrünü tamamlamış bir elektrikli ve elektronik eşyadır. Bundan dolayı elektrikli ve elektronik eşyaların üretimi esnasında kullanılan zararlı maddelere belirli kısıtlamalar getirmek hem çevreye hem de e-atık işleyen çalışanın maruz kalacağı zararlı etkiyi en aza düşürecektir.

Yönetmelik elektrikli ve elektronik eşya (EEE) üretimi ve ithalatı yapan firmalara Türkiye'de kullanıma sunulacak olan EEE'ler için sınır değerler ve muafiyetler belirlemiştir[24]. Türkiye'de kullanıma sunulacak elektrikli ve elektronik eşyalarda kullanılacak tehlikeli madde azami konsantrasyonları Çizelge 6.7'de sunulmuştur. Verilen değerler ürün olarak değil homojen malzeme olarak değerlendirilmiştir. Homojen malzemeler kendinden daha küçük parçalara ayrılamayan malzemelerdir[24].

Çizelge 6.7 : Türkiye EEE tehlikeli madde azami konsantrasyon değerleri[24].

Madde	Miktar (Homojen bir malzemedeki ağırlık olarak)
Cıva (Hg)	% 0.1
Artı altı değerlikli krom (Cr6+)	% 0,1
Polibromürlü bifenil (PBB)	% 0,1
Polibromürlü difenil eterin (PBDE)	% 0,1
Kurşun (Pb)	% 0,1
Kadmiyum (Cd)	% 0,01

İlgili yönetmelikte birçok malzemeye muafiyetler getirilmiştir. Bilgisayar parçalarına getirilen muafiyetler şunlardır[24]; Likid kristal ekranlarda (LCD) yer alan düz floresan lambaların ön ve arka katmanlarının birleştirilmesinde kullanılan camdaki kurşun oksit, mikroişlemcilerin kılıfı ile bacakların birbirlerine bağlanmasında kullanılan kurşun ve alaşımında ikiden fazla element bulunan, ağırlık olarak % 80'den fazla, % 85'den az kurşun içeren lehimlerde kullanılan kurşun, entegrelerinin kılıflarındaki yarı-iletken çekirdek ile kılıf taşıyıcısı arasındaki elektriksel bağlantıyı sağlayan lehimlerin içerdiği kurşun, elektrik kontaklarında ve kadmiyum kaplamalardaki kadmiyum ve bileşikleri, yüksek ergime sıcaklığına sahip lehim içindeki kurşun, elektronik seramik parçalardaki kurşun, birbiri ile uyumlu konnektör bacak sistemlerinde kullanılan kurşun parçaları azami konsantrasyon değerlerinden muaf tutulmuşlardır[24]. Üretilen elektrikli ve elektronik eşya(EEE)ların işaretlenmesinde kullanılacak olan sembol Şekil 6.4'de gösterilmektedir.



Şekil 6.4 : Elektrikli ve elektronik eşyaların işaretlenmesinde kullanılacak sembol

Atık elektrikli ve elektronik eşya yönetmeliğinde çevre izin lisansı alan firmalar, lisans aldıktan bir yıl sonra tercihen TS EN ISO 14001 veya benzeri bir çevre yönetim sistemi belgesi almakla yükümlü tutulmuşlardır[24]. TS EN ISO 14001 standardı yürürlükten kaldırılmış olup yeni standart TS EN ISO 14001:2015 standardıdır[70]. Bu standart, olumsuz çevresel etkilerin önlenmesi veya hafifletilmesi, çevrenin korunması, çevresel şartların potansiyel olumsuz etkilerinin kuruluş üzerinde hafifletilmesi ile çevre boyutuna katkı sağlayan, çevre sorumluluklarını sistematik bir yaklaşımla yönetmeyi amaçlayan kuruluşlar için kullanımı amaçlanmıştır[70].

6.3.2 Atık elektrikli ve elektronik eşya yönetmeliği avrupa parlamentosu ve konseyi 2012/19/eu (WEEE) direktifi

AEEE'lerin toplanması, depolanması, taşınması, işlenmesi ve geri dönüştürülmesinin yanı sıra yeniden kullanıma hazırlanması, çevre ve insan sağlığını korumaya ve hammaddeleri

korumaya yönelik bir yaklaşımla gerçekleştirilecek ve EEE'de bulunan değerli kaynakları geri dönüştürmeyi amaçlayan 4 Temmuz 2012 Avrupa Parlamentosu ve Konseyi kararlarıdır[71]. İlgili yönetmeliğe göre çevrenin korunması amacıyla Avrupa Birliğine üye devletler, toplanan AEEE'lerin işlenmesi için asgari kalite standartlarını belirlemeleri gerekmektedir. Kalite standartlarını tercih eden üye devletler, bu standartları yayınlayacak olan komisyonu bilgilendirecektir[71]. Komisyon, Avrupa standardizasyon kuruluşlarından, AEEE'nin geri kazanımı, geri dönüşümü ve yeniden kullanımını dahil olmak üzere işlenmesi için Avrupa standartlarını geliştirmelerini talep edecek ve bu standartlar, en son teknolojiyi yansıtacaktır[71]. E-atık işlenmesinde atık elektrikli ve elektronik eşya(WEEE) yönetmeliğinde yayınlanmış asgari standartlar şunlardır[71]; işlenmiş atığın ağırlığını ölçmek için ölçekler, döküntü ve toplama tesisleri ve uygun olduğu durumlarda ayrıştırıcılar, dekantörler, temizleyici yağ gidericiler, uygun alanlar için geçirimsiz yüzeyler, demonte parçalar için uygun depolama alanları, pillerin ayrı depolanması için uygun alanlar, kapasitör içeren PCB'lerin ve radyoaktif atıkların depolanması için uygun alanlar, çevre ve sağlık düzenlemelerine uygun olarak suyun arıtılması için ekipman, uygun hava koşullarına dayanıklı alanlar bulunmalıdır.

