



BİLGİ
TEKNOLOJİLERİ
VE İLETİŞİM
KURUMU

**BİLGİ TEKNOLOJİLERİ VE İLETİŞİM
KURUMU**

**ELEKTRONİK HABERLEŞME
ATIKLARININ GERİ DÖNÜŞÜMÜ
ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

Tubay BÜKÜM

Bilişim Uzmanlığı Tezi

Temmuz 2024

Diyarbakır



BİLGİ
TEKNOLOJİLERİ
VE İLETİŞİM
KURUMU

**BİLGİ TEKNOLOJİLERİ VE İLETİŞİM
KURUMU**

**ELEKTRONİK HABERLEŞME
ATIKLARININ GERİ DÖNÜŞÜMÜ
ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

Tubay BÜKÜM

Bilişim Uzmanlığı Tezi

Temmuz 2024

Diyarbakır

Tubay BÜKÜM tarafından hazırlanan, “ELEKTRONİK HABERLEŞME ATIKLARININ GERİ DÖNÜŞÜMÜ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA” adlı bu tezin Bilişim Uzmanlığı tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Ömer GÜRBÜZ

Tez Danışmanı

Bu çalışma, tez savunma komisyonumuz tarafından Bilişim Uzmanlığı tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Kurul Üyesi, Mehmet KOÇYİĞİT

Üye : BTK Diyarbakır Bölge Müdürü, Erkan İPEKÇİOĞLU

Üye : Bilişim Uzmanı, Dr. Binnur TUĞLUOĞLU

Üye : Bilişim Uzmanı, Burak Cesur AKÖZ

Üye : BTK Diyarbakır Bölge Müdür Yardımcısı, Ömer GÜRBÜZ

Bu tez, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tez yazım kurallarına uygundur.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
TABLolar LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
KISALTMALAR LİSTESİ	vii
GİRİŞ	1
1. ELEKTRONİK HABERLEŞME KAVRAMI	4
1.1. Haberleşme Sistemleri.....	4
1.2. Hücresel Haberleşme Sistemleri.....	6
1.3. GSM Şebeke Elemanları	7
1.3.1. Baz İstasyonları	7
1.3.2. Anten	8
1.3.3. Dipol Anten.....	9
1.3.4. Sektör Anten	9
1.3.5. Site ve Hücre	10
1.3.6. Radyo Vericileri ve TV	11
1.4. Hücresel İletişim Teknolojileri.....	11
1.4.1. Birinci Nesil 1G	11
1.4.2. İkinci Nesil 2G	12
1.4.3. Üçüncü Nesil 3G	12
1.4.4. Dördüncü Nesil 4G	12
1.4.5. Beşinci Nesil 5G	13
1.5. Bölüm Değerlendirmesi	13
2. ATIK VE YÖNETİMİ	16
2.1. Atık.....	16
2.2. Atık Çeşitleri	17
2.2.1. Evsel Atıklar.....	17
2.2.2. Endüstriyel Atıklar	18
2.2.3. Tıbbi Atıklar.....	18

2.2.4.	Tehlikeli Atıklar	18
2.2.5.	İnşaat ve Yıkıntı Atıkları.....	19
2.2.6.	Elektronik Atık.....	19
2.3.	Atık Yönetimi.....	21
2.3.1.	Önleme	22
2.3.2.	Azaltma	22
2.3.3.	Tekrar Kullanım	23
2.3.4.	Geri Dönüşüm	23
2.3.5.	Geri Kazanım	24
2.3.6.	Bertaraf.....	25
2.4.	DÜNYA'DA E-ATIK	26
2.4.1.	Afrika	26
2.4.2.	Amerika.....	27
2.4.3.	Çin.....	28
2.4.4.	Tayvan.....	28
2.4.5.	Hindistan.....	29
2.5.	Bölüm Değerlendirmesi	30
3.	ELEKTRONİK HABERLEŞME ATIKLARI VE GERİ DÖNÜŞÜMÜ	31
3.1.	Haberleşme Altyapı Ekipman Atıkları	35
3.1.1.	Mobil Ağ Altyapısı Bileşenleri ve Malzemeleri	36
3.1.2.	Veri Depolama Ekipmanları ve Malzemeleri	40
3.2.	Bilgi İletişim Teknolojilerindeki (BİT) Nadir Malzemeler.....	43
3.2.1.	AEEE/BİT' in Bileşimi	45
3.2.2.	AEEE/BİT'in Geri Kazanımı (Geri Dönüşümü)	46
3.2.3.	AEEE Metalleri Geri Kazanma.....	48
3.2.4.	PCB (Baskı Devre Kartı) Geri Dönüşümü.....	50
3.2.5.	Pillerin Geri Dönüşümü	52
3.3.	Yenilenmiş (Refurbished) Cihazlar ve Pazarı	53
3.4.	Enerji Tüketimi ve Karbon Ayak İzleri.....	55
3.5.	Yeşil Bilişim.....	58
3.6.	Sera Gazı Emisyonu/Karbon Ayak İzi	59
3.7.	Sıfır Atık.....	61
3.8.	Bölüm Değerlendirmesi	62

4. ELEKTRONİK HABERLEŞME ATIKLARININ ULUSLARARASI MEVZUATI VE ÜLKE UYGULAMALARI.....	65
4.1. Uluslararası Düzenlemeler ve Mevzuat.....	65
4.1.1. Basel Sözleşmesi.....	65
4.1.2. ROHS ve WEEE Direktifleri	65
4.1.3. Pil Düzenlemesi	70
4.2. Uluslararası Birlikler	71
4.2.1. ITU	71
4.2.2. ETSI	72
4.2.3. Avrupa Birliği	73
4.3. Telekomünikasyon Otoriteleri Çalışmaları	74
4.3.1. Arcep	74
4.3.2. Ofcom.....	75
4.3.3. Trai	75
4.4. Dünya’ da E-atık Mevzuat Çalışmaları	76
4.4.1. Afrika	76
4.4.2. Amerika.....	77
4.4.3. Çin.....	78
4.4.4. Tayvan.....	78
4.4.5. Hindistan	78
4.5. Bölüm Değerlendirmesi	79
5. ELEKTRONİK HABERLEŞME ATIKLARININ TÜRKİYE’DEKİ DURUMU VE MEVZUATI.....	81
5.1. Türkiye’de Atık	81
5.2. Türkiye’deki Yasal Düzenlemeler.....	87
5.3. Bölüm Değerlendirmesi	94
SONUÇ ve ÖNERİLER.....	96
KAYNAKLAR	104
ÖZGÜNLÜK BİLDİRİMİ	115
ÖZGEÇMİŞ.....	116

ÖZET

BİLGİ TEKNOLOJİLERİ VE İLETİŞİM KURUMU	
Tezin Adı	Elektronik Haberleşme Atıklarının Geri Dönüşümü Üzerine Bir Çalışma
Türü	Bilişim Uzmanlığı Tezi
Yazar	Tubay BÜKÜM
Teslim Tarihi	24.07.2024
Anahtar Kelimeler	Haberleşme, Atık, E-Atık, Geri Dönüşüm, Karbon Ayak İzi, Sürdürülebilirlik, Yeşil Bilişim, Döngüsellik
Tez danışmanı	Ömer GÜRBÜZ
Sayfa Adedi	x+116
<p>Hızla ilerleyen teknoloji arkasında neredeyse bir yığın elektronik haberleşme atıkları bırakmaktadır. Tezde, elektronik haberleşme atıklarının atıl duruma düşmemesi ve geri dönüştürülebilmesinin önemi noktasına vurgu yapılmıştır. Bu durumda öncelikle elektronik haberleşme ekipmanlarının, elektrikli ve elektronik ekipmanlar kategorisinde detaylı bir şekilde belirtilmesi için uluslararası çalışmalar incelenmiştir. Bir diğer önemli husus da belirlenen haberleşme ekipmanlarının atık yönetimini sağlayabilmektir. Nihayetinde elektronik haberleşme ekipmanları hem değerli malzemeler içermekte olup hem de zararlı maddeleri de içinde barındırmaktadır. Günümüzde önemle üzerinde durulan bir diğer husus da karbon ayak izidir. Bilgi iletişim teknolojileri sektöründe de karbon ayak izini sıfıra indirme çalışmaları başlatılmış olup, söz konusu durumda Kurumumuzca alınabilecek gerekli tedbirler üzerine değinilmiştir. Tezde geri dönüşümün gerekliliği ve sürdürülebilirliğin önemi üzerinde durulmuş olup, tüm incelemeler ışığında hem ülkemiz hem de Kurumumuza yönelik çeşitli tavsiyelerde bulunulmuştur.</p>	

ABSTRACT

INFORMATION TECHNOLOGIES AND COMMUNICATIONS AUTHORITY	
Thesis	A study on the Recycling of Electronic Communication Waste
Type	ICT Expert Thesis
Author	Tubay BÜKÜM
Submission Date	24 July 2024
Key Words	Communication, waste, e-waste, recycle, carbon footprint, sustainability, green IT, circularity
Advisor	Ömer GÜRBÜZ
Total Page	x+116
<p>Rapidly advancing technology leaves behind almost a pile of electronic communication waste. In the thesis, the importance of preventing electronic communication waste from becoming idle and recyclable is emphasized. In this case, first of all, international studies were examined to specify electronic communication equipment in detail in the electrical and electronic equipment category. Another important issue is to ensure waste management of the specified communication equipment. Eventually, electronic communication equipment contains both valuable materials and harmful substances. Today, another issue that is emphasized is the carbon footprint. The information and communication technologies sector has also initiated efforts to reduce its carbon footprint to zero, and the necessary measures that can be taken by our institution in this case are mentioned. In the thesis, the necessity of recycling and the importance of sustainability are emphasized, and in the light of all the investigations, various recommendations are made for both our country and our institution.</p>	

TEŞEKKÜR

Tez alıőmam boyunca sağladığı her tŸrlŸ destek, yardım ve katkılarıyla beni yŸnlendiren danıőmanım BŸlge MŸdŸr Yardımcım Sayın Ŗmer GŸRBŸZ'e, yine kıymetli tecrŸbelerinden faydalandığım ve sağladığı destekleri için BŸlge MŸdŸrŸm Sayın Erkan İPEKIOĞLU'na, Diyarbakır BŸlge MŸdŸrlŸđŸ çatısı altında bulunan tŸm çalışma arkadaőlarıma teőekkŸrŸ bir borç bilirim. Ayrıca manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan kıymetli eőime içtenlikle teőekkŸr ederim.

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2. 1:Atık İşleme Yöntemine (*) Göre Atık Miktarı (Ton).....	25
Tablo 3. 1:AEEE'de Bulunan Olası Tehlikeli Maddeler.....	46
Tablo 3. 2:AEEE'de Bulunan Metalleri Geri Kazanmak İçin Kullanılan Hidrometalurjik İşlemler.....	49
Tablo 3. 3:AEEE'de Bulunan Metalleri Geri Kazanmak İçin Kullanılan Pirometalurjik İşlemler.....	50
Tablo 3. 4:Pilin Geri Dönüşümü.....	53
Tablo 3. 5:Yenilenmiş Cep Telefonu Pazar Payı.....	54
Tablo 4. 1:ROHS Kapsamında Kullanımı Sınırlandırılan Maddeler.....	67

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. 1. GSM Sinyal Yolculuğu.....	6
Şekil 1. 2. Hücresel Yapı.....	7
Şekil 1. 3. Ağ yönetimi	8
Şekil 1. 4. Dipol Anten ve Işıma Diyagramı	9
Şekil 1. 5. Sektör Anten ve Işıma Diyagramı.....	10
Şekil 1. 6. Hücre Yapısı	10
Şekil 1. 7. Cep Telefon Teknolojilerinin Tarihsel Gelişimi.....	13
Şekil 2. 1. Atık Yönetimi ve Sera Gazı Salım Azaltma	17
Şekil 2. 2. Türkiye 2021 Yılı Atık Grupları Bazında Dağılım (%).....	18
Şekil 2. 3. Türkiye’deki 2016-2021 Yılları Arasında Tehlikeli Atık Miktarı (Ton).	19
Şekil 2. 4. Elektronik Atıklar	20
Şekil 2. 5. Atık Yönetim Hiyerarşisi.....	22
Şekil 2. 6. AB ve Türkiye’deki Atık Geri Dönüşüm Oranları	24
Şekil 2. 7. Bölgesel E-Atıklar	27
Şekil 3. 1. Elektronik Ekipman Hiyerarşisi.....	32
Şekil 3. 2. 2022 Dünya Geneli E-atık	33
Şekil 3. 3. Küresel Mobil Cihaz ve Bağlantıları	34
Şekil 3. 4. 5G Ağ Altyapısına Genel Bakış (Daha Geniş Kapsama Alanı İçin Makro ve Mikro Baz İstasyonları ve Derin Kapsama Alanı İçin İç Mekan Küçük Hücreleri Dahil)	38
Şekil 3. 5. 2025'e Kadar Pazar Payları – 2G, 3G, 4G VE 5G	39
Şekil 3. 6. Veri Merkezlerinde Bulunan Yaygın EEE Bileşenleri ve Malzemeleri ...	42
Şekil 3. 7. Cep Telefonundaki Malzemeler.....	43
Şekil 3. 8. Nadir Metallerin Endüstrilerde Kullanımı	44
Şekil 3. 9. BİT Ürünlerinde Bulunan Nadir Metaller.....	44
Şekil 3. 10. AEEE Geri Kazanım Prosesi	47
Şekil 3. 11. PCB Kartı.....	51
Şekil 3. 12. PCB Metallerinin Geri Kazanımı.....	51
Şekil 3. 13. Nadir Metallerin Kentsel Madenciliğinin Etkisine Örnek	52
Şekil 3. 14. Baz İstasyonunun Mobil Ağ Enerji Tüketimine Katkısı.....	55
Şekil 3. 15. Ağ Elemanlarına Göre Baz İstasyonu Enerji Tüketimi Dağılımı	56
Şekil 3. 16. Bir Baz İstasyonundaki Temel Bileşenlerin Üç Ağ Yapılandırması Genelinde Enerji Tüketimi	56
Şekil 3. 17. Dünyadaki BİT Karbon Ayak İzleri	60
Şekil 3. 18. BİT Ekipmanları Bileşenlerinin Karbon Emisyonuna Katkısı	61
Şekil 3. 19. Sıfır Atık Hiyerarşisi.....	62
Şekil 4. 1. AB ve Türkiye Mevzuat Karşılaştırılması	66
Şekil 4. 2. CE İşareti	67
Şekil 4. 3. ROHS 3 ile Kısıtlanan Maddeler Listesi	68
Şekil 4. 4. WEEE İşareti	70
Şekil 5. 1. Toplam Atık Üretiminin Kaynağı.....	81
Şekil 5. 2. Yıllara göre Türkiye'de EA miktarı	82

Şekil 5. 3. Türkiye 2022 E-atık	83
Şekil 5. 4. Türkiye ve AB Geri Dönüşüm Oranları	84
Şekil 5. 5. Belediye Atığı Geri Dönüşüm Oranı	85
Şekil 5. 6. AB'nin Atık İhraç Ettiği Ülkeler	86