Ülkemizde uygulanmakta olan Atık Elektrikli ve Elektronik Eşya (AEEE) Kontrolü yönetmeliğinde piyasaya sürülecek olan EEE'lerde bulunabilecek tehlikeli malzemelerin konsantrasyonları aynı yönetmelikte bulunmaktadır Ancak Avrupa birliğinde yayınlanan WEEE yönetmeliğinde elektrikli ve elektronik eşyalarda tehlikeli maddelerin kullanımının sınırlandırılması(ROHS2) olarak ayrı bir yönetmelikte yayınlanmıştır[71].[72]

6.3.3 Avrupa birliği elektrikli ve elektronik eşyalarda tehlikeli maddelerin kullanımının sınırlandırılması yönetmeliği (ROHS2)

Avrupa birliğine üretim ve ithalat yoluyla kullanıma sunulacak olan elektrikli ve elektronik eşyaların içinde bulunacak tehlikeli malzemelerin sınırlarını ve muafiyetlerini belirlemek için alınan kararlardır[72]. Avrupa birliğinde kullanılacak olan elektrikli ve elektronik eşyalarda tehlikeli maddelerin, homojen malzemelerde ağırlıkça tolere edilen maksimum konsantrasyon değerlerini belirten azami konsantrasyonlar Çizelge 6.8'de sunulmuştur[72].

Çizelge 6.8 : Avrupa EEE tehlikeli madde azami konsantrasyon değerleri[72].

Madde	Miktar
Kadmiyum(Cd)	% 0.01
Cıva (Hg)	% 0.1
Kurşun (Pb)	% 0.1
Altı değerlikli krom (Cr6+)	%0.1
Polibromlu bifeniller (PBB)	% 0.1
Polibromlu difenil eterler(PBDE)	%0.1
Bis(2-Etilheksil) ftalat (DEHP)	% 0.1 (2015'te eklenmiş kısıtlama)
Benzil butil ftalat(BBP)	% 0.1 (2015'te eklenmiş kısıtlama)
Dibutil ftalat(DBP)	% 0.1 (2015'te eklenmiş kısıtlama)
Diizobutil phthalate(DIBP)	% 0.1 (2015'te eklenmiş kısıtlama)

ROHS2 yönetmeliğinde tehlikeli maddelerin sınırlandırılmasında getirilen muafiyetler şunlardır; entegre devre çevirme çip paketleri içinde yarı iletken kalıp ve taşıyıcı arasında uygun bir elektrik bağlantısını tamamlamak için lehimlerde kurşun, LCD'ler için kullanılan düz flüoresan lambaların ön ve arka yüzeylerini yapıştırmak için kullanılan camdaki kurşun oksit, lehimleme için delikli diskoidal ve düzlemsel dizi seramik çok katmanlı kapasitörler ile işlenecek lehimlerde kurşun, elektrik kontaklarında kadmiyum ve bileşikleri, kapasitörlerde dielektrik seramik dışında bir cam veya seramikte kurşun içeren elektrikli ve elektronik bileşenler sınırlamalardan muaf tutulmuşlardır [72].

ROHS2 yönetmeliğinde belirlenen tehlikeli maddelerin azami konsantrasyonları ve muafiyetler, avrupa birliği üye ülke devletlerinin katılımcıları, akademisyenler, elektrikli ve elektronik eşya üreticileri ile konunun paydaşları tarafından üç yılda bir araya gelerek yenilenmektedir [72]. Türkiye'de yürürlükte olan Atık elektrikli ve elektronik eşyaların kontrolü yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik taslağı 2016 yılında yayınlanmasına rağmen şimdiye kadar herhangi bir değişiklik yapılmamıştır [73]. Avrupa Birliği pazarına arz edilen elektrikli ve elektronik eşyalar için üzerlerinde aşağıdaki iki işareti bulunması gerekmektedir. İlk sembol, RoHS ve diğer AB direktifleriyle uyumluluğu

gösteren CE işareti, ikinci sembol WEEE geri dönüşüm sembolünü ifade etmektedir[72]. Bu semboller Şekil 6.5’te sunulmuştur.



Şekil 6.5 : WEEE geri dönüşüm sembolü

6.3.4 Çin elektrikli ve elektronik ürünlerde tehlikeli maddelerin kullanımının sınırlandırılması yönetmeliği

21 Ocak 2016, Çin Sanayi ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı (MIIT) elektrikli ve elektronik ürünlerde tehlikeli maddelerin kullanımının sınırlandırılmasına yönelik idari önlemlerin (CHINA RoHS2), Çin’de kullanıma sunulacak olan elektrikli ve elektronik eşyalarda kullanılacak olan zararlı bileşikler ile muafiyetleri kapsar [74].

İlgili yasal düzenlemede 12 elektrikli ve elektronik eşya belirlenmiş olup bu ürünleri; kişisel bilgisayarlar, cep telefonları, sabit telefonlar, ekranlar (LCD, LED, OLED, CRT), televizyonlar, fax makineleri, fotokopi makineleri, yazıcı, su ısıtıcıları, çamaşır makinesi, klimalar, buzdolabı oluşturmaktadır [75]. Bu ürünler içinde bulunan tehlikeli maddeler için belirlenen sınır değerler Çizelge 6.10’da sunulmuştur. Çizelge 6.10’da gösterilen değerler sadece belirlenen 12 ürün için geçerli olup diğer ürünlerde bu sınırlamalar uygulanmamaktadır[74].

Çizelge 6.9 : Çin EEE tehlikeli madde azami konsantrasyon değerleri[74].

Kısıtlanan Maddeler	Miktar
Kadmiyum (Cd) ve bileşikleri	% 0.01
Cıva ve bileşikleri	% 0.1
Kurşun (Pb) ve bileşikleri	% 0.1
Altı değerlikli krom (Cr6 +) ve bileşikleri	%0.1
Polibromlu bifeniller (PBB)	% 0.1
Polibromlu difenil eterler (PBDE)	% 0.1

Çin Halk Cumhuriyetinde satılan tüm elektronik ve elektrikli ürünlerin, resmi konsantrasyon sınırlarını aşan herhangi bir tehlikeli madde içerip içermediğine bağlı olarak aşağıdaki iki logodan biriyle işaretlenmesini gerekmektedir. İçinde "e" harfi bulunan yeşil sembol; konsantrasyon limitlerini aşan herhangi bir tehlikeli madde içermeyen geri dönüştürülebilen çevre dostu ürünleri, içinde rakam bulunan turuncu sembol; tehlikeli maddeleri içeren sembolü ifade etmektedir. Bu semboller Şekil 6.6'da sunulmuştur [74].



Şekil 6.6 : Çin rohs sembolü[74].