KISALTMALAR LİSTESİ

1G	Birinci Nesil (1. Generation)
2G	İkinci Nesil (2. Generation)
2.5G (GPRS)	Genel Paket Radyo Servisi (General Packet Radio Service)
2.75G(EDGE)	GSM Evrimi İçin Geliştirilmiş Veri Hızları (Enhanced Data rates for GSM Evolution)
3G	Üçüncü Nesil (3. Generation)
4G	Dördüncü Nesil (4. Generation)
5G	Beşinci Nesil (5. Generation)
AB	Avrupa Birliği
ABS	Akrilonitril Bütadien Stiren
ADEME	Çevre ve Enerji Yönetim Ajansı (Agence de la transition écologique)
AEEE	Atık Elektrikli ve Elektronik Ekipman
ARCEP	Fransa Elektronik Haberleşme, Posta ve Basılı Medya Düzenleme Kurumu (France's Electronic Communications, Postal and Print Media Distribution Regulatory Authority)
AUC	Abone Bilgileri Doğrulama Merkezi (Authenticatron Center)
B2B	İşletmeden İşletmeye (Business To Business)
B2C	İşletmeden Tüketiciciye (Business To Consumer)
BİT	Bilgi ve İletişim Teknolojileri
BM	Birleşmiş Milletler (United Nations)
BSC	Baz İstasyonu Kontrol Merkezi (Base Station Controller)
BTK	Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu
BTS	Alıcı-Verici Baz İstasyonu (Base Transceiver Station)
CAGR	Yıllık Bileşik Büyüme Oranı (Compound Annual Growth Rate)
CN	Çekirdek Ağ (Core Network)
ÇŞİDB	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
DPP	Dijital Ürün Pasaportu (Digital Product Passport)

DSL	Sayısal Abone Hattı (Digital Subscriber Line)
e-atık	Elektronik Atık
EC	Avrupa Komisyonu (European Commission)
EHK	Elektronik Haberleşme Kanunu
EIR	Ekipman Kimlik Kartı (Equipment Identity Register)
EM	Elektromanyetik
EPA	Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency)
EPR	Genişletilmiş Üretici Sorumluluğu (Extended Producer Responsibility)
ETSI	Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü (European Telecommunications Standards Institute)
EUROSTAT	Avrupa İstatistik Ofisi
FM	Frekans Modülasyon
GESP	Küresel E-atık İstatistikleri Ortaklığı (Global E-waste Statistics Partnership)
GHG	Sera gazı (Green House Gas)
GM	Genlik Modülasyonu
G-MSC	Geçit Santrali (Gateway Mobile Switching Center)
GSM	Mobil İletişim İçin Küresel Sistem (Global System for Mobile Communication)
GSMA	GSM Birliği (The GSM Association)
HCFC	Hidrokloroflorokarbonlar (Hydrochlorofluorocarbons)
HFC	Hidroflorokarbon (Hydrofluorocarbons)
HLR	Ana Konum Kayıtçısı (Home Location Register)
ICT	Bilgi ve İletişim Teknolojileri (Information and Communication Technologies)
IOT	Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)
ISDN	Bütünleştirilmiş Sayısal Ağ Hizmetleri (Integrated Services Digital Network)
ISO	Uluslararası Standart Organizasyonu (International Organization for Standardization)

ISWA	Uluslararası Katı Atık Derneği (International Solid Waste Association)
ITU	Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (International Telecommunication Union)
ITU-D	Uluslararası Telekomünikasyon Birliği Telekomünikasyon Geliştirme Sektörü (International Telecommunication Union Telecommunication Development Sector)
ITU-R	Uluslararası Telekomünikasyon Birliği- Radyo Haberleşme Sektörü (International Telecommunication Union Radiocommunication Sector)
ITU-T	Uluslararası Telekomünikasyon Birliği Telekomünikasyon Standartlaşma Sektörü (International Telecommunications Union Telecommunication Standardization Sector)
kg	Kilogram
kt	Kiloton
LTE	Uzun Vadeli Evrim (Long Term Evolution)
MSC	Mobil Anahtarlama Merkezi (Mobile Switching Center)
Mt	Metrik Ton
Ofcom	İngiltere Haberleşme Ofisi (Office of Communications)
PBT	Polibütilen Tereftalat
PCB	Baskı Devre Kartı (Printed Circuit Board)
PVC	Polivinil Klorür
RAN	Radyo Erişim Ağı (Radio Access Network)
ROHS	Bazı Zararlı Maddelerin Kullanılmasının Sınırlandırılması Direktifi (Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances)
StEP	E-Atık Sorun Çözme Girişimi (E-Waste Problem Solving Initiative)
TDK	Türk Dil Kurumu
TRAI	Hindistan Telekomünikasyon Düzenleyici Kurumu (Telecom Regulatory Authority of India)
UK	Birleşik Krallık (United Kingdom)

UNIDO	Birleşmiş Milletler Endüstriyel Gelişme Örgütü (United Nations Industrial Development Organization)
UNITAR	Birleşmiş Milletler Eğitim ve Araştırma Enstitüsü (The United Nations Institute for Training and Research)
UNU	Birleşmiş Milletler Üniversitesi (United Nations University)
VLR	Ziyaretçi Konum Kütüğü (Visitor Location Register)
WHO	Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)
WIMAX	Mikrodalga Erişimi İçin Dünya Geneline Müşterek Çalışma (Worldwide Interoperability For Microwave Access)
ZWIA	Uluslararası Sıfır Atık İttifakı (Zero Waste International Alliance)

GİRİŞ

Haberleşme sektörü, kullanıcılar ve iletişim teknolojileri arasında giderek artan mobil ihtiyacından ötürü son yıllarda ciddi bir hızlanma eğiliminde olmuştur. 1980'lerde araç telefonu olarak bilinen analog ve sadece ses iletiminin gerçekleştiği birinci nesil (1G) sistemleriyle başlayan haberleşme sistemleri 90'lı yıllarda sayısal ses ve mesaj hizmetlerine olanak tanıyan ikinci nesil (2G) haberleşme sistemleriyle, 2000'li yıllarda ise geniş bant veri, görüntülü konuşma ve video izleme olanaklarına imkan tanıyan üçüncü nesil (3G) teknolojileriyle devam etmiştir (Telekomünikasyon Kurumu, 2002). Sonrasında ortaya çıkan dördüncü nesil (4G), 3G'ye nazaran daha düşük gecikme süresi, gelişmiş ağ kapasitesi ve multimedya uygulamalarına sahiptir. Standartlaşma şartları olgunlaşan günümüzde kullanılan en güncel nesil de beşinci nesil (5G) sistemlerdir. Önceki ağlardan daha yüksek indirme hızına sahip, gelişmiş kapasite sunan; otonom arabalar, gelişmiş oyunlar gibi yüksek hızlı veri bağlantıları gerektiren teknolojiler 5G sistemleriyle mümkün olmaktadır. Elektronik haberleşme sistemleri geliştikçe ortaya çıkan her teknoloji arkasında kullanılmayan, değerlendirilemeyen ya da geri dönüştürülememiş elektronik atıkları meydana getirmektedir. Elektronik atıkların hem olumlu hem de olumsuz durumları mevcuttur. Elektronik atıklar içlerinde değerli metaller barındırmaktadırlar. Bu yüzden geri dönüştürülmeleri ya da geri dönüştürülen maddelerin kullanıma bir daha dahil edilmeleri ekonomik açıdan ciddi tasarruf oluşturmaktadır. Örneğin; bir ton altın cevherinden 5 gram altın çıkartılırken, 1 ton mobil telefondan 400 gram altın çıkartılabilmektedir (ITU-T, 2012, s.6). Ayrıca veri merkezi ekipman atıkları; dizüstü bilgisayarlar, küçük BT cihazlarından daha yüksek kaliteli geri dönüşüm malzemesi içermektedir (ITU & Weeeforum, 2020, s.20). Bu örnekler telekomünikasyon ekipmanlarında bulunan değerli malzemelerin önemini bir daha göstermektedir.

Dünyada atık sorunu giderek artmakta olduğundan çözüm için çalışmalar yapılmasının gerekli olduğu değerlendirilmektedir. Çünkü, atıklar dünyayı birçok farklı yönden etkilemekte olup; özellikle çevre ve insan sağlığı üzerinde etkileri bulunmaktadır. Bu noktada atık yönetimini sağlamak atılması gereken önemli bir adımdır. Atık yönetiminde temel prensip atıkların sıfır atık yönetimi kapsamında değerlendirilmesi

ve bu minvalde çalışmaya önem verilmesi şeklindedir. Dünyadaki bir diğer önemli sorun da iklim değişikliğidir. İklim değişikliğinin temel sebeplerinden biri de sanayileşen dünyada insanların çalışmalarından kaynaklanan sera gazı emisyonlarıdır. Dünya çapında Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin küresel sera gazı emisyonunun ayak izi günümüzde %1.5 ile %4 arasında olup, artması beklenmektedir (Bieser, 2023, s.1). Dünyanın en büyük mobil şirketlerini temsil eden GSMA 2019 yılında, mobil endüstriyi en geç 2050 yılına kadar net sıfır karbon emisyonuna taşıma hedefiyle çevresel etkileri ele almada önemli bir adım atmış olup, o zamandan bu yana sektörün çoğu karbon ayak izini azaltma hedefleri noktasında hareket etmektedir. Karbon ayak izinde payı olan elektronik haberleşme ekipmanları ve altyapı elemanları hakkında karbon ayak izini azaltma noktasında çalışmalar yapılması elzemdir. Daha sürdürülebilir ve daha dögüsel olma yolunda bu ekipmanların geri dönüştürülebilir olması ve geri dönüştürülebilir elemanlardan bir araya gelmesi önem arz etmektedir.

Çalışmanın birinci bölümünde genel olarak haberleşme sistemlerinden bahsedilmiş olup; haberleşme ile ilgili temel kavramlara değinilmektedir. 1G, 2G, 3G, 4G ve 5G haberleşme sistemlerinin ortaya çıkış sebepleri, sağladığı teknolojik faydalar ve özelliklerinden bahsedilmiştir.

Tezin ikinci bölümünde, atık kavramı ve çeşitleri detaylandırılıp aktarılmaktadır. Dünya’da bulunan bazı ülkelerin atıklara yaklaşımları ve atık yönetimleri incelenmiştir.

Üçüncü bölümde, elektronik haberleşme cihazlarının içerdiği malzeme ve ekipmanlar açıklanmıştır. Haberleşme ekipmanlarının içerdiği değerli malzemelerin geri kazanım yöntemleri ve süreçleri açıklanmıştır. Ayrıca karbon ayak izinin azaltılması, sıfır atık yönetimi ve önemi ile yeşil bilişime vurgu yapılmıştır.

Dördüncü bölümde, Bilgi teknolojileri ve haberleşme atıklarının uluslararası mevzuatı incelenmiştir. Bu minvalde uluslararası birlikler; ITU, ETSI, Avrupa Birliği ve telekomünikasyon otoritelerinin çalışmaları ile ARCEP, OFCOM ve TRAI’nin bu atıklarla ilgili oluşturdukları mevzuat çalışmaları aktarılmıştır.

Beşinci bölümde, Türkiye’deki atık genel olarak ele alınmış olup, bilhassa elektronik haberleşme atıkları üzerine yapılan çalışmalar ve mevzuat irdelenmiştir.

Sonuç ve öneriler kısmında yani son bölümde, uluslararası kuruluşların yayınları ve dünyada yapılan çalışmalar göz önünde bulundurularak elektronik haberleşme/telekomünikasyon atıklarının yönetimi üzerine yapılması gerekenlere ilişkin Kurumumuza yönelik önerilere yer verilmiştir.

1. ELEKTRONİK HABERLEŞME KAVRAMI

Elektronik haberleşme, 5809 sayılı Elektronik Haberleşme Kanunu'nda "Elektriksel işaretlere dönüştürülebilen her türlü işaret, sembol, ses, görüntü ve verinin kablo, telsiz, optik, elektrik, manyetik, elektromanyetik, elektrokimyasal, elektromekanik ve diğer iletim sistemleri vasıtasıyla iletilmesini, gönderilmesini ve alınmasını ifade eder" şeklinde tanımlanmıştır.

1.1. Haberleşme Sistemleri

Haberleşme türleri iletim sinyallerine ve iletim ortamına göre iki bölümde incelenebilecektir:

- İletim sinyallerine göre, analog haberleşme ve sayısal haberleşme
- İletim ortamına göre, kablolu haberleşme ve kablosuz haberleşme (Ceylan, 2020).

İletim Sinyallerine Göre Haberleşme

İletim sinyallerine göre haberleşme, analog haberleşme ve sayısal haberleşme olarak ikiye ayrılmaktadır.

Analog Haberleşme

Bilginin sürekli sinyallerin modülasyonu ile iletiildiği iletim türüdür. Klasik telefonlarda bulunan sinyaller analog gönderilmekte olup, bazı radyo ve televizyonlarda analog iletişim kullanılmaktadır (Ceylan, 2020).

Özellikleri

- Maliyeti azdır
- Bant genişliği azdır
- Bozulmalara duyarlı olup, veri kaybı çoktur.

Sayısal Haberleşme

İkili sayılarla (1,0) kodlanıp uygun gerilimle aktarılmaktadır. Sayısal haberleşmede işaretler bir zaman aralığının tamamı yerine yalnız belirli zaman anlarında tanımlanmakta ve sadece belirli değerleri alabilmektedir (Ceylan, 2020).

Özellikleri

-Maliyeti yüksektir

-Yüksek frekansın iletilebilmesi için yüksek bant genişliğine ihtiyaç duymaktadır çünkü hızlı genlik geçişleri vardır.

- Şifrelenebilme özelliğinden dolayı veri iletimi güvenli bir şekilde yapılmaktadır.

İletim Ortamına Göre Haberleşme

İletim ortamına göre haberleşme, kablolu haberleşme ve kablosuz haberleşme olarak ikiye ayrılmaktadır.

Kablolu Haberleşme

Bu haberleşmede iletim ortamı olarak bakır kablo, koaksiyel kablo ve optik fiber kullanılmaktadır. Bu kablo türlerinden optik fiberlerin tercih edilmesinde önemli özellikleri etkili olmuştur. Bunlar; hammaddesi silisyum olması ve doğada bol miktarda bulunması, bant genişliği büyük olduğundan kapasitesinin fazlalığı, elektromanyetik olaylardan etkilenmemesi, kapladığı yerin az olması, maliyet düşüklüğüdür. Optik fiberlerin kullanıldığı alanlar; kablolu televizyon sistemleri, akıllı binalar, veri iletimi, tıp ve askeri uygulamalar gibi alanlardır (Ünverdi & Ünverdi, 2013).