6.3.5 Japon elektrikli ve elektronik ürünlerde tehlikeli maddelerin kullanımının sınırlandırılması yasası

Japonya elektrikli ve elektronik eşyalarda tehlikeli maddelerin kullanımının sınırlandırılması (JAPAN ROHS) yasası, Japon Geri Dönüşüm Yasası (Japonya'da Kaynakların Etkili Kullanımını Teşvik Yasası) JIS C 0950 standardıyla(elektrikli ve elektronik ekipman için belirli kimyasal maddelerin varlığını gösteren işaret)birleştirilerek, J-MOSS olarak anılmaktadır[76]. Japon ROHS yasası, tehlikeli maddelerin sınırlandırılmasında 7 ürün (kişisel bilgisayarlar, klimalar, televizyon setleri, buzdolabı, çamaşır makinesi, çamaşır kurutma makinesi, mikrodalgalar) için kısıtlama getirirken diğer ürünlerde herhangi bir kısıtlamaya gidilmemiştir. Japonya'da kullanılacak olan elektrikli ve elektronik eşyaların içinde bulunabilecek tehlikeli madde azami konsantrasyon değerleri Çizelge 6.11'de sunulmuştur [76].

Çizelge 6.10 : Japonya EEE tehlikeli madde azami konsantrasyon değerleri[76].

Madde	Miktar (Homojen bir malzemede ağırlık olarak)
Cıva (Hg)	% 0.1
Artı altı değerlikli krom (Cr6+)	% 0,1
Polibromürlü bifenil (PBB)	% 0,1
Polibromürlü difenil eterin (PBDE)	% 0,1
Kurşun (Pb)	% 0,1
Kadmiyum (Cd)	% 0,01

Çizelge 6.11’de listelenen kategorilerdeki tüm ürünler, kısıtlanmış altı maddeden herhangi birinin konsantrasyon sınırlarını aşp aşmamasına bağlı olarak turuncu bir "R" işareti veya yeşil bir "G" işareti ile işaretlenmektedir[76]. Bu işaretler Şekil 6.7’de sunulmuştur[76].



Şekil 6.7 : Japon rohs sembolü[76].

Avrupada ve Türkiye’de satılan elektrikli ve elektronik eşyalarda kullanılan tehlikeli maddelerin sınırlandırılmasında belirlenen muafiyetler dışında bütün elektrikli ve elektronik eşyalarda geçerli iken Çin’de satılan elektrikli ve elektronik eşyalarda belirlenen değerler sadece 12 ürün, Japonya’da satılan elektrikli ve elektronik eşyalarda 7 üründe kısıtlama getirildiği görülmektedir. Çin , Japonya, Türkiye ile Avrupada yayınlanan elektrikli ve elektronik eşyalarda kullanılan tehlikeli maddelerin sınırlandırılması yönetmelikleri karşılaştırıldığında Avrupada yürürlükte olan yönetmelik tehlikeli 10 madde için sınır değerler getirirken Japonya, Çin ve Türkiye’de tehlikeli 6 madde için sınırlama getirildiği görülmüştür.

Bilgisayar üreten firmalar, ülkelerin elektrikli ve elektronik eşyalarda tehlikeli maddelerin sınırlandırılmasına ilişkin yönetmeliklere uymaları yasal bir zorunluluk olduğu gibi firmaların piyasa imajı açısından önem arz etmektedir. Birçok firma, elektrikli ve elektronik

eşyalarda tehlikeli maddelerin sınırlandırılmasına ilişkin yönetmeliklerde değişen muafiyet ve sınırlamalara uyum göstermektedir [77,78,79]. 2006 yılında üretilen bilgisayarlarda kullanılan tehlikeli maddeler ile 2020 yılında bilgisayarlarda kullanılan tehlikeli maddeler farklılık göstermektedir [78,79]. Bu farklılıkların oluşmasında en büyük etken ülkelerin kullanımına sunulacak elektrikli ve elektronik eşyalarda bulunan tehlikeli maddelerin sınırlandırılmasına dair yayınladıkları yönetmeliklerdir.

6.3.6 Avrupa elektromekanik standardizasyon komitesi

Avrupa elektromekanik standardizasyon komitesi (CENELEC), Sırbistan, Türkiye, Baltık ülkeleri, AB üye ülkelerinin hepsini içine alan elektronik kriterlerini biraraya getiren, tüm AEEE üretimi, toplanması, taşınması ve işlenmesini kapsamına alan WEEE direktiflerine uyumlu bir standarttır [80].

Bir dizüstü bilgisayarın geri dönüşümü çamaşır makinesi, buzdolabı gibi ürünlerin geri dönüşümünden daha farklı bir yaklaşım gerektirdiğinden işlem süreçleri sıklıkla gelişmiştir ve yenilikçi işlemler gerektirmektedir [80]. Zaman içerisinde EEE'lerin değişen materyal bileşimlerine adapte olarak AEEE veya kısımlarının işleme tesisleri içindeki işleme aktivitelerinin sürekli gelişen ve yenilenen standartlara sahip olması gerekmektedir. Genel işleme ve bertaraf etme işlemleri EN 50625-1, lambaların işlenmesi ve bertarafı EN 50625-2-1, ekranların işlenmesi EN 50625-2-2, yeniden kullanımı EN 50614, geri kazanım TS50625-5 standartları her elemanın işlenmesinde ayrı bir standarda uyum ile işlenmesini sağlamaktadır [80].

Bu standartlarda e-atık işlenirken batarya, kondansatör,vb. parça bazında değerlendirme yapılarak zararlı malzemelerin konsantrasyonları e-atık işleme sürecinin sonuna kadar takip edilerek raporlanmaktadır [80].

Bu standartlar düzeyinde e-atık işleyen firmaların çevre, sağlık ve güvenlik gereksinimleriyle ilgili yerine getirmesi gereken gereklilikler şunlardır[80]; faaliyetlerin devamlı işlenecek e-atık türlerine göre güncellenmesi, yasal uyum raporu, örgütsel plan, çalışma talimatları, tehlikeleri tespit etme, risk değerlendirmesi, riskin azaltılması ya da yok edilmesi, risklerin ortadan kaldırılması, acil durum müdahale eğitimi, iş sağlığı ve güvenliği önlemleri süreçlerini belgelemesi gerekmektedir.

6.3.7 Sorumlu Geri Dönüşüm (R2)

Amerika Birleşik Devletleri hükümeti tarafından kabul edilen, elektronik atıkların sorumlu bir şekilde toplanması, işlenmesi, imha edilmesi, iş sağlığı ve güvenliğine uygun işlemlerin yapılmasını sağlayan standarttır [81].

Amerika'da e-atık işleyen firmaların bu standarda sahip olması gerekmektedir. Firmalar Sorumlu geri dönüşüm (R2) standartına sahip olmak için akredite edilmiş; NSF International Strategic Registrations, Orion Registrar, Perry Johnson Registrars, SAI Global, SGS Systems & Services Certification, TUV SUD America gibi kuruluşlardan bu standardın kriterlerini yerine getirdiklerini ispatlamaları gerekmektedir[81].

Sorumlu geri dönüşüm sertifikasına (R2) sahip olmak için e-atık işleyen firmaların aşağıdaki kriterleri [82]yerine getirmesi gerekmektedir;

- 1.) Parçaları işleme süreçlerini yönetebilecek, ilgili süreçlerin nasıl yapılacağını bilen ekipmaları tanıyıp bu ekipmanların yeniden kullanılabilirliğini ve işlenmesini yapmak için teknik bilgiye sahip personelin bulunması,
- 2.) Tesise kabul edilen e-atıkların işlenmesi ve depolanması, geri dönüşüm süreci boyunca zararlı maruziyetlerin periyodik olarak ölçüm işleminin yapılması,
- 3.) Cıva ,kurşun, PCB gibi elektronik cihazlarda bulunan maddelerin mesleki maruziyetlerini ölçme ve kontrol etme işleminin yapılması,
- 4.) Çevre,sağlık ve güvenlik vakalarını önlemek için bütün parçaları görsel olarak denetlemek; görsel olarak parçaları incelemek, potansiyel zararlar meydana gelmeden önce önlemek, kırık ve parçalanmış parçaların depolanması sırasındaki tehlikelerin kontrol edilmesi, şişmiş bataryaların patlaması ve yanması sonucu bu bataryaların vereceği zararların önceden görülmesinin sağlanması,
- 5.) Tüm çalışma ve depolama alanlarının düzenli ve temiz tutulması,
- 6.) Çalışanlara tuvalet ve el hijyeni sağlamaları için imkan sağlanması,
- 7.) Kirliliğe sebep olan maddelerin bulunduğu yerlerde yiyecek ve içecek tüketiminin önlenmesi,
- 8.) Tüm personel, gönüllüler, danışman, geçici işçilerin gerekli iş sağlığı ve güvenliği eğitimi ve yönetimi almış olması, verilen görevlerde uzman ve teknik beceri bakımından yetkin olması, işyeri tehlikelerinin farkında olmaları gerekmektedir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Elektronik atıkların geri kazanımı ile ilgili olarak tez kapsamında saptanan sonuçlar ve öneriler;

1. Elektronik atıkların atık olarak adlandırılmasına rağmen önemli bir endüstriyel geri dönüştürülebilir ürün olduğu,
2. Diz üstü bilgisayarın her bir parçasının tekrar kullanılıp kullanılmayacağı konusunda verilerin belirlenmesi,
3. Diz üstü bilgisayarın bütününde değerli elementlerin önemsenecek düzeyde olduğu,
4. Söz konusu her bir parçanın tekrar kullanılabilirliği konusunda (ortalama olarak bu oran %70 civarında),
5. Geri kazanımın parçaların sökülüp sınıflandırılması olmadığı değerlendirilemeyen her bir parça içerisindeki geri kazanılabilecek malzemenin (metal) geri kazanımı konusunda neler yapılabileceği. Örneğin kablo içerisindeki bakır kablo yakılarak geri kazanılmamalı. Kablo soyulduktan sonra bakır alınmalı ve kablonun polimerik kısmındaki 15 ayrı bileşen tek tek geri kazanım teknolojisi ile kazanılmalıdır.
6. Geri kazanım sonrası değerlendirilmeyen atıklar yakılarak enerji üretiminde kullanılmalıdır. Yakma işleminde sadece karbondioksit ve su buharı çıkacağı düşünüldüğünde en etkin bertaraf yöntemi olduğu ifade edilebilir.
7. E-atıkların geri kazanımında geri kazanımda kullanılacak teknolojilere göre isg konusu ele alınmalıdır.
8. Her bir parça elemanın bileşen(leri) ve bunların MSDS verileri yer almalıdır.

Bununla birlikte;

Elektrikli ve elektronik eşyalar teknolojik gelişmelere bağlı olarak sürekli değişim ve gelişim göstermektedirler. 10 yıl önce üretilen dizüstü bilgisayar ile 10 yıl sonra üretilen dizüstü bilgisayar içerdikleri malzeme ve bileşen olarak farklılık göstermektedir. E-atık tesislerinde işlenecek olan e-atıklar kullanım ömrünü tamamlamış elektrikli ve elektronik eşya olduğundan elektrikli ve elektronik eşyalarda meydana gelen değişiklikler e-atıkları doğrudan etkilemektedir.

Elektronik atıkların işlenmesi sırasında kırma, parçalama, otomatik veya el emeği ile söküm yapıldığından bu işlemler sırasında ortaya çıkan tehlikeli madde tozları, elektronik atığı

işleyen işçiler üzerinde ciddi maruziyetlere sebep olabilmektedir. İş sağlığı ve güvenliği açısından e-atık işleme endüstrisi için özel olarak tasarlanmış R2 sertifikalı işyerlerinde bile işçiler mesleki maruziyet yaşayabilmektedirler.

Ülkemizde çevre ve izin lisansı almış e-atık işleme tesislerinin ISO 14001:2015 çevre yönetim sertifikasını alması ve iş sağlığı ve güvenliği kanunundan doğan yükümlülükleri yerine getirmesi gerekmektedir. Bununla birlikte elektronik atıkların işlenmesinde iş sağlığı ve güvenliği risklerini tanımlamak, kontrol etmek ve azaltmak için geri dönüşüm endüstrisi için özel olarak tasarlanmış sertifikalar ve yasal düzenlemeler gereklidir. Ancak, e-atık işleme endüstrisi sertifikaları ve yasal düzenlemeleri tüm sorunları sınırlamak için yeterli değildir. Maruziyetleri etkili bir şekilde azaltmak ve İSG sorunlarını hafifletmek için tehlikelerin azaltılması gerekmektedir.