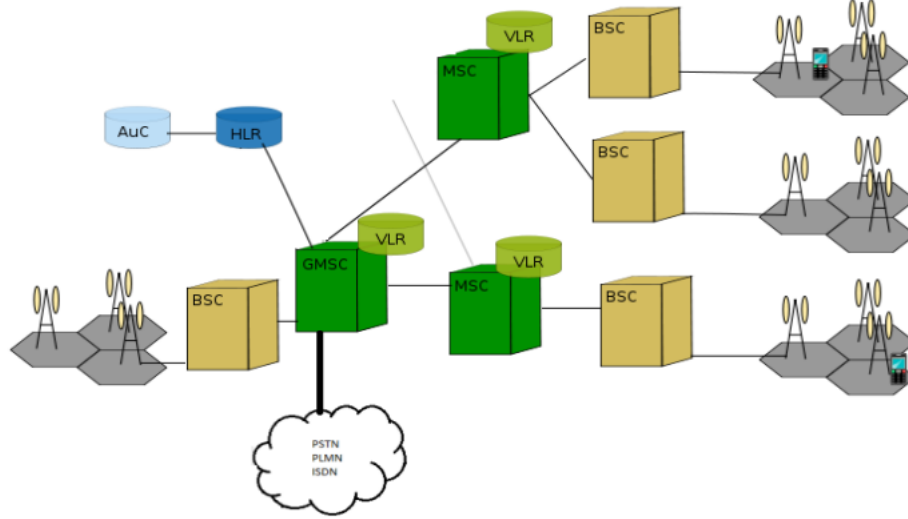
Kablosuz Haberleşme

Herhangi bir kablolu iletken olmadan iki veya daha fazla nokta arasında bilgi aktarımı olmaktadır. Örneğin radyo gibi en yaygın olan kablosuz iletişim teknolojileri elektromanyetik haberleşme yöntemlerini kullanmaktadır (Can, 2017).

1.2.Hücresel Haberleşme Sistemleri

Hücresel haberleşmede anahtarlama ve transmisyon olmak üzere iki temel yapı bulunmaktadır. Anahtarlama sinyalin gideceği yönü doğru bir şekilde tayin etme görevini yaparken; transmisyon sinyalin bir noktadan başka bir noktaya taşınmasında görev yapmaktadır. Hücre sistemi incelendiğinde hücrelerde BTS, BTS' lerin bağlandığı BSC, BSC' lerin bağlandığı MSC vardır. MSC' ler iç yapısında HLR, VLR, AUC, EIR (MS Bilgileri Veritabanı :Equipment Identity Register) bulundurmakta ve G-MSC hücresel ağı diğer şebekelerle ara yüzünü meydana getirmektedir (Gürbüz, 2012, s.11). GSM sisteminde sinyalin aktarımındaki aşamalar Şekil 1.1' de belirtilmektedir.

Şekil 1. 1. GSM Sinyal Yolculuğu



Kaynak: Gürbüz, 2012

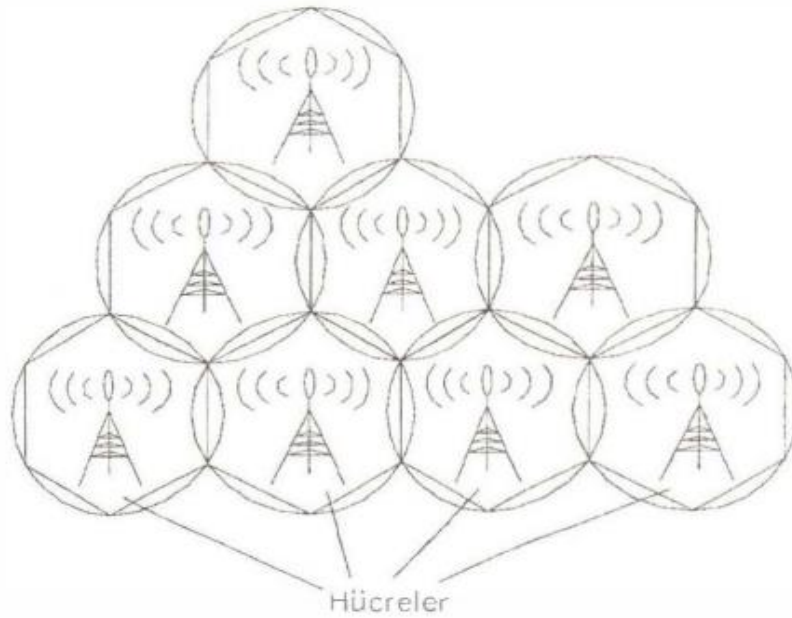
1.3. Mobil Elektronik Haberleşme Şebekeleri Elemanları

Mobil elektronik haberleşme şebekelerinde kullanılan ekipmanları; baz istasyonu, anten ve çeşitleri, cep telefonları, TV ve radyo vericileri olarak aşağıda incelenmektedir.

1.3.1. Baz İstasyonları

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu “Baz istasyonları; alıcı, verici ve güç ünitelerinden oluşan kabin ile sinyalleri yaymak için kule, direk, çatı, bina yüzeyleri vb. yerlere kurulan anten ünitelerinden meydana gelen ve mobil cihazlar ile haberleşmeyi sağlayan sistemlerdir” olarak ifade etmiştir. Hücresel haberleşme; hizmet verilecek coğrafik alanı tek ve güçlü bir baz istasyonla beslememektedir, onun yerine küçük ve kapsama alanı düşük olan baz istasyonlarıyla beslemektedir (Geylani vd., 2016, s.608). Şekil 1.2 ‘de hücresel yapı gösterilmektedir.

Şekil 1. 2. Hücresel Yapı



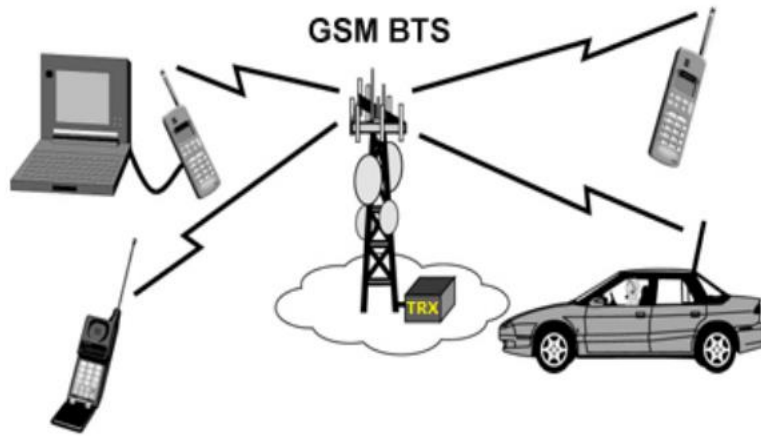
Kaynak: Gökrem & Ferikoğlu, 2003

Her hücrede baz istasyonu kullanılmaktadır ve mevcut bant genişliğinin bir bölümü de bu baz istasyonuna verilmektedir (Rappaport, 2002, s.439-440). BTK tarafından,

baz istasyonlarının, mobil cihazlarla iletişim sağlamak amacıyla kurulmakta olduğu, baz istasyonlarının kapsama alanında olmayan yerlerde mobil iletişim kurmanın mümkün olmadığı belirtilmektedir.

Özetle; hücresel haberleşmede, mobil cihazdan çıkacak olan bir sinyal, baz istasyonu üstünden önce yerel bir santrale yönlendirilir. Buradan bölgesel santraller vasıtasıyla aramanın sonlanacağı mobil cihazın yer aldığı baz istasyonuna ulaştırılır. İşlem esnasında hedef mobil cihazın yer tespiti, aramanın kurulması, mobil cihazın hareket halindeyken bir baz istasyonundan diğer baz istasyonuna aktarımı (handover) gibi sinyalleşmelerin ve santrallerin kontrolünün yapıldığı sistem çekirdek şebeke olarak adlandırılmaktadır. Sinyallerin ağ içerisinde kablolu ya da kablosuz olarak verimli olacak şekilde iletimi sağlayan sisteme ulaştırma şebekesi (transmisyon) denmektedir (Gürbüz, s.13). Şekil 1.3'te baz istasyonundaki ağ yönetim sisteminin genel şeması belirtilmektedir.

Şekil 1. 3. Ağ yönetimi



Kaynak: Gürbüz, 2012

1.3.2. Anten

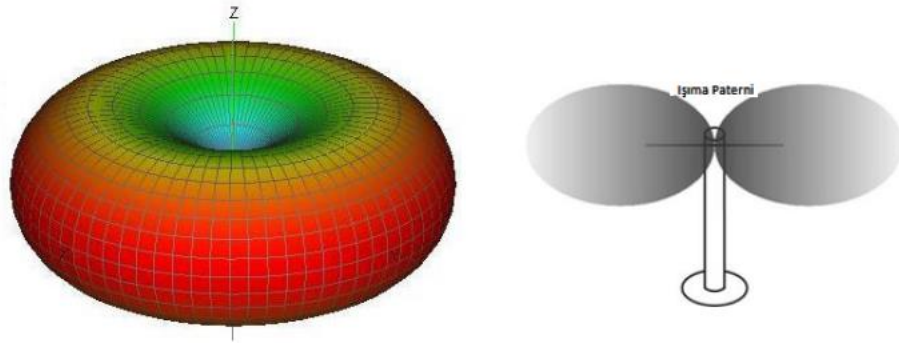
Elektromanyetik dalgaları alır ve yayar. Akım değişimini elektromanyetik dalgaya dönüştürür (ve tersi) boyut ve şekli gönderilen sinyalin kullanım amacına ve frekansına göre değişir (Gürbüz, s.14). Bir antenin gönderici ve alıcı özellikleri

aynıdır. Buna antenlerin karşılıklık özelliği denmektedir. İki yönlü iletişimde, aynı anten göndermede de almada da kullanılmaktadır (Öner, 2015, s.1).

1.3.3. Dipol Anten

Yönü ve kazancı olan düz metal iletken antene denir (Eski tip TV antenleri). İzotropik antene kıyaslandığında 2,15 dB (2.15 dBi) kazancı vardır. Dipol anten omnidirectional bir antendir ve ışınım örüntüsü Şekil 1.4' teki gibidir. Anten 15 doğrultusunda sıfır, anten doğrultusuna dik noktalarda en yüksek seviyesinde olmaktadır. Dipol anten EM ışınım yaparken etrafında üç alan oluşturmakta olup, birinci alan reaktif yakın alan, ikinci alan ışınım yakın alan (Fresnel) ve üçüncü alan uzak alan (Fraunhofer) olarak adlandırılmıştır (Gürbüz, s.14). Dipol anten ve ışınım diyagramı Şekil 1.4'te gösterilmektedir.

Şekil 1. 4. Dipol Anten ve Işınım Diyagramı

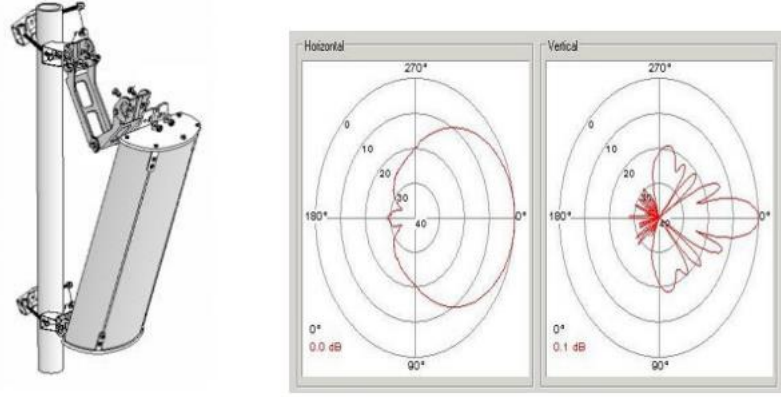


Kaynak: Kraus & Marhefka, 2002

1.3.4. Sektör Anten

Kazancı ve yönü olup, mobil elektronik haberleşme şebekeleri baz istasyonlarında kullanılmaktadır. Yönlü antenin (sektör) ışınımının yayılma doğrultusunu gösteren detaylar Şekil 1.5'te belirtilmektedir.

Şekil 1. 5. Sektör Anten ve Işıma Diyagramı

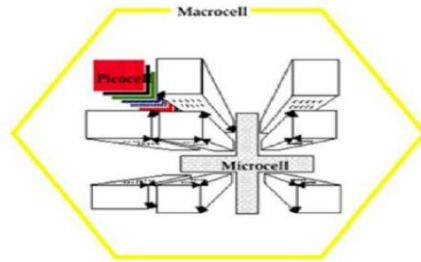


Kaynak: Kraus & Marhefka, 2002

1.3.5. Site ve Hücre

Bir baz istasyonu anten sistemi tarafından radyo kapsamı verilen en temel birim, site (saha)'dır. Bir saha bir veya birden fazla hücreden oluşmaktadır. Trafik yoğunluğuna, coğrafi şartlara, nüfusa dayanarak seçilen bu hücreler çeşitli isimler almaktadırlar (Gürbüz, s.15-16). Hücre yapı ve türleri Şekil 1.6'da verilmektedir.

Şekil 1. 6. Hücre Yapısı



Kaynak: Gürbüz, 2012

Makrocell: Bu sistem insan yaşamının az olduğu yerlerde 35 km'lik bir mesafede etkinlik göstermektedir.

Mikrocell: Geniş alanları kapsayan ve özellikle trafik yoğunluğunun düşük olduğu şehir içerisinde kullanılmaktadır (Sayı, 2020, s.15).

Smallcell: Bina içerisinde yer alan, birkaç watt güçle çalıştırılabilen istasyonlardır. Hem iç mekanlarda hem dış mekanlarda duvar ve tavanlara monte edilebilmektedirler. Smallcell'ler boyutlarına göre femtocell, picocell ve microcell olarak adlandırılmaktadır (Tokel, 2022).

1.3.6. Radyo Vericileri ve TV

Radyo vericileri ve televizyon radyo frekansı üzerinden yayın yapmaktadırlar. Kapsama alanlarını genişletmek için yüksek radyo frekansı gücü gerektirmektedir. Radyo vericileri ve televizyon antenlerinden yayılan radyo frekansı enerjisi; sürekli ve güçlü bir kaynaktır. Yayılan enerji; saha tipine, kullanılan antene, güce, antenin yüksekliğine ve antenle olan mesafeye göre değişiklik göstermektedir (Önlü, 2022, s.31).

1.4. Hücresel İletişim Teknolojileri

Giderek artan kullanıcı sayısı, daha yüksek kapsama alanı, veri hızı, mobilite gibi durumları desteklemek için hücresel iletişim gelişmesine ihtiyaç duyulmuştur (Mustari vd., 2024, s.3). Hücresel iletişim teknolojilerinden 2G ağ yapısı; kullanıcı ekipmanları (mobil istasyon), baz istasyonu alt sistemleri, taşıyıcı ağlar ve çekirdek ağlardan oluşmaktadır. Baz istasyonu alt sistemleri ise BTS (Baz alıcı-verici istasyonu) ve BSC (Baz istasyon Denetleyicisi)'den oluşmaktadır. 3G ağ yapısında, var olan ekipmanlara ek olarak ayrı baz ünitesi ve radyo frekansına sahip baz istasyonu söz konusudur. Bu sistemin temel bant kısmına BBU, radyo ünitesine RRU denmektedir. 4G ağ yapısına bakıldığında zaman geleneksel baz istasyonunun yerini BBU+RRU+anten modu almaktadır. 5G ağ yapısında ise 4G'den farklı olarak, baz istasyonları CU (merkezi birim) ve DU (dağıtılmış birim) olarak ayrılmaktadır. Ayrıca 5G' de RRU ve pasif anten tek bir antene entegre edilmektedir ve bu ünite AAU (aktif anten işlem ünitesi) olarak adlandırılmaktadır (Ycict, 2024).

1.4.1. Birinci Nesil 1G

İlk nesil kablosuz iletişim teknolojisi olan bu sistem 1980'lerin ortalarında kullanılmaya başlanmıştır. Bu nesil, analog teknoloji ile çalışan kablosuz telefonları içermektedir (Atmaca, 2009, s.9). İletişim, Frekans Modülasyon (FM) ya da Genlik

Modülasyonu (GM) teknikleriyle oluşturulmaktadır. Sistemin çalışma prensibinde analog sinyaller radyo dalgalarına dönüştürülmekte ve kablosuz olarak iletilmektedir (Mustari vd., s.5).

1.4.2. İkinci Nesil 2G

1990 yılında sayısal hücreler aracılığıyla ikinci nesil sistem oluşturulmuştur. İkinci nesil sistemler frekans paylaşmalı, zaman paylaşmalı ve kod paylaşmalı çoklayıcı erişim tekniklerine göre gruplandırılmaktadır. Zaman paylaşmalı çoklayıcı erişiminde spektrum aynı frekans aralığında farklı zamanlarda erişim mümkün olmakta iken frekans paylaşmalı çoklayıcı erişiminde farklı frekans aralıklarına ayrılmakta ve her bir aralığa bir kullanıcı erişim sağlayabilmektedir. İkinci nesil hücresel sistemler Avrupa'da GSM olarak adlandırılmaktadır. Kendi içinde 2.5G (GPRS) ve 2.75G (EDGE) yenilikleri mevcut olup Mobil telefon 900/1800/1900 Protokolleri mevcuttur (Erkan, 2005, s.20-26).

1.4.3. Üçüncü Nesil 3G

Cep telefonu, smart telefon gibi gezgin terminallere yüksek hızlı internet erişimi, hareketli resim iletimlerinde yüksek hız ve bant genişliği gerektiren hizmetlerin ISDN, DSL gibi sabit şebeke kalitesinde iletebilmek amacıyla tasarlanan hücresel haberleşme standartlarının ve teknolojisinin genel adına üçüncü nesil haberleşme sistemi denir (Akdağlı, 2008, s.67). 3G ve 2G birbirini tamamlayan teknoloji olarak kullanılmışlardır.

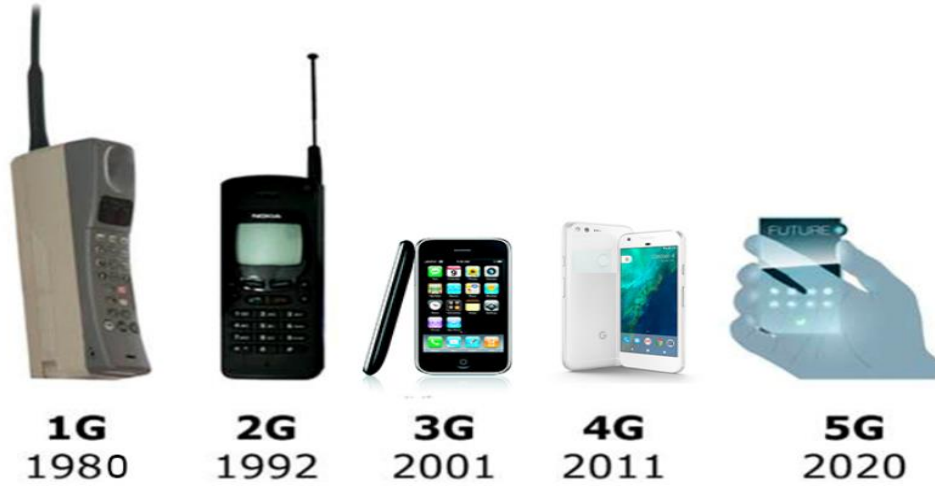
1.4.4. Dördüncü Nesil 4G

4G, 2000'lerin sonlarında meydana çıkmaktadır. 4G' den sonra veri hızları daha da artmış, ağ kapasitesi ilerlemiş, gecikme süresinin kısalmasıyla kendinden önceki 3G'den sonraki basamak olarak belirtilmektedir (Mustari vd., s.6). 4G, kablosuz sistem WIMAX ve LTE olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. WIMAX, çoğunlukla Amerika'da herkesçe kabul edilmiş ve dünyada öncü olarak hem sabit hem de mobil çalışmalarını gerçekleştirmiştir. Öte yandan LTE, Avrupa'da başlamış olup, günümüzde var olan 3G haberleşmesinin ilerdeki kullanımı olarak gerçekleştirilmiştir (Demircioğlu & İmeci, 2010, s.3).

1.4.5. Beşinci Nesil 5G

Beşinci Nesil sistemler, taşınabilir ağların ortaya çıkardığı çalışmaların her geçen gün ilerleyen gereksinimlerin giderilmesi ve haberleşme sistemlerini her tarafa yayarak “nesnelere” iletişim özelliğinin iletilmesi amaçlanmaktadır. Çünkü, son zamanlarda ağla çalışan aygıtların sayısı artmakta ve bununla beraber veri trafiği yükselmektedir. 5G’de uygulanacak güncel sistemler, günlük hayatımızın tüm noktasında 5G’nin erişilebilirliğini göstermekte olup, birçok sektörün de faydalanılabileceğini belirtmektedir (Acarer, 2018, s.145). Şekil 1.5’ te gelişen teknolojilere karşılık gelen cep telefonları gösterimi verilmektedir.

Şekil 1. 7. Cep Telefon Teknolojilerinin Tarihsel Gelişimi



Kaynak: İkizoğlu, 2019

1.5. Bölüm Değerlendirmesi

Çeşitli türlerde ifade edilen haberleşme en basit haliyle; bir göndericiden alıcı ya da alıcılara yapılan bilgi aktarımı olarak tanımlanabilmektedir. Haberleşme kendi içinde iletimin sinyaline göre analog ve sayısal; iletim ortamına göre ise kablolu ve kablosuz haberleşme olarak ayrılabilir. Eskiden kablosuz haberleşme ağları daha çok ses

iletimi amaçlı olup, günümüzde haberleşme sistemleri, kablosuz cihazlar için yüksek kaliteli, düşük gecikmeli iletim ve multimedya uygulamaları sunmaya çalışmaktadır. Elektronik haberleşme temelde; elektriksel işaretlere dönüştürülebilen her türlü verinin kablo, elektromanyetik, elektrik vs. iletim sistemleri yoluyla iletilmesi ve alınmasını sağlamaktadır. Hücresel haberleşme sistemleri, kablosuz iletişim teknolojilerindeki en önemli gelişmelerdendir. Hücresel haberleşme sistemleri birinci nesil sistemlerden başlayarak sürekli ilerleme kaydedip gelişmekte olan bir sistemdir. İlk hücresel haberleşme sistemi olan 1G (Birinci Nesil) 1980'lerin ortalarında kullanılmaya başlanan ilk kablosuz haberleşme olup analog ses sinyallerini kullanarak kablosuz telefon hizmeti sunmuştur. Bir diğer hücresel haberleşme sistemi 2G (İkinci Nesil), 1990 yılında sayısal hücreler aracılığıyla oluşturulan ve GSM olarak bilinen teknolojidir. Kendi içinde 2.5G (GPRS) ve 2.75G (EDGE) yenilikleri mevcut olup, mobil telefon 900/1800/1900 Protokolleri mevcuttur. Üçüncü nesil haberleşme olan 3G uygun terminallerle beraber ses, görüntü ve verinin yüksek hızlarda daha geniş bat frekanslarıyla aktarılmasına imkân tanımıştır. Yapı olarak 3G ya da UMTS 2G'ye rakip olarak çıkmamıştır. 3G ve 2G'nin ara bağlantı yapmış olması da bu durumu açıklamaktadır. Söz konusu 2G ve 3G birbirini tamamlayan teknoloji olarak kullanılmışlardır. 2000'lerin sonlarında ortaya çıkan kablosuz iletişimin dördüncü yinelemesi 4G'dir. Daha yüksek veri hızı, gelişmiş ağ kapasitesi, daha düşük gecikme süresi ve multimedya uygulamaları için gelişmiş bir destek sağlamaktadır. 4G iki temel standart üzerine oturtulmuştur. Bunlardan biri olan WIMAX (Mikrodalga Erişimi için Dünya Geneline Müşterek Çalışma) daha çok Amerika'da standartlaşmış ve dünyada ilk defa hem mobil hem de sabit uygulamaları başarıyla gerçekleştiren sistemdir. Diğer 4G teknolojisi ise olan LTE (Uzun Vadeli Evrim) Avrupa'da başlamış ve 3G sistemlerinin gelecek nesil uygulaması olarak gerçekleştirilmiştir. Günümüzde standartlaşma çalışmaları olgunlaşan ve servis sağlayıcıları tarafından piyasaya sunulan en güncel hücresel haberleşme sistemi beşinci nesil (5G) sistemlerdir. 5G sistemleri günümüz baz istasyonlarından daha fazla sayıda antene ihtiyaç duyacaktır. Bu nedenle diğer bir 5G teknolojisi olan yoğun MIMO teknolojisi oluşturulmuştur. 4G baz istasyonları antenlerinde bulunan bağlantı noktası sayısına nazaran çok daha fazla sayıda bağlantı noktası destekleyebilen 5G baz istasyonlarında çok daha fazla anten tek bir anten dizisine yerleşebilecektir. Bu teknolojiyle bir baz istasyonu, aynı anda

çok daha fazla kullanıcıdan veri gönderip alabilmektedir. Bu gelişmeler ışığında her ne kadar teknolojik faydalar sağlansa da yeni gelen her bir teknoloji bir öncekini geride bıraktığından eski teknolojilerden kalan ekipmanların artması uzun vadede atık oluşumuna sebep olmaktadır. Bu minvalde yeni gelen her teknolojiyle beraber önceki teknolojilerin atık yönetiminin yapılması, sürdürülebilirlik açısından ciddi önem taşımaktadır.

2. ATIK VE YÖNETİMİ

2.1. Atık

Atık kavramı ülkemizde ilk kez 09.08.1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanunu'nda "*herhangi bir faaliyet sonucunda çevreye atılan ya da bırakılan zararlı maddeler*" olarak ifade edilmiştir (RG, 11 Ağustos 1983, Sayı 18132).

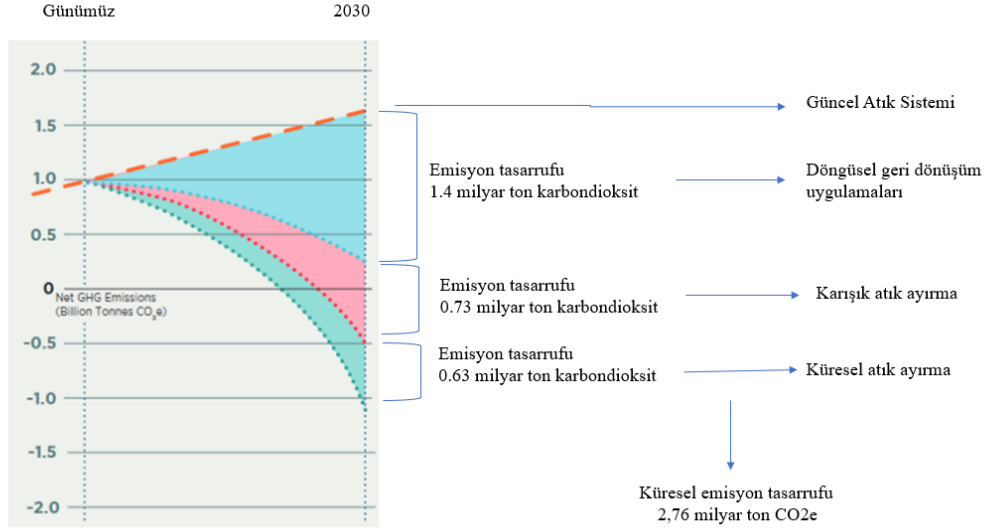
Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB) tarafından kabul edilen Atık Yönetimi Yönetmeliği'nde ise atık "*Üreticisi veya fiilen elinde bulunduran gerçek veya tüzel kişi tarafından çevreye atılan veya bırakılan ya da atılması zorunlu olan herhangi bir madde veya materyal*" olarak tanımlanmaktadır (RG, 2 Nisan 2015, Sayı 29314). Türk Dil Kurumu (TDK)' na göre ise atık üretimden tüketime kadar tüm aşamalarda ortaya çıkan ve kullanıcının artık işine yaramayan maddelerin tamamı; hastane, ev, fabrika vb. yerlerde kullanılmış, artık işlenemez veya çevre için zarar oluşturan her türlü madde olarak tanımlanmıştır (TDK, 2023).

Atıkları belirlerken sınıflandırılması ve atık yönetimi kurallarına uygun bir şekilde yapılması gerekmektedir. Çünkü atıklara bu şekilde yaklaşım, döngüsellik ve sürdürülebilirlik açısından önemli olup aynı zamanda doğaya salınan karbon ayak izini azaltmada da yardımcı olmaktadır.

Şekil 2.1'de atıkların kaynağında ayrı ayrı toplanması ve geri dönüşümü, lineer ekonomiden döngüsel ekonomiye geçiş ve bakiye atıkların (kabul edilen atıklardan işlenemeyen veya işleme sonucunda geriye kalan atıklar) değerlendirilmesi ile, 2030 yılına kadar, küresel ölçekte sırasıyla yılda 1,7 milyar ton CO₂, 730 milyon ton CO₂, 630 milyon ton CO₂ ve toplamda 2,76 milyar ton CO₂ salımı azaltımı sağlanacağı düşünülmektedir (MNE Proje, 2021, s.19).

Şekil 2. 1. Atık Yönetimi ve Sera Gazı Salım Azaltma

Belediye Atıklarının Sera Gazı Emisyonlarına İlişkin 2030 Senaryosu
Dünya Bankası projeksiyonlarına göre %30 artış (biyojenik CO₂ hariç)



Kaynak: MNE, 2021.

2.2. Atık Çeşitleri

Atıklar; evsel atıklar, endüstriyel atıklar, tıbbi atıklar, tehlikeli ve tehlikesiz atıklar, inşaat ve yıkıntı atıkları, e-atık gibi alt kategorilere ayrılmaktadır (Bilgili, 2020, s.90-91).

2.2.1. Evsel Atıklar

Evsel atıklar, genel olarak çöp olarak ifade edilmekte ve çoğunlukla zararsız atık olarak kabul edilmektedir. Bu atıklar, toplam katı atıklar içinde en çok orana sahiptir ve kontrol altına alınabilirler. Başlıca evsel atıklar şunlardır:

- Mutfak çöpleri
- Park ve bahçe atıkları
- Sokak süprüntüleri
- Pazaryeri atıkları
- Ofisler ve ticari bölgeler
- Resmi daire, kamu kurumlarından kaynaklanan atıklar (Er, 2012, s.18).