Elektrikli ve elektronik eşyaların üretiminde tehlikeli maddelerin sınırlandırılması elektronik atıkları işleyen işçilerin de maruz kalacakları tehlikeleri azaltacaktır. Ülkemizde 2012 yılında yayınlanan atık elektrikli ve elektronik eşyaların kontrolü yönetmeliğinin tehlikeli maddelerin sınırlandırılması bölümünün güncellenmesi gerekmektedir. Her üç yılda bir elektrikli ve elektronik eşya üreticileri, ilgili konunun uzmanı akademisyenler ve sektör paydaşları bir araya gelerek Türkiye’de kullanılacak olan elektronik eşyaların içinde bulunan tehlikeli maddelerin konsantrasyon değerlerini güncellemesi gerekmektedir. Elektronik atık işleyen işçilerin tehlikeli maddelere maruziyetlerinin en aza indirilmenin en etkili çözümü elektronik eşyaların üretiminde tehlikeli maddelerin kullanımının azaltılması olmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Yeşilorman, M. ve Koç, F. (2016). Bilgi Toplumunun Teknolojik Temelleri Üzerine Eleştirel Bir Bakış. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(1), 117–133. doi:10.18069/fusbed.72486
- [2] Forti, V., Baldé, C. P., Kuehr, R. ve Bel, G. (2020). *The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, Flows, and the Circular Economy Potential*. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam.
- [3] Sayman, R. ve Akputat, O. (2016). *Atık elektrikli ve elektronik eşyaların kontrolü yönetmeliği belediye uygulama rehberi*. Ankara: Bölgesel çevre merkezi
- [4] Meyer, T. ve Meyer, C. (2007). *Creating Transparency. After Effects Apprentice*. doi:10.1016/b978-0-240-80938-0.50008-9
- [5]Url-1 < <https://www.donanimhaber.com/Turkiyede-bilgisayar-satislari-bu-sene-de-dususte--96737> > 25.12.2020 tarihinde erişildi.
- [6] Url-2 < <https://tr.wikipedia.org/wiki/ENIAC>.> 20.10.2020 tarihinde erişildi.
- [7] Julander, A., Lundgren, L., Skare, L., Grandér, M., Palm, B., Vahter, M. ve Lidén, C. (2014). Formal recycling of e-waste leads to increased exposure to toxic metals: AN occupational exposure study from Sweden. *Environment International*, 73, 243–251. doi:10.1016/j.envint.2014.07.006
- [8] Canay, Ö. ve Güngörsün, T. (2016). *Bilgisayar Donanımı ve Bileşenleri*. İstanbul: Değişim Yayınları.
- [9] Emmüngi, L. (2010). *Bilgisayar Donanımı*. Ankara.
- [10]Büyükçapar, O. (2018). *Bilişim Teknolojileri ve Yazılım*. [N.p.]: İstanbul. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=2347770&lang=tr&site=eds-live> adresinden 10.11.2020 tarihinde erişildi.
- [11] Url-3 < <https://tr.wikipedia.org/wiki/Bilgisayar> > 13.11.2020 tarihinde erişildi.
- [12] Çoruh, M. ve Ukray, M. (2020). *Bilişim teknolojileri ekonomisi toplumu: evde, okulda, işyerinde ve kentte yaşantımız nasıl değişiyor?* [N.p.]: İstanbul. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=2472834&lang=tr&site=eds-live> adresinden 10.11.2020 tarihinde erişildi.
- [13] Ebbers, M., O'Brien, W. ve Ogden, B. (2006). *Introduction to the New Mainframe z / OS Basics*. International Technical Support Organization Introduction.
- [14] Url-4 <<https://www.hexus.net/tech/reviews/systems/17078-asus-eee-top-et1602-glim-pse-computers-come/>>05.09.2020 tarihinde erişildi.
- [15] Yaşar, E. (2015). *Bilgisayar Donanımı*. Bursa: Ekin Basım Dağıtım.
- [16]Url-5 <[66](https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/japon-fugaku-dunyanin-en-hizli-bilgisayari-secildi/1886652#:~:text=)

- [17] **Url-6** < <https://www.tubitak.gov.tr/tr/duyuru/tubitak-bilgem-ve-zagreb-universitesinden-super-bilgisayarlardan-30-kat-daha-guclu-exascale.>> 20.12.2022 tarihinde ulaşıldı.
- [18] **Url -7** < <https://www.computerhope.com/> > 20.10.2020 tarihinde erişildi.
- [19] **Url-8** < <https://computer.howstuffworks.com/ram.htm> > 21.09.2020 tarihinde erişildi.
- [20] **Sebetci, Ö., Sebetci, yazarlar Ö., Dönük, G. G., Öztürk, D. G., Güler, E., Hanaylı, M. C., ... Üstünel, (2020). Bilgi teknolojileri ve yönetim bilişim sistemleri.** İstanbul.
- [21] **Url-9** < <https://www.webopedia.com/definitions/wireless/> >20.09.2020 tarihinde erişildi.
- [22] **Url-10** < <http://tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=30574.>>
- [23] **Türkiye İstatistik kurumu, (2019). Hanelerde Bilişim Teknolojisi Bulundurma Oranı.** <https://data.tuik.gov.tr/Search/Search?text=Hanelerde%20Bili%20C5%9Fim%20Teknolojileri%20Bulunma%20Oran%C4%B1> adresinden erişildi.
- [24] **Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği.**(2012,22Mayıs) Resmi Gazete.(Sayı: 28300) [.https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/05/20120522-5.htm](https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/05/20120522-5.htm) adresinden erişildi.
- [25] **Tanner, Ni. S. (2019). Evimizdeki Değer E-atıklar.** www.aeeenereye.com adresinden 25.11.2020 tarihinde erişildi.
- [26] **Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2017). Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023.** https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/haberler/ulusal_at_k_yonet-m--eylem_plan--20180328154824.pdf adresinden erişildi.
- [27] **Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2014). Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planı 2014-2017.** <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/12/20141230M1-12-1.pdf> adresinden erişildi.
- [28] **Akin, B. ve Kuru, A. (2011). Damages, Management And Evaluation of Applications in Turkey Of Electrical And Electronic Waste (E-Waste).** *Istanbul Aydın University Journal*, 3(12), 1–12.
- [29] **Url-11** < <https://cevreonline.com/elektronik-atiklar-e-atik/> > 15.11.2020 tarihinde erişildi.
- [30] **Ghimire, H. ve Ariya, P. A. (2020). E-Wastes: Bridging the Knowledge Gaps in Global Production Budgets, Composition, Recycling and Sustainability Implications.** *Sustainable Chemistry*, 1(2), 154–182. doi:10.3390/suschem1020012
- [31] **Url-12** < <http://www.fightfoodcrises.net/food-crisis-and-covid-19/en/>> 30.10.2020 tarihinde erişildi.
- [32] **Topçu, H. F. (2017). Uluslararası Düzeyde Elektrikli ve Elektronik Atıkların (e- atık) Ticareti ve Sorunlar.** *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(Kayfor15), 1689–1706.
- [33] **Suresh, S. S., Bonda, S., Mohanty, S. ve Nayak, S. K. (2018). A review on computer waste with its special insight to toxic elements, segregation and recycling**

techniques. *Process Safety and Environmental Protection*, 116, 477–493. doi:10.1016/j.psep.2018.03.003