2.2.2. Endüstriyel Atıklar

Endüstriyel işlemler sırasında ve/veya endüstriyel işlemler sonucunda oluşan atıklara denir. Çevrenin ve doğal kaynakların korunması açısından arıtma tesisi ve geri kazanım uygulamaları önem arz etmektedir.

2.2.3. Tıbbi Atıklar

Hastane vb. sağlık kuruluşlarının çalışmaları sonucunda meydana gelen atıklara denir. Tıbbi atıklar önceden önden tahmin edilemeyen atıklar olduğundan, anlık azalmalar haricinde sıfırlanması asla beklenmemektedir. Bu yüzden atık yönetimi çeşitlerinden çoğunlukla bertaraf yöntemi uygulanması gerekmektedir (Er, s.19). Aşağıda bulunan Şekil 2.2’de Türkiye’deki 2021 yılında tıbbi atıkların diğer atık türlerine göre oranları verilmiştir. Şekilde belirtildiği gibi tıbbi atıklar %47 oranında olup özel atıklar içinde 2021 yılında en büyük payı almıştır.

Şekil 2. 2. Türkiye 2021 Yılı Atık Grupları Bazında Dağılım (%)



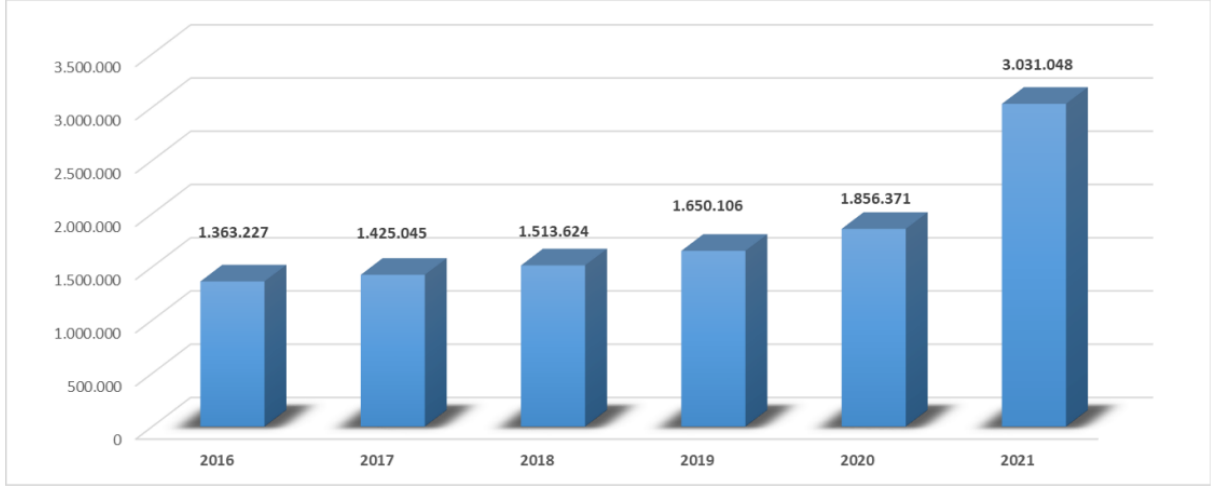
Kaynak: ÇŞİDB, 2021

2.2.4. Tehlikeli Atıklar

Her türlü kentsel ve üretim faaliyeti sonucunda ortaya çıkabilen diğer bir madde ile etkileşimi sonucu zararlı ve tehlikeli olabilen atık maddelere denir. Tehlikeli atıklar atık bileşenlerinin kısmen azaltılması, sanayi faaliyetlerindeki değişikliklerle sıfırlanabilmesiyle mümkün olabilmektedir. Sıfırlanamayacak tehlikeli atıklar için

yapılacak çalışma uygun bertaraf tesislerine gönderilmesinin sağlanmasıdır (Er, s.20). Şekilden de anlaşılacağı üzere son yıllarda tehlikeli atık miktarı giderek artmakta kalmamış 2021 yılında bir önceki yıla göre nerdeyse iki katına çıkmıştır.

Şekil 2. 3. Türkiye’ deki 2016-2021 Yılları Arasında Tehlikeli Atık Miktarı (Ton)



Kaynak: ÇŞİDB, 2021

2.2.5. İnşaat ve Yıkıntı Atıkları

Bina yapımı, yol yapımı, restorasyon çalışmaları vb. sırasında ortaya çıkan atıklara denir. İnşaat sektöründe değerlendirilmesi mümkün atıklar; mermer, kül ve cüruf, beton, asfalt ve ahşaptır (Bayram vd., 2012, s.109-110).

2.2.6. Elektronik Atık

Elektrikli ve elektronik cihaz ve aletlerin kullanıcısı için kullanım değeri kalmayan ya da kullanım ömrünü tamamlayan ürünler elektronik atık olarak adlandırılabilir (Yılmaz, 2006, s.1). Dünya genelinde her yıl on milyonlarca elektronik atık oluşmaktadır. Birleşmiş Milletler e-atıkların bu denli hızlı artışı nedeniyle, e-atıkları dünyanın en hızlı büyüyen atık yığını olarak tanımlamaktadır (İSO Yeşil Blog, 2021). Şekil 2.4’ te genel bir elektronik atık yığını gösterilmektedir.

Şekil 2. 4. Elektronik Atıklar



Kaynak: İSO Yeşil Blog, 2024

Elektronik atıklar yapı itibarıyla tehlikeli atık sınıfına girerler. Elektronik atıklar parçalandıklarında, yakıldıklarında ya da kimyasal işleme tabi tutulduklarında kurşun, kadmiyum, cıva, gibi zehirli maddeler ortaya çıkabilmektedirler (Akın & Kuru, 2011, s.3). Ancak ekonomik açıdan da yüksek değer arz eden önemli bir atık grubudur. Elektrikli ve elektronik eşyalar denildiğinde ilk akla gelen bilgisayar, cep telefonu, televizyon, beyaz eşyalar ve küçük ev aletleridir. Bu ürünlerin kullanım ömrü dolduğunda bütün bileşenleri e-atık olarak adlandırılmaktadır (Akpulat, 2020, s.7).

E-atıklar kendi içinde birçok farklı alt kategoriye ayrılan atık türleridir. Avrupa Birliği (AB) Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyalar (AEEE) Direktifi kapsamına giren e-atıklar on sınıfa ayrılmaktadır (2012/19/AB Yönetmeliği, 2012). Bunlar;

- Büyük ev aletleri
- Küçük ev aletleri
- BT ve telekomünikasyon ekipmanları

- Tüketici ekipmanları ve fotovoltaik paneller
- Aydınlatma ekipmanları
- Elektrikli ve elektronik aletler (büyük ölçekli sabit endüstriyel aletler hariç)
- Oyuncaklar, eğlence ve spor ekipmanları
- Tıbbi cihazlar (tüm implante edilmiş ve enfekte ürünler hariç)
- İzleme ve kontrol araçları
- Otomatik dağıtıcılar

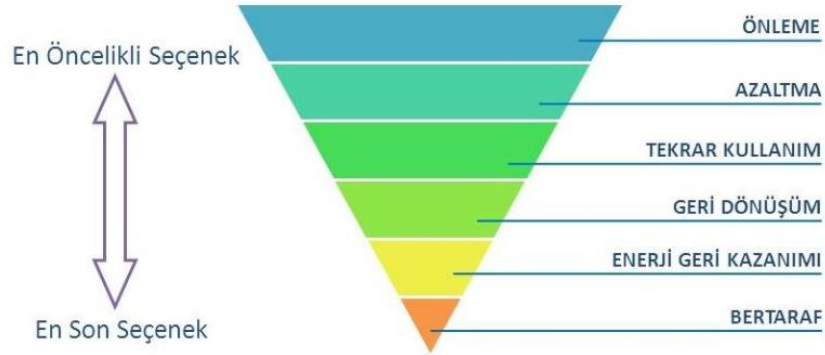
2.3. Atık Yönetimi

Atık yönetimi; atığın oluşumunun önlenmesi, kaynağında azaltılması, yeniden kullanılması, özelliğine ve türüne göre ayrılması, biriktirilmesi, toplanması, geçici depolanması, taşınması, ara depolanması, geri dönüşümü, enerji geri kazanımı dâhil geri kazanılması, bertarafı, bertaraf işlemleri sonrası izlenmesi, kontrolü ve denetimi faaliyetlerini kapsar (RG 2 Nisan 2015, Sayı 29314). Atık yönetimin amacı atıkların minimum olması için yapılan bir sınıflandırmadır. Atık Yönetim Stratejileri aşağıdaki gibidir;

- ✓ Önleme
- ✓ Azaltma
- ✓ Tekrar Kullanım
- ✓ Geri Dönüşüm
- ✓ Geri Kazanım
- ✓ Bertaraf

Atık yönetim sıralaması Şekil 2.5’ de belirtilmekte olup en öncelikli seçenek olarak “önleme” basamağı yer almakta olup en son seçenek olarak da “bertaraf” basamağı yer almaktadır. Çünkü burada önemli olan mümkün merteye atık çıkmasını önlemektir. Eğer atık varsa da azaltma yoluna gitmek, tekrar kullanıma, geri dönüşüme, mümkünse enerji geri kazanımına olanak sağlamak öncelikli olarak atık yönetiminin temel prensipleridir.

Şekil 2. 5. Atık Yönetim Hiyerarşisi



Kaynak: ÇŞİDB, 2020

2.3.1. Önleme

Önleme basamağı sıfır atık yönetiminde de en önemli basamaktır. Atıkları önleme, birçok avantaja sahip olan bir basamaktır. Amacında enerji geri kazanımına gelmeden önce atıkların toksikliğini azaltmak vardır. Atık önleme, meydana gelen atığı çevre ve toplum sağlığı üzerine etkisini azaltma bakımından da önem taşımaktadır. Atıkların önlenmesi; ürünler oluşturulurken kullanılan malzemenin azaltılması ve ürünlerin kullanım verimliliği artırılarak sağlanması ile mümkündür. Yani önleme basamağında ürünü elden çıkarmak yerine, yeniden kullanabilme, elde edebilme şeklinde yaklaşma biçimidir. Bu şekildeki bir yaklaşım birçok sektörü olumlu anlamda etkilemiş olacaktır (Avrupa Komisyonu, 2012).

2.3.2. Azaltma

Atıkların azaltılması, atığın miktar, hacim ve toksik özelliklerinin azaltılması demektir (Zwia, 2024). Azaltma stratejisi sıfır atık yönetimiyle benzerlik gösterebilir ancak amaç burada atıkları tamamen ortadan kaldırmak değil azaltmaktır. Azaltma sürecinde özel üretim ve işletim sırasında atıklar çıkmaya devam etmektedir (Er, s.17).

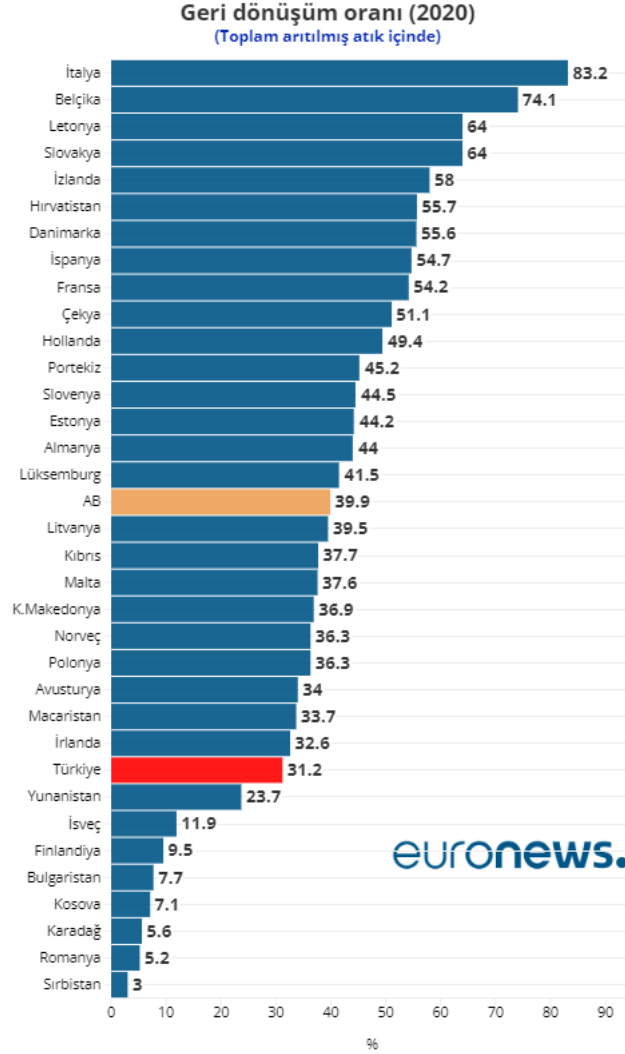
2.3.3. Tekrar Kullanım

Tekrar kullanma, gelişmekte olan ÷lkelerde uygulanan bir yöntemdir. Burada atık maddenin formunda kayda değer bir değişim olmamakla beraber madde tekrar kullanılabilir. Tekrar kullanım yeni bir kullanım için de uygulanmaktadır. Tekrar kullanımın başlıca faydaları, enerji tasarrufu, tüketim ihtiyaı azaldığından oluşan kirliliğin azalması, ekonomik tasarruf, sera gazı emisyonunun azalması gibi hususlardır (EPA, 2024).

2.3.4. Geri Dönüşüm

Organik maddelerin tekrar işlenmesi dahil atıkların işlenerek asıl amacı ya da diğer amaçlar doğrultusunda ürünlere, malzemelere ya da maddelere dönüştürüldüğü işlemlere geri dönüşüm denir. Geri dönüşümde, ürün ve bileşenlerin özellikleri kaybolmaktadır (Karaçay, 2005, s.323). Avrupa Birliği ve Türkiye'deki geri dönüşüm Eurostat (Avrupa İstatistik Ofisi) 2020 raporlarında yer almakta olup Şekil 2.6' da rapor sonucuna yer verilmiştir. Rapora göre geri dönüşümde İtalya %83,2 oranı ile en yüksek sırada olup, Sırbistan %3 ile en düşük sıradadır. Ülkemiz ise geri dönüşüm %31,2 oranındadır.

Şekil 2. 6. AB ve Türkiye'deki Atık Geri Dönüşüm Oranları



Kaynak: Euronews, 2023

2.3.5. Geri Kazanım

Geri kazanımı, Atık Yönetimi Yönetmeliği'nde "Piyasada ya da bir tesiste kullanılan maddelerin yerine ikame edilmek üzere atıkların faydalı bir amaç için kullanıma hazır hale getirilmesinde yer alan ve ek-2/B'de listelenen işlemleri ifade eder", olarak tanımlanmıştır. İklim değişikliği, kaynakların tükenmeye başlaması ve bu durumun insan hayatı üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı atık yönetiminin dikkate alınması kaçınılmaz olmuştur. Bu yüzden atıklar azaltılmalı, mümkünse atıkların enerji veya materyal olarak geri kazanımı sağlanmalıdır.