- [34] **Shrivastava, P., Zhang, H. C., Li, J. ve Whitely, A.** (2005). Evaluating obsolete electronic products for disassembly, material recovery and environmental impact through a decision support system. *IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*, 221–225. doi:10.1109/isee.2005.1437029
- [35] **Khaliq, A., Rhamdhani, M. A., Brooks, G. ve Masood, S.** (2014). Metal extraction processes for electronic waste and existing industrial routes: A review and Australian perspective. *Resources*, 3(1), 152–179. doi:10.3390/resources3010152
- [36] **Chehade, Y., Siddique, A., Alayan, H., & Nusri, S. E.** (2012). Recovery of Gold , Silver , Palladium , and Copper from Waste Printed Circuit. Dubai: International Conference on Chemical, Civil and Environment engineering. <https://www.semanticscholar.org/paper/Recovery-of-Gold-%2C-Silver-%2C-Palladium-%2C-and-Copper-Chehade-Siddique/6e7bef380114d7e1ba9cb76880264596dae53aa8> adresinden erişildi.
- [37] **ÜNAL, Ö.** (2015). Ram belleklerdeki metalik değerlerin hidrometalurjik yöntemlerle geri kazanımı. (Yüksek lisan tezi). <https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/15649/1/10082738.pdf> adresinden erişildi.
- [38] **Yavuz, I. C., Vaizoğlu, A. S. ve Güler, Ç.** (2012). Hayatımızdaki Piller. *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*, 21(6), 319–324.
- [39] **DÖNMEZ, M.** (2011). *Türkiye’de atık pillerin değerlendirilmesi ve örnek bir tesiste incelenmesi.* (Yüksek lisans tezi). <http://dspace.yildiz.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/1/6424/0048220.pdf?sequence=1&isAllowed=y> adresinden erişildi.
- [40] **Polat, D. ve Keleş, Ö.** (2012). Lityum İyon Pil Teknolojisi. *Türk Mühendis ve Mimarlar Odalar Birliği METALURJİ MÜHENDİSLERİ ODASI*, 42–48.
- [41] **Lee, C. K. ve Rhee, K. I.** (2002). Preparation of LiCoO₂ from spent lithium-ion batteries. *Journal of Power Sources*, 109(1), 17–21. doi:10.1016/S0378-7753(02)00037-X
- [42] **Url-13** < https://tr.wikipedia.org/wiki/Sıvı_kristal_ekran > 20.11.2020 tarihinde erişildi.
- [43] **Zhang, K., Wu, Y., Wang, W., Li, B., Zhang, Y. ve Zuo, T.** (2015). Recycling indium from waste LCDs: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 104(100), 276–290. doi:10.1016/j.resconrec.2015.07.015
- [44] **Dańczak, A., Chojnacka, I., Matuska, S., Marcola, K., Leśniewicz, A., Welna, M., ... Rycerz, L.** (2018). The recycling-oriented material characterization of hard disk drives with special emphasis on NdFeB magnets. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 54(2), 363–376. doi:10.5277/ppmp1843
- [45] **Vasile, C., Brebu, M. A., Karayildirim, T., Yanik, J. ve Darie, H.** (2006). Feedstock recycling from plastic and thermoset fractions of used computers (I): Pyrolysis. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 8(2), 99–108. doi:10.1007/s10163-006-0151-z

- [46] **Gohatre, O. K., Jaidev, K., Suresh, S. S., Biswal, M., Mohanty, S. ve Nayak, S. K.** (2020). Composition and Recyclability Analysis of Poly(Vinyl Chloride) Recovered from Computer Power Cables and Commercial Wires. *Journal of Vinyl and Additive Technology*, 26(3), 213–223. doi:10.1002/vnl.21734
- [47] **Kida, A.** (2010). Elemental analysis methods including rare metals in used products. *Society of Material Cycles and Waste Management*.
- [48] **Habib Al Razi, K. M.** (2016). Resourceful recycling process of waste desktop computers: A review study. *Resources, Conservation and Recycling*, 110, 30–47. doi:10.1016/j.resconrec.2016.03.017
- [49] **Url-14** < <https://eizin.cevre.gov.tr/Rapor/BelgeArama.aspx>.> 10.02.2021 tarihinde erişildi.
- [50] **Atık Yönetimi Yönetmeliği** (2015, 2Nisan). Resmi Gazete (Sayı:29314).Erişim Adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150402-2.htm>
- [51] **Url-15** <<http://www.aczkimya.com/ACZ/atik-elektrikli-ve-elektronik-esya-isleme/>.> 15.02.2021 tarihinde erişildi.
- [52] **Ceballos, D. M. ve Dong, Z.** (2016, 1 Ekim). The formal electronic recycling industry: Challenges and opportunities in occupational and environmental health research. *Environment International*. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.envint.2016.07.010
- [53] **Url-16** <<https://www.rqube.com.au/electronic-e-waste-recycling/>.> 16.02.2021 tarihinde erişildi.
- [54] **Url-17** <https://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/news/WCMS_686640/lang--en/index.htm.>18.02.2021 tarihinde erişildi.
- [55] **Okeme, J. O. ve Arrandale, V. H.** (2019). Electronic Waste Recycling: Occupational Exposures and Work-Related Health Effects. *Current environmental health reports*, 6(4), 256–268. doi:10.1007/s40572-019-00255-3
- [56] **ILO - International Labour Organization.** (2019). *Decent work in the management of electrical and electronic waste (e-waste). Issues paper for the Global Dialogue Forum on Decent Work in the Management of Electrical and Electronic Waste (E-waste)*.
- [57] **Perkins, D. N., Brune Drisse, M. N., Nxele, T. ve Sly, P. D.** (2014). E-waste: A global hazard. *Annals of Global Health*, 80(4), 286–295. doi:10.1016/j.aogh.2014.10.001
- [58] **Ceballos, D., Beaucham, C. ve Page, E.** (2017). Metal exposures at three U.S. electronic scrap recycling facilities. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 14(6), 401–408. doi:10.1080/15459624.2016.1269179
- [59] **Url-18** <<https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0368.html>.>20.02.2021 tarihinde erişildi.
- [60] **Url-19** <<https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0088.html>.>20.02.2021 tariihinde erişildi.
- [61] **Url-20** <<https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/hava-kalitesinde-pm10-ve-so2-ortalama-lari-i-85734>.>20.02.2021 tarihinde erişildi.
- [62] **Kim, Y. H., Wyrzykowska-Ceradini, B., Touati, A., Krantz, Q. T., Dye, J. A., Linak, W. P., ... Gilmour, M. I.** (2015). Characterization of Size-

Fractionated Airborne Particles Inside an Electronic Waste Recycling Facility and Acute Toxicity Testing in Mice. *Environmental Science and Technology*, 49(19), 11543–11550. doi:10.1021/acs.est.5b03263

- [63] **Ahirwar, R. ve Tripathi, A. K.** (2021). E-waste management: A review of recycling process, environmental and occupational health hazards, and potential solutions. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 15(November 2020), 100409. doi:10.1016/j.enmm.2020.100409
- [64] **Der, T. B., Arslan, S., Aybek, A., Çetin, H. ve Çer, E. D.** (2010). Measurement of Personal PM₁₀ , PM_{2.5} and PM₁ Exposures in Tractor and Combine Operations and Evaluation of Health Disturbances of Operators *Agricultural Technologies*, 90(344).
- [65] **İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu.**(2021,20 Haziran). Resmi Gazete (Sayı:28339). Erişim Adresi: <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.6331.pdf>
- [66] **İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirme Yönetmeliği.**(2012,29 Aralık). Resmi Gazete (Sayı:28512). Erişim tarihi : <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/12/20121229-13.htm>
- [67] **Tozla Mücadele Yönetmeliği.**(2013,5 Kasım). Resmi Gazete (Sayı:28812). Erişim Adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/11/20131105-9.htm>
- [68] **Grant, K., Goldizen, F. C., Sly, P. D., Brune, M.-N., Neira, M., Van Den Berg, M. ve Norman, R. E.** (2013). Supplementary appendix Consequences of Exposure to E-Waste: A Systematic Review: Supplemental Material. *Lancet Glob Health*, (13).
- [69] **Url-21** < <https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgsyn-a.html#>.> 21.02.2021 tarihinde erişildi.
- [70] **Url-21** < https://webdosya.csb.gov.tr/db/ymdb/eduardosya/TS_EN_ISO_14001.pdf > 20.02.2021 tarihinde erişildi.
- [71]**Url-23**<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32012L0019#ntr3-L_2012197EN.01006301-E0003> 22.02.2021 tarihinde erişildi.
- [72]**Url-24**<<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32011L0065&qid=1616099364926> > 22.02.2021 tarihinde erişildi.
- [73]**Url-25**<<https://cygm.csb.gov.tr/atik-elektrikli-ve-elektronik-esyaların-kontrolu-yonetmeliği-nde-degisiklik-yapilmasına-dair-yonetmelik-taslagi-goruse-acilmistir-duyuru-121939>> 25.02.2021 tarihinde erişildi.
- [74]**Url-26** < <http://www.cesi.cn/rohs/>> 15.02.2020 tarihinde erişildi.
- [75]**Ur-127**<http://www.clii.com.cn/zhhylm/zhhylmHangYeZiXun/201803/t20180316_3918754.html> 15.02.2020 tarihinde erişildi.
- [76] **Url-28** < https://home.jeita.or.jp/eps/jmoss_en.htm> 16.02.2021 tarihinde erişildi.
- [77] **Martinez, M. ve Martinez, M.** (2018). Materials Restricted for Use Signatures, 1–27. https://i.dell.com/sites/csdocuments/Legal_Docs/en/dell-materials-restricted-for-use-specification-env0424_a05.pdf adresinden erişildi.
- [78] **Requirements, B.** (2020). HP Standard 011 General Specification for the Environment the following eleven standards . 2 . Substances and Materials Requirements ,

All Products (HX-00011-01); Revision AA , 29-Jul-2020 3

- [79] **Specification, E.** (2006). *Lenovo Engineering Specification 41A7731 Baseline Environmental Requirements for Materials, Parts, and Products for Lenovo Hardware Products. Baseline.*
- [80] **CENELEC. (2016).** European Standards for Waste Electrical and Electronic Equipment(WEEE),1–20.
<https://www.cenelec.eu/news/publications/publications/weee-brochure.pdf> adresinden erişildi.
- [81] **Url-29** <<https://www.r2expert.com/r2-certification/>>26.02.2021 tarihinde erişildi.
- [82] **Url-30** < <https://sustainableelectronics.org/>> 03.03.2021 tarihinde erişildi.



EKLER

EK A : Bilgisayarı oluşturan tüm parçaların malzeme cinsleri ve ağırlıkları

Çizelge A.1 : Bilgisayarı oluşturan tüm parçaların malzeme cinsleri ve ağırlıkları.

Anakart parçaları	Adet	Ağırlık(g)
Alüminyum elektrolitik kondansatör	12	3.6
Smd seramik kondansatör	235	4.3
Smd bobin	16	0.4
Smd direnç	78	1.17
Smd sabit bobin	9	12.7
Zener smd	6	0.09
Diyot smd	20	0.4
Smd transistör sod	48	0.28
Smd led	3	0.01
Smd sigorta	1	0.01
Tantalyum smd kondansatör	5	0.73
Çip voltaj regülatörü	1	0.15
Entegre	30	2.8
Kuvarst kristali	1	0.09
Smd cam kristali	2	0.08
Smd buton	3	0.11
Switch	1	0.19
Bios pili	1	0.87
Bga grafik işlemci yongası	1	376
Wifi kablosuz wlan kartı	1	3.61
Bga grafik denetleyici yongası	1	3.81
Soket türü işlemci	1	4.29
İşlemci soğutucu bakır	1	48.18
İşlemci bağlantı kiti	1	9.22
İşlemci soketi	1	5.82
Soketli 240 pin ram konektörü	1	9.49
Rj-45 lan portu	1	3
Usb 2.0 portu	1	1.24
Vga portu	1	3.33
Sd kart okuyucu	1	3.46
Batarya bağlantı kablosu	1	4.31
Sata soketler	1	5.52
Bağlantı soketleri	8	4.76
Anakart bdk	1	90
Toplam	495	231.78

Çizelge A.2 (devamı) : Bilgisayarı oluşturan tüm parçaların malzeme cinsleri ve ağırlıkları.