Söz konusu atıkların azaltılması gerekliliğinden temiz teknoloji ile üretilen ürünler geri dönüştürülebilir şekilde tasarlanabilmektedir ve böylece geri dönüşüm daha kolay ve daha az zaman alabilecek şekilde elde edilmiş olabilmektedir.

Ülkemizde, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Atık İstatistikleri Bülteninde “2021 yılında geri kazanım amacıyla atık işleme tesislerine gönderilen atık miktarı 17.569.247 ton, bertaraf edilmek üzere atık işleme tesisine gönderilen atık miktarı ise 14.017.774 ton olarak gerçekleşmiştir. Yıl sonu itibarıyla tesiste stok olarak tutulan atık miktarı 837.222 ton, ihraç edilen atık miktarı ise 242.731 ton olarak gerçekleşmiştir” olarak ifade edilmiştir (ÇŞİDB, 2021, s.4).

Tablo 2. 1. Atık İşleme Yöntemine (*) Göre Atık Miktarı (Ton)

Yıl	Geri Kazanım	Bertaraf	Stok	İhracat	Toplam (Ton)
2018	11.035.553	3.411.989	1.916.855	217.860	16.582.257
2019	12.605.373	7.981.748	4.601.820	139.478	25.328.419
2020	15.074.363	13.686.550	645.949	303.372	29.710.234
2021	17.569.247	14.017.774	837.222	242.731	32.666.974

Kaynak: ÇŞİDB, 2021

2.3.6. Bertaraf

Hiçbir şekilde geri kazanılmayacak atıkların ortadan kaldırılması işlemine bertaraf denir. Hem çevresel hem ekonomik açıdan bakıldığında atık yönetim hiyerarşisinde en istenmeyen aşama bertaraftır. Bertaraf yöntemlerinin; düzenli depolama, vahşi depolama, yakma ve kompost gibi çeşitleri bulunmaktadır (Yılmaz & Bozkurt, 2010, s.13-14).

- Vahşi depolama: Atıkların rastgele doğaya bırakılmasıdır. Gelişmemiş ya da gelişmekte olan ülkelerde kullanılan bir yöntemdir. Bu depolama sahasında rüzgâr etkisi ile toz bulutları oluşmakta ve hava kirliliğine neden olmaktadır. Bu alanlarda yaşayan ve beslenen hayvanlar bulaşıcı hastalıklara sebep olabilmekte bu da önemli problemlere sebep olmaktadır (Yılmaz & Bozkurt, s.13).

- Düzenli depolama: Katı atıkların yerleşim alanlarından uzaklaştırılması, zararlarının önlenmesidir (Yılmaz & Bozkurt, s.14).
- Yakma: Atıkları hacim olarak azaltma ya da enerji elde etmek amacıyla yakılarak uzaklaştırma ve enerji kazanma yöntemi olarak ifade edilir (Horasan vd., 2022, s.483).

2.4. DÜNYA'DA E-ATIK

2.4.1. Afrika

Orta Afrika'da, Kamerun Hükümeti, ithalatı kontrol etmek amacıyla, HFC (Hydrochlorofluorocarbons) kullanan ürünlerin ithalatını ve kontrolünü yönetmek ve ülkeye giren tüm gönderileri doğrulamak için sağlam bir "tek durak noktası" (guichet unique) sistemi oluşturmuştur. Ancak genel olarak, Orta Afrika'da ve birçok ülkede e-atık toplama ve arıtma altyapısı yetersizdir. Güney Afrika'da sadece birkaç ülkenin resmi geri alma planları mevcuttur, ancak Botswana, Namibya ve Zambiya'da faaliyet gösteren yeni işletmeler e-atık toplama ve geri dönüşüm şirketleri tarafından birçok ülkede belirli e-atık toplama noktaları bulunmaktadır. Büyük hacimli e-atıkların olduğu alanlarda, resmi e-atık toplama sistemleri ve değerli metalleri çıkarmak için teknik kapasite ile orta ve büyük ölçekli toplama ve geri dönüşüm operasyonları vardır (Balde vd., 2024, s.65).

Kenya'da, e-atıklardan buzdolaplarını genellikle bir e-atık toplama merkezine veya ilçe tarafından belirlenmiş bir bırakma noktasına (toplamın %20'si) getirilmekte ya da ürünü satan şirketler tarafından evlerden alınmaktadır (%30). Kenya'da yapılan bir diğer çalışmada, burada üretilen mevcut yıllık e-atık hacminin buzdolaplarından 11,4 milyon kg, televizyonlardan 2,8 milyon kg, kişisel bilgisayarlardan 2,5 milyon kg, yazıcılardan 500 bin kg ve cep telefonlarından 150 bin kg olduğunu belirtilmektedir (Njathi, 2022).

Batı Afrika'da; cep telefonu tamiri, birkaç yıldır en pazarlanabilir teknik zanaatkar fırsatlarından biri olup, bölgedeki bazı ülkeler, gençlerin gerekli becerileri öğrenebilecekleri eğitim merkezleri oluşturmuştur. Örneğin, 2020'de Fildişi Sahili'nde, Abidjan'da başlatılan Create Lab adlı bir proje, EEE ve e-atıkların nasıl onarılacağı, yeniden kullanılacağı ve geri dönüştürüleceği öğretilmektedir (Bergeron,

2021). Şekil 2.7’de bazı ülkelerin 2010 ve 2022 yılında kişi başına düşen e-atık miktarları ve resmi olarak toplanan, geri dönüştürülen e-atık miktarları verilmektedir.

Şekil 2. 7. Bölgesel E-atıklar

BÖLGE	ALT BÖLGE	BÖLGEDEKİ ÜLKE SAYISI	SAKINLER		E-ATIK ÜRETİM				RESMİ OLARAK TOPLANMIŞ VE GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ E-ATIK			
			2010'DA (MİLYON)	2022'DE (MİLYON)	2010'DA KİŞİ BAŞINA KG	2022'DE KİŞİ BAŞINA KG	2010'DA MİLYON KG	2022'DE MİLYON KG	2020'DE MİLYON KG	2022'DE MİLYON KG	TOPLAM ORAN 2010 (%)	TOPLAM ORAN 2022 (%)
AFRİKA	TÜMÜ	54	1,040	1,408	1.6	2.5	1,640	3,551	1.9	25	0.1	0.7
	Doğu Afrika	18	337	466	0.5	0.9	154	431	1.9	2.4	1.2	0.5
	Orta Afrika	9	131	193	1	1.6	131	307	0	0.1	0.0	0.0
	Kuzey Afrika	6	205	257	3.7	5.8	763	1,484	0	0	0.0	0.0
	Güney Afrika	5	59	68	5.4	8.5	317	578	0	23	0.0	4.0
	Batı Afrika	16	308	424	0.9	1.8	275	752	0	0	0.0	0.0
AMERİKA	TÜMÜ	36	918	1,021	9.9	14.1	9,068	14,427	3,149	4,328	34.7	30.0
	Karayipler	14	29	32	5.1	7.6	148	241	0	0.1	0.0	0.0
	Orta Amerika	8	155	178	6.1	10.2	940	1,811	31	60.3	3.3	3.3
	Kuzey Amerika	2	344	376	16.6	21.2	5,695	7,963	3,118	4,151	54.8	52.1
	Güney Amerika	12	391	435	5.8	10.1	2,285	4,413	0	117.1	0.0	2.7
ASYA	TÜMÜ	49	4,168	4,677	3.2	6.4	13,259	30,147	1,030	3,568	7.8	11.8
	Orta Asya	5	63	77	2.5	5.2	161	396	0	12.8	0.0	3.2
	Doğu Asya	7	1,554	1,638	4.9	9.9	7,672	19,292	1,027	3,225	13.4	19.8
	Güneydoğu Asya	11	596	678	3.4	6.4	2,045	4,362	0	0	0.0	0.0
	Güney Asya	9	1,723	1,999	1.1	3.1	1,883	6,140	-	60.1	-	1.0
	Batı Asya	17	232	286	6.5	10.3	1,498	2,957	2.6	270.1	0.2t	9.1

Kaynak: Balde vd., 2024

2.4.2. Amerika

Amerika, 14 milyar kg ile dünyada en yüksek e-atık üretimine sahip bölgelerden biridir. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki EPR (Genişletilmiş üretici sorumluluğu) tabanlı e-atık yönetimi modellerinde tüketici elektronik cihazlar (televizyon, telefon, dizüstü bilgisayarlar, televizyonlar, monitörler, yazıcılar) yer alıp, büyük cihazlar yer almamaktadır (Balde vd., s.69). Büyük cihazlar, nakliye şirketlerince demonte edilip geri dönüştürüldüğünden çoğu resmi istatistiklerin dışında tutulmaktadır. Ücretsiz geri dönüşüm için uygun EEE kategorilerinin listesi eyaletten eyalete değişmektedir (ERCC, 2023). Bazı eyaletler tüketici elektronik cihazlarını kapsamakta, bazıları da aletler, oyuncaklar, akıllı mobilyalar ve giysiler gibi öğeleri hariç tutmaktadır. Eyalet düzeyindeki e-atık programları tipik olarak evlerden e-atık toplamakta ve bazıları kâr amacı gütmeyen kuruluşları, işletmeleri ve diğer kuruluşları içermektedir (ERCC).

2.4.3. Çin

E-atık yönetimi için altyapı geliştirmeye büyük yatırımlar yapılmaktadır. Çin Hükümeti, bir e-atık geri dönüşüm pilot programı başlatarak standartlaşmış bir e-atık dönüşüm sistemi oluşturmayı amaçlamaktadır (Hayırsever Topçu, 2018, s.184). Çin Hükümetinde yapılan bir diğer önemli girişim “Ulusal Tehlikeli Atık Listesi” ni oluşturmaktır. Liste içeriğinde tehlikeli maddeler belirtilmekte olup, atık yönetimi için kılavuzluk sağlanmaktadır (Balde vd., s.77). Ama e-atıkları yönetmek için yapılan faaliyetlere rağmen, düzenli olmayan ve kayıt dışı olan güvensiz sektörlerde e-atıkların toplanması, geri dönüşümü ve bertarafından dolayı problemler çıkmaktadır (Bakdi, 2022, s.4). Örneğin, bu sektörde yasa dışı çalışanlar yetersiz koruyucu ekipman ve sınırlı kaynaklardan dolayı tehlikeli maddelere maruz kalmakta ve bu durum sağlık problemlerine yol açmaktadır (Balde vd., s.77).

Çin’de e-atıkların toplanmasında gereken nakliyenin maliyeti ve lojistik zorluklar nedeniyle e-atık geri dönüşüm merkezleri büyük şehirlerde bulunmaktadır. Bundan dolayı kırsal yerlerde e-atıklar düzenli bir şekilde toplanamamakta ve uygun bir şekilde bertaraf edilememektedir (Hayırsever Topçu, s.189). Ancak giderek döngüsellik kavramı önem kazanmaya başlamakta ve Çin’de bulunan birkaç şirket elektronik sektöründe geri dönüşüme (geri dönüşüm için ürün tasarımı, ürün geri alma programları, yeni ürünlerde geri dönüştürülmüş malzemeleri kullanmak vb.) önem verip, döngüsel iş modellerini uygulamaya başlamaktadır. Dahası, nesnelerin interneti (IoT) ve blok zincir gibi gelişmeler ülkede bulunan e-atık yönetiminin iyileştirilmesinde ciddi bir rol alması beklenmektedir. Bu teknolojiler e-atıkların çevreye ve insan sağlığına zarar vermeden uygun bir şekilde geri dönüştürülmesini mümkün kılabilir.

2.4.4. Tayvan

Tayvan Hükümeti, geri dönüşüm oranları için hedefler belirlemekte, EPR’ye tabi ürün kategorilerini tanımlamakta ve uyumsuzluklar için de ceza yazmaktadır. Tayvan’daki EEE üreticileri ve ithalatçıları EPR kapsamında bulunan sorumluluklarını yerine getirmekle yükümlüdür (Tsai, 2020, s.1).

Üreticilerin, geri dönüşüm merkezli yaklaşımda olup, buna göre ürün tasarımları, toplama sistemleri kurmaları ve e-atıkların geri dönüşümünü ve bertarafını finanse etmeleri gerekmektedir. Burada, perakendeciler, e-atıkların uygun şekilde işlenmesinden ve onaylı geri dönüşüm tesislerine aktarılmasından sorumlu olmaktadır. Ayrıca tüketicilerin eskiyen ya da istenmeyen elektronik ekipmanlarını iade edebilmeleri için toplama noktaları sağlamaktadırlar (Balde vd., s.78).

Tüketiciler, bu ekipmanlarını toplama noktasına getirdiklerinde ekipmanlar türüne ve durumuna göre sıralanmaktadır. Toplama noktalarında cep telefonları, bilgisayarlar, televizyonlar ve küçük ev aletleri gibi e-atıklar ayrı kaplarda bulundurulmaktadır (EPA, 2012, s.21). Toplandıktan sonra e-atıklar güvenli taşımayla tesislere taşınmaktadır. Burada geri dönüşüm işlemlerini ve malzemelerin bileşenlerine ayrılmasını içermektedir. Bu bileşenlerden altın, bakır, gümüş ve nadir toprak elementlerini çıkarmak için çalışılmaktadır (EPA, 2012, s.6). Tayvan'da geri dönüşüm oranları son yıllarda %80'e ulaşmış ve üretilen e-atıkların %31,4'ü resmi olarak düzenlenmiş programlar sayesinde toplanmıştır. Tayvan'ın bu başarısı EEE üreticilerinin geri dönüşüm programlarına aktif katılması ve buranın düzenli toplama altyapısı sayesinde (Balde vd., s.78).

2.4.5. Hindistan

Hindistan'da e-atık kuralları, esas olarak üreticilere, imalatçılara ve geri dönüşümcülere odaklanıp, düzenleme ve raporlamaları basitleştirmeye çalışmaktadır. Revize edilen kurallar özellikle geri dönüşüme odaklanmakta ve daha önceki toplama hedeflerine kıyasla geri dönüşüm hedefleri getirmektedir (Balde vd., s.90).

Hindistan Hükümeti döngüsellik üzerine vurgu yapmış ve döngüsel ekonomiye geçişin ihtiyacını ve avantajlarını belirlemiştir. Bunun için daha verimli ve döngüsel ekonomi için Hükümetin uygulayacağı, Dönüştürme Ulusal Kurumu (NITI Aayog) birkaç strateji belgesi yayımlanmıştır. Ayrıca, elektroniğin kullanım ömrü sonu yönetimi, kaynak verimliliği ve döngüsel ekonomiyi arttırmak için Elektronik ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı strateji belgesi yayınlamıştır (Balde vd., s.90).