Açma-kapama butonu	Adet	Ağırlık(g)
Dip buton	1	0.3
Smd diyot	5	0.1
Smd direnç	2	0.06
Bdk	1	3.88
Toplam	9	3.94
Tauchpad	Adet	Ağırlık(g)
Entegre	2	0.8
Smd direnç	1	0.03
Seramik smd kondansatör	5	0.2
Konnektör(pvc)	1	0.3
Metal çerçeve(çelik)	1	16.66
Bdk	1	8.67
Toplam	11	26.66
Şarj adaptörü	Adet	Ağırlık(g)
Köprü diyot	1	1.41
Elektrolit kondansatör	4	17.54
Kristal diyot	1	0.18
Taş direnç	3	0.52
Polyester film kondansatör	2	2.92
Toroid bobin	2	17.17
Entegre	1	0.22
Plaket üstü transformatör	1	30.78
Bdk	1	7.26
Adaptör soketi	2	10.71
Smd direnç	26	0.82
Toroid nüve	1	10.49
Smd entegre	4	0.37
Smd diyot	1	0.03
Smd seramik kondansatör	8	0.14
Metal çerçeve(al)	2	40.46
Dış kılıf plastik	2	34
3x0,75mm2 Nyaf güç kablosu	1	116.5
Adaptör çıkışı 3x 0,5 mm2 Nyaf şarj kablosu	1	52.5
Soket	1	29.5
Erkek fiş	1	37.5
Tantalyum kondansatör	2	0.66
Mosfer transistör	1	1.57
Scho0tky diyot	1	1.98
Toplam	70	415.05

Çizelge A.3 (devamı) : Bilgisayarı oluşturan tüm parçaların malzeme cinsleri ve ağırlıkları.

Ses kontrol kartı	Adet	Ağırlık(g)
Usb konnektör	2	2.47
Mic-ses konnektör	2	2.4
Smd direnç	10	0.5
Smd bobin	3	0.05
Smd seramik kondansatör	3	0.05
Tantalyum kondansatör	1	0.1
Entegre	1	0.15
Bdk	1	2.95
Ses bağlantı kablosu	1	2.31
Hoparlör	1	8.23
Toplam	25	19.21
Soğutucu fan	Adet	Ağırlık(g)
Fan gövdesi plastik	1	14.63
Fan kapagi metal	1	8.06
Pvc pervane	1	6.09
Motor mili	1	0.18
Fırçasız dc motor	1	5
Motor kontrol kartı-pcb	1	0.3
Seramik kondansatör	1	0.04
Smd diyot	1	0.03
Kontrol entegresi	1	0.12
Toplam	9	34.45
Dddr3 ram	Adet	Ağırlık(g)
Bdk	2	9.85
Seramik kondansatör	144	1.59
Smd direnç	90	1.35
Bağlantı pinleri	2	1.03
Spd yongası	2	0.08
Dram yongası	16	2.34
Toplam	256	16.24
Lcd kontrol kartı	Adet	Ağırlık(g)
Smd seramik kondansatör	85	1.55
Smd direnç	75	2.25
Smd bobin	11	0.11
Smd diyot	5	0.04
Smd sigorta	2	0.08
Entegre	5	0.32
Mikroçip	1	0.12
Konnektör	2	0.16
Bdk	1	12.63
Toplam	187	17.26

Çizelge A.4 (devamı) : Bilgisayarı oluşturan tüm parçaların malzeme cinsleri ve ağırlıkları.

Harddisk	Adet	Ağırlık(g)
Gövde	1	42.53
Disk	2	9.46
Kafa taşıyıcı kol	1	5.18
Okuma/yazma kafası	1	1.53
Kafa hareketlendirici	1	12.06
Metal kapak	1	10
Kontrol kartı(bdk)	1	8.41
Neodyum mıknatıs	2	5.47
Seramik kondansatör	92	1.68
Smd direnç	36	0.72
Smd bobin	10	0.12
Smd diyot	2	0.01
Saat kristal osilatör	1	0.01
Entegre	3	0.27
Chip/hdd kontrolcü	2	0.92
Kondansatör	2	0.02
Sata konektör	1	1.6
Disk	2	9.46
Toplam	161	109.45
Dvd/cddrive	Adet	Ağırlık(g)
Smd seramik kondansatör	84	1.57
Smd direnç	26	0.52
Entegre	3	0.83
Switch	2	0.2
Konnektör	5	2.08
Ide kablolar	3	3.35
Smd diyot	2	0.02
Entegre	2	0.05
Bdk	1	4.17
Metal tepsi	1	23.1
Tepsi kapağı	1	31.18
Metal parçalar	1	71.42
Fırçasız dc motor	1	24.83
Optik okuyucu	1	5.17
Smd bobin	2	0.07
Step motor	1	7.1
Toplam	136	175.66
Lcd panel	Adet	Ağırlık(g)
Smd led	48	1.44
Lcd modül	1	160
Polarize film	2	23
Optik film	1	8
Pvc tutucu	1	68
Pvc çıta	1	12
Arka etiket	1	8.4
Panel menteşesi	2	24.86
Metal panel çerçevesi	1	49.3
Toplam	58	355

Çizelge A.5 (devamı) : Bilgisayarı oluşturan tüm parçaların malzeme cinsleri ve ağırlıkları.

Klavye içindikiler	Adet	Ağırlık(g)
Tuşlar	28	75
Plastik bdk	1	11.09
Metal çerçeve	1	37
Aüminyum bant	1	3.91
Toplam	31	127
Diğer parçalar	Adet	Ağırlık(g)
Şerit kapak pvc	1	28.72
Pvc üst kapak	1	176
Pvc alt kasa	1	178
Ekran video aktarma kablosu	1	14.6
Hdd kapak	1	23
Pvc panel çerçeve	1	40
Panel pvc üst kapak	1	216
Ram kapağı	1	59
Vga kamera	1	1.3
Batarya: lityum-ion	1	296
Toplam	10	1032.62
Dizüstü bilgisayardan çıkarılan parça sayısı ve toplam ağırlığı	1458	2564.26

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad :Salih MEMİŞ

E-posta :

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** :2012, Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Öğretmenliği
- **Yüksek Lisans** :2019, İnönü üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Devam ediyor.

MESLEKİ DENEYİM:

- 2014- Milli Eğitim Bakanlığında çalışıyor.