2.5. Bölüm Değerlendirmesi

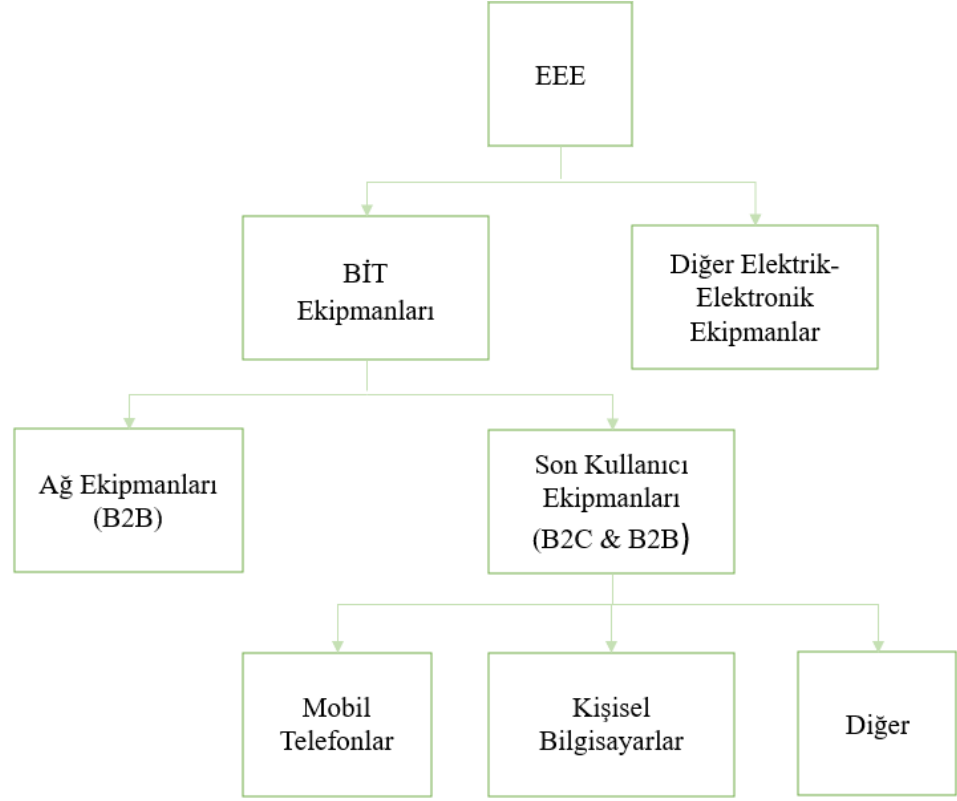
Dünyada atık sorunu giderek artmaktadır. Geldiğimiz noktada mevcut atıkların ekolojik, ekonomik, insan sağlığı ve politik sorunlar doğurduğu ve artık çözüm için uğraşılmasının yüksek sesle söylenmesi gereken bir durumda olduğu aşikardır. Çevresel sorunların en ciddi sebeplerinin başında, doğrudan üretim ve tüketim anlayış yapısı gelmektedir. Atıklar, çevreyi birçok farklı şekilde etkileyebilmektedir. Çevre kirliliği başta olmak üzere, insan sağlığını da etkilemektedir. Bu yüzden atık yönetimi ciddi bir konu olmakla beraber, çevresel boyutu da kapsayan sürdürülebilir kalkınma için de gerekli bir adımdır. Atıkların çevre dostu olacak şekilde geri dönüşümü, yeniden kullanımı ya da sıfır atık yaklaşımıyla hareket edilmesiyle atıkların çevresel etkilerini azaltmak mümkün olabilmektedir.

Döngüsellik anlayışı, mevcut lineer üretim yapısına alternatif bir üretim anlayışı olarak; iş dünyasında, akademi dünyasında, hem de politika yapıcılarının gündeminde artık yer edinmeye başlamıştır. Karbon ayak izinin ciddi anlamda arttığı bu dönemde; atık yönetimini dikkate alarak benimsemek, sürdürülebilirliği sağlamak, temiz ürün ve üretimle geri dönüşüm endeksli sistemi destekleyerek rekabet sağlamak önem arz etmektedir. Avrupa Birliği'nin gündeminde olan atık üretimi konusunda atığın çevresel etkisini azaltmak için kaynak verimliliğini iyileştirebilmek için çalışmalar yapılmaktadır. Ülkemiz de dahil olmak üzere dünya genelinde giderek artan atık noktasında sıfıra yaklaşmak adına çabalar gösterilmektedir. Ama bu yaklaşım bazı ülkelerde yüksek iken bazı ülkelerde düşüktür.

3. ELEKTRONİK HABERLEŞME ATIKLARI VE GERİ DÖNÜŞÜMÜ

Elektronik haberleşme ekipmanları; elektrikli ve elektronik ekipmanların alt kategorisi olup, atıkları da e-atık (elektronik atık) olarak değerlendirilmektedir. ITU e-atığı “Atık Elektrikli ve Elektronik Ekipmanları (AEEE) sahibi tarafından yeniden kullanım niyeti olmaksızın atık olarak atılan her türlü elektrikli ve elektronik ekipman” olarak ifade etmektedir. Bir diğer açıklama da elektronik cihazların kullanım ömrünü tamamlamasıyla ortaya çıkan atık e- atık olarak tanımlanmıştır (Yeşilkaya, 2012, s.15). Şekil 3.1’ de elektrikli ve elektronik ekipmanları (EEE) bir araya getiren hiyerarşi verilmektedir. EEE; BİT (Bilgi İletişim Teknolojileri) ekipmanları ve diğer elektrikli ve elektronik ekipmanlardan oluşmaktadır. BİT ekipmanları; ağ ekipmanları (B2B/İşletmeden işletmeye) ve son kullanıcı malları (B2C/İşletmeden tüketiciye ve B2B) olmak üzere 2’ye ayrılmaktadır. Son kullanıcı malları (B2C ve B2B); mobil telefonlar, kişisel bilgisayarlar ve diğer ekipmanlar olarak 3’ e ayrılmaktadır.

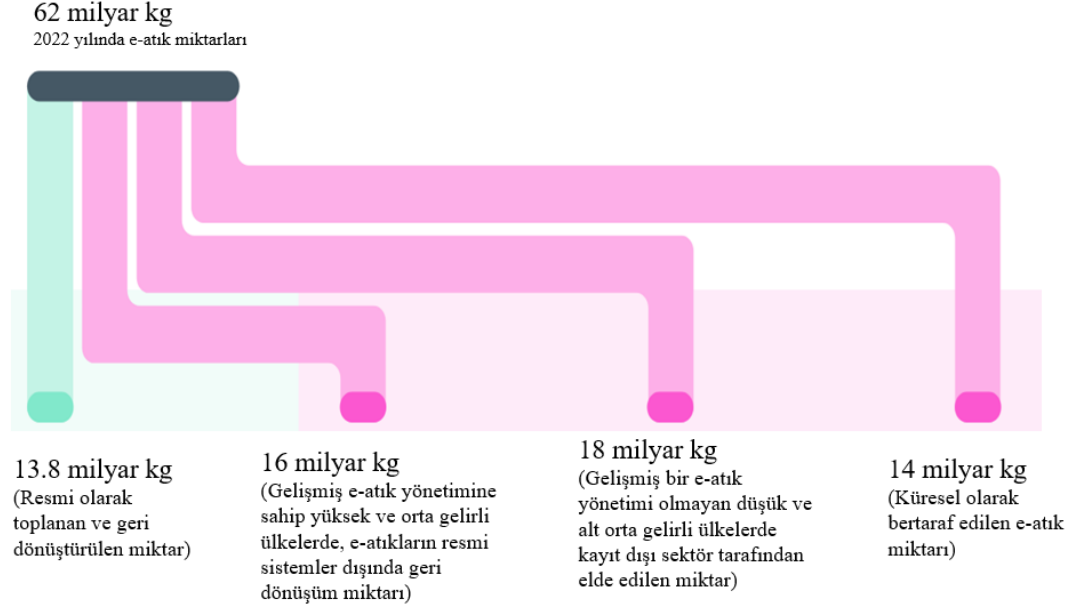
Şekil 3. 1. Elektronik Ekipman Hiyerarşisi



Kaynak: Liebmann, 2015

Teknolojinin hızla gelişmesiyle beraber elektronik atıklarda (e-atık) ciddi artışlar meydana gelmektedir. Şekil 3.2' de görüldüğü üzere Küresel E-atık Monitörü 2024'ye göre, dünya 62 milyon metrik ton AEEE üretmiştir ve ticari sektörden elde edilen EEE, küresel olarak üretilen toplam EEE hacminin büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. AEEE' deki büyüme küresel bir zorluk teşkil etmektedir: tehlikeli maddelerin insan sağlığı ve çevre üzerinde olumsuz etkileri olabilmektedir.

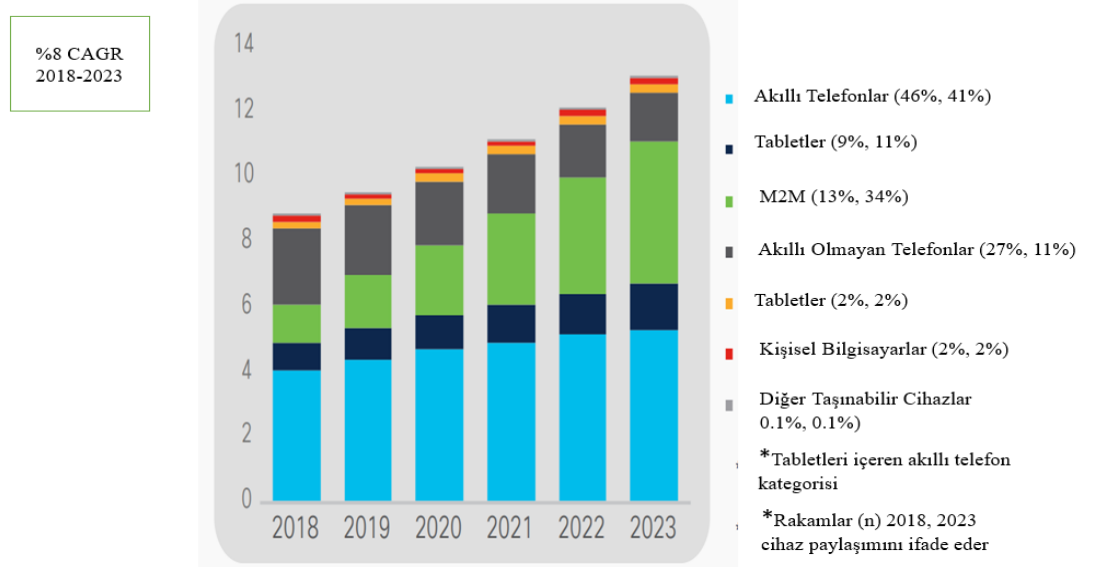
Şekil 3. 2. 2022 Dünya Geneli E-atık



Kaynak: Balde vd., 2024

Küresel olarak, elektronik cihazlar ve bağlantılar yıllık hem nüfustan birleşik yıllık büyüme oranı (CAGR) (%1) hem de internet kullanıcılarından (%6 CAGR) daha hızlı büyümektedir. Bu artan ivme hane ve kişi başına düşen ortalama elektronik cihaz ile bağlantı sayısındaki artışa bağlı olarak hızlanmaktadır. Artık neredeyse her yıl farklı zekâ ve yeteneklere sahip yeni cihazlar piyasaya sürülmektedir (CISCO, 2020). Aşağıda yer alan Şekil 3.3.'de elektronik haberleşme cihazlarının yıllara göre değişimi gösterilmektedir.

Şekil 3. 3. Küresel Mobil Cihaz ve Bağlantıları



Kaynak: CISCO, 2020

Elektronik atıklar bir batarya ile ve/veya şebeke bağlantısı ile çalışan elektrikli ürünleri içeren geniş bir yelpazeye sahip olmaktadır. Ayrıca bunlara ek olarak cep telefonları, dizüstü bilgisayarlar, bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT) ürünleri ile kullanımı her geçen gün artmakta olan Nesnelerin İnterneti (IoT) cihazları örnek gösterilebilmektedir (BTK, 2023). Avrupa Birliği Komisyonu geri kazanım ve geri dönüşüm hedeflerine göre e-atıkları 10 kategoride incelemektedir (2012/19/AB Yönetmeliği, 2012).

- 1) Büyük ev aletleri
- 2) Küçük ev aletleri
- 3) BT ve telekomünikasyon ekipmanları
- 4) Tüketici ekipmanları ve fotovoltaiik paneller
- 5) Aydınlatma ekipmanları
- 6) Elektrikli ve elektronik aletler (büyük ölçekli sabit endüstriyel aletler hariç)
- 7) Oyuncaklar, eğlence ve spor ekipmanları
- 8) Tıbbi cihazlar (tüm implante edilmiş ve enfekte ürünler hariç)
- 9) İzleme ve kontrol araçları
- 10) Otomatik dağıtıcılar

E-atık, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Teknolojisi (BİT)'in büyümesine müteakip büyüyen bir sorun olmuştur. 2014 yılından itibaren 9,2 milyon metrik ton (Mt), yani %21 oranında e-atık üretimi mevcuttur. E-atıklar, içinde cıva, kadmiyum ve kurşun gibi zararlı malzemeler içerebileceğinden uygun bir şekilde toplanmaları gerekir. Ayrıca e-atıklar yüksek değerli nadir malzemeler (altın, kobalt, platin vb.) içerdiği için, geri dönüştürülememesinin kıt ve değerli doğal malzemelerin gereksiz kaybına neden olabileceği de belirtilmektedir (ITU & Weeeforum, 2020, s.8-9).

Hızla değişen ve gelişen teknolojiye dolayı bir önceki yılların ya da bir önceki teknolojinin ekipmanları; cep telefonları, tablet, bilgisayar... vb. kullanılmamaya ve ciddi bir yığılmaya dönüşmeye başlamıştır. Özellikle e-atıklar içinde yer alan bilişim ve telekomünikasyonun ekipmanları atıklarının giderek büyümesinin, çevreye ve insana vereceği zararın azaltılması bilhassa bu atıkların geri dönüştürülmesinin gerekli olduğu düşünülmektedir.

Tezin bu bölümünde, elektronik haberleşme atıklarına binaen bilhassa, haberleşme ağ ve altyapı ekipman atıkları ve kullanıcıların elektronik cihaz atıklarına (son kullanıcı cihazları) ve bunların geri dönüştürülmesine odaklanılmakta ve telekomünikasyon sektöründe sürdürülebilirliğin önemini vurgulama amaçlanmaktadır.

3.1. Haberleşme Altyapı Ekipman Atıkları

Haberleşme altyapısı; dijital ağlar, internet sunucuları, cep telefonları, sabit bant ve diğer teknolojilerden meydana gelmektedir (Pradhan vd., 2018, s.91-92). İnternet kullanımı arttıkça haberleşme (ICT) ekipmanlarına olan talep de artmaktadır. Bu artan talep ve kullanımla beraber haberleşme altyapısı ve bağlantısı daha da önem kazanmaktadır. Örneğin, üretim ve kullanım sonucu oluşan enerji tüketimi, güç kaynağından kaynaklanan karbon emisyonu, AEEE ekipmanlar gibi çeşitli çevresel durumlar altyapı ekipmanlarıyla ilişkilidir. Bilgi işlemin daha verimli bir şekilde gerçekleşmesine imkân tanıyan veri merkezleri; bilgisayarlar, veri depolama cihazları, ağ ekipmanları ve haberleşme bağlantıları içermektedir (ITU & Weeeforum, 2020,

s.6). GSMA 2024 raporuna göre, 2023'te 4,7 milyar olan mobil internet kullanıcılarının, 2030 yılında 5,5 milyar olacağı belirtilmektedir. Bir diğer 2020 GSMA raporunda IOT bağlantılı ekipmanların 2025 yılına kadar 25 milyar olacağı ifade edilmiştir.

3.1.1. Mobil Ağ Altyapısı Bileşenleri ve Malzemeleri

Bir mobil hücresel ağ; kullanıcı ekipmanı (cep telefonu, tablet vb.), radyo erişim ağı (Baz istasyonu, antenler), çekirdek ağı (CN) ve harici diğer ağlardan (internet) oluşmaktadır.

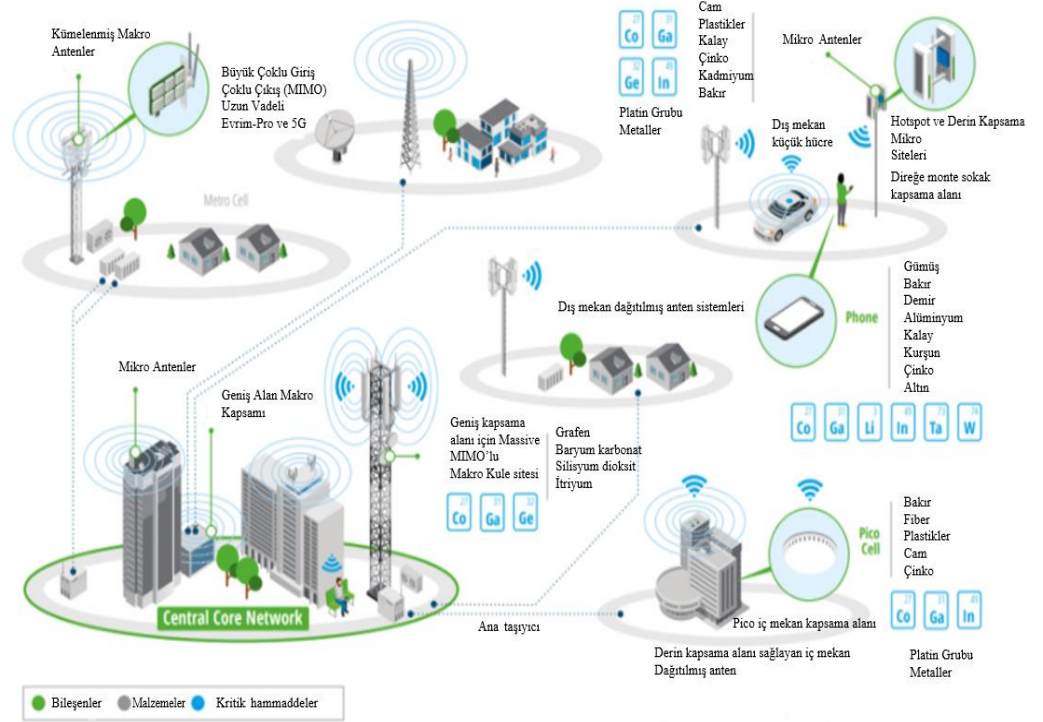
Radyo erişim ağı ekipmanı, yönlendiriciler, antenler, sunucular, kablosuz baz istasyonları, optik/mikrodalga iletim ekipmanı ve ağ yönetim ekipmanlarını içermektedir (ITU & Weeeforum, 2020, s.12). Kablosuz baz istasyonu ekipmanlarının (Şekil 3.4) ve antenlerin çoğu, alüminyum gibi büyük miktarlarda metal içermektedir. Diğer yaygın malzemeler arasında plastikler ve cam elyafları bulunmaktadır (ITU & Weeeforum, 2020, s.12). Altın, gümüş, kalay ve bakır gibi malzemelerin 5G ağ ekipmanlarında önemli miktarlarda bulunacağı düşünülmektedir. Bir çalışmada, enerji verimliliğini artırmak için transistörlerde silikonun yerini galyum (kritik bir hammadde) gibi yeni malzemelerin almasının beklendiği ve 5G için kullanılan radyo frekans bileşenlerinin silikon, galyum, galyum arsenit, silikon-germanyum alaşımı, galyum nitrür veya indiyum fosfite dayandığı bulunmuştur. Ayrıca, iç ve dış mekân radyo ekipmanlarında şu dört kritik hammadde; kobalt, galyum, germanyum ve platin grubu metaller keşfedilmiştir (Vaija & Philipot, 2020, s.28).

Mobil ağlar, giderek 2G ve 3G teknolojisinden ayrılarak daha verimli olan 4G ve 5G'ye doğru ilerlemektedirler. 5G, daha fazla ağ kapasitesi, düşük gecikme süresi ve daha fazla güvenilirliği sağlamaktadır (ITU-R, 2015, s.4). Mobil ağın iki ana bileşeni, radyo erişim ağı ve çekirdek ağıdır. 5G sistemleri başta 4G ağlarıyla beraber kullanılabilir ancak sonraki zamanlarda gelişen teknolojiden dolayı ihtiyaçları karşılayabilen yeni bir mimariye sahip radyo erişim ağı olması gerekmektedir. Radyo erişim ağı; mobil cihazları ve kablosuz cihazları ana çekirdek ağına bağlayabilen makro (çoklu çıkış, çoklu giriş antenleri kullanan), küçük ve mikro hücreler, kuleler, direkler ayrıca bina içi sistemler dahil çeşitli tesislerden oluşmaktadır. Çekirdek ağı ise bağlantıları yönetebilen mobil değişim ve veri ağıdır (ITU-T, 2020, s.12).

5G teknolojisi düşük, orta ve yüksek frekans bantlarında çalışabilmektedir. Mobil istasyonlar milimetre dalga bantlarında (24 GHz'in üzerinde) çalıştıkları zaman, daha yüksek kapasite sunmakta, ancak çok daha sınırlı kapsama alanıyla hizmet verebilmektedirler. Bundan dolayı, küçük ve mikro hücrelerin sayısında önemli bir artış beklenmekte bu da konumlandırılan ağ ekipmanı miktarını arttırması öngörülmektedir. Ayrıca fiber optik tabanlı ağların hızla gelişmesinin başlıca iki önemli sebebi mevcuttur; enerji tüketimi ve israfı azaltan bir ağa doğru hareketi desteklemesi ve verileri daha hızlı ve uzun mesafelere iletebilmesidir. Fiber kablolar bakır kablolardan daha küçük çaplı olup, uzun bir altyapı ömrüne sahip olmakta ve bazı fiber kablolar bakırdan daha az hat kartı gerektirmektedir (ITU& Weeeforum, 2020, s.11).

5G'ye geçişin ve ilgili altyapı dağıtımının önümüzdeki on yıl veya daha uzun bir süre içinde yavaş yavaş gerçekleşmesi beklenmektedir. Ancak bu geçiş şimdiden başlamıştır. Örneğin, bazı küçük hücreli baz istasyonları, dış mekân kapsama alanını iyileştirmeye destek olmak için zaten vardır (Bangerter vd., 2014, s.90). Kablosuz baz istasyonu ekipmanlarının (Şekil 3.4) ve antenlerin çoğu, alüminyum gibi büyük miktarlarda metal içermektedir. Diğer yaygın malzemeler arasında plastikler ve cam elyafları bulunmaktadır. Altın, gümüş, kalay ve bakır vb. muhtemelen 5G ağ ekipmanlarında önemli miktarlarda bulunacak olan malzemelerdendir (ITU & Weeeforum, 2020, s.12). Yapılan bir çalışmada, enerji verimliliğini arttırmak için transistörlerde silikonun yerini galyum (kritik bir hammadde) gibi yeni malzemelerin almasının beklendiği ve 4G ile 5G için kullanılan radyo frekans bileşenlerinin silikon, galyum, galyum arsenit, silikon-germanyum alaşımı, galyum nitrür veya indiyum fosfite dayandığını bulunmuştur. İç ve dış mekân radyo ekipmanlarında da bulunan dört kritik hammadde; kobalt, galyum, germanyum ve platin grubu metallerdir (ITU & Weeeforum, 2020, s.12).

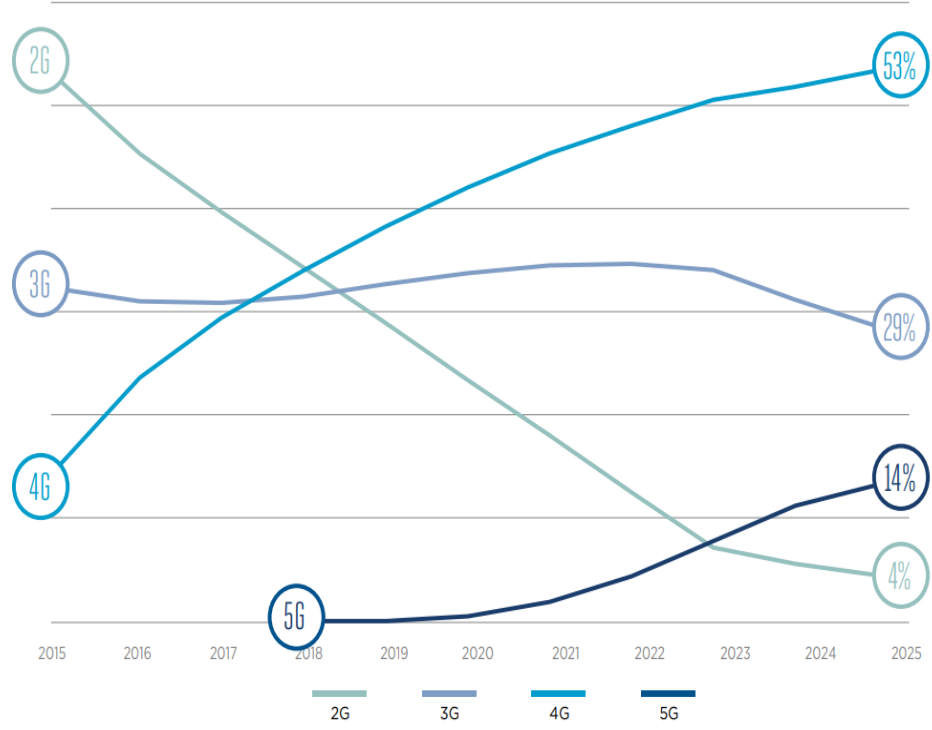
Şekil 3. 4. 5G Ağ Altyapısına Genel Bakış (Daha Geniş Kapsama Alanı İçin Makro ve Mikro Baz İstasyonları ve Derin Kapsama Alanı İçin İç Mekân Küçük Hücreleri Dahil)



Kaynak: ITU, Weeeforum, 2020

5G altyapısından kaynaklanan atık elektrikli ve elektronik ekipmanlarda hemen bir artış beklenmemekte, ama 5-15 yıl içinde ortaya çıkması beklenmektedir. Şekil 3.5'te 2025 'e kadar 2G, 3G, 4G ve 5G'deki artış oranları belirtilmektedir.

Şekil 3. 5. 2025'e Kadar Pazar Payları – 2G, 3G, 4G VE 5G



Kaynak: GSMA, 2019

Mobil ağ altyapısı ekipmanı; radyo erişim ağı ekipmanı (RAN), yönlendiriciler, antenler, sunucular, kablosuz baz istasyonları, optik/mikrodalga iletim ekipmanı ve ağ yönetim ekipmanlarını içermektedir (ITU & Weeeforum, s.12). Ek olarak 2G, 3G ağının sona ermesi (gün batımı) ve yerel düzenleme direktifleri nedeniyle belirli RAN ekipmanları kullanımdan kaldırılacaktır (GSMA, 2022). En geç 15 yıl içinde kullanım ömrünü tamamlayacak olan bu EEE atıkları en hızlı büyüyen sektörün bilgi ve haberleşme olduğu göz önünde bulundurulursa; ekipmanların ve bileşenlerini geri dönüştürülmesi (geri kazanımı) bu noktada ne kadar önemli olduğu ortadadır.

3.1.2. Veri Depolama Ekipmanları ve Malzemeleri

Bilgisayar sistemleri ve depolama, sunucu ve ağ sistemleri dahil olmak üzere ilgili ekipmanları kontrollü bir ortamda barındıran tesislerdir (Bulutistan, 2024). Uzaktan çalışma, telekonferans, e-ticaretin ve internetten yapılan kartlı ödemelerin artması, IOT teknolojisi, 5G, fiber internet, yapay zekâ uygulamaları, dijital sağlık asistanı ve sağlık uygulamaları, mobil oyun sektörünün artan kullanıcı sayısı veriye ve veri depolanmasına olan ihtiyaçlarda artışa sebep olmaktadır (Data Center Network Türkiye, 2022). Veri merkezi ekipmanı, teknoloji geliştikçe düzenli olarak yenilenmektedir ve tipik bir sunucu, yeniden kullanım ve geri dönüşüm yoluyla ikinci bir ömür verilmezse, bir ile beş yıl arasında bir ömre sahip olmaktadır (Andrews & Whitehead, 2019, s.10).

Veri merkezi ekipmanının kullanım ömrü; tipik olarak ortalama ilk kullanım için üç ile beş yıl geçerlidir ancak ikincil kullanım sayesinde sekiz ila on yıla kadar çıkabilmektedir. Genel olarak, veriler her zaman mevcut olmadığından veya ikincil kullanımı hesaba katmayabileceğinden, ekipman ömrünü doğru bir şekilde tahmin etmek kolay değildir. Ekipmanın yüksek bir yüzdesi dahili olarak da yeniden kullanılabilir, yani farklı iş fonksiyonlarını desteklemek için yeniden konumlandırılabilir. Ekipmanın yaşı belirlenirken, geri dönüşüm veya kullanım ömrü sonu yönetimi seçeneklerinin belirlenmesinde önemli bir faktör olmaktadır. Genel olarak, veri merkezlerindeki ekipmanların ömrü, hızlı teknolojik yeniliklerin bir sonucu olarak önemli ölçüde düştüğü görünmektedir (ITU & Weee, 2020, s.18).

Veri merkezlerindeki en önemli bileşenler (veri sunucuları ve depolama ekipmanları, ağ ekipmanları ve kesintisiz güç kaynaklarından gelen piller gibi) diğer bileşenlere nazaran daha kısa bir çalışma ömrüne sahiptirler ve bu nedenle daha sık (her 3 ila 8 yılda bir) yenilenmeleri, yeniden üretilmeleri veya geri dönüştürülmeleri gerekmektedir (Talens & Ardente, 2015, s.15-16). Aşağıdaki Şekil 3.6'da veri merkezlerinde yaygın olarak bulunan bileşen ve malzeme örnekleri verilmektedir. Sabit disk sürücülerini gibi depolama ekipmanları, verileri depolamak için kullanılmakta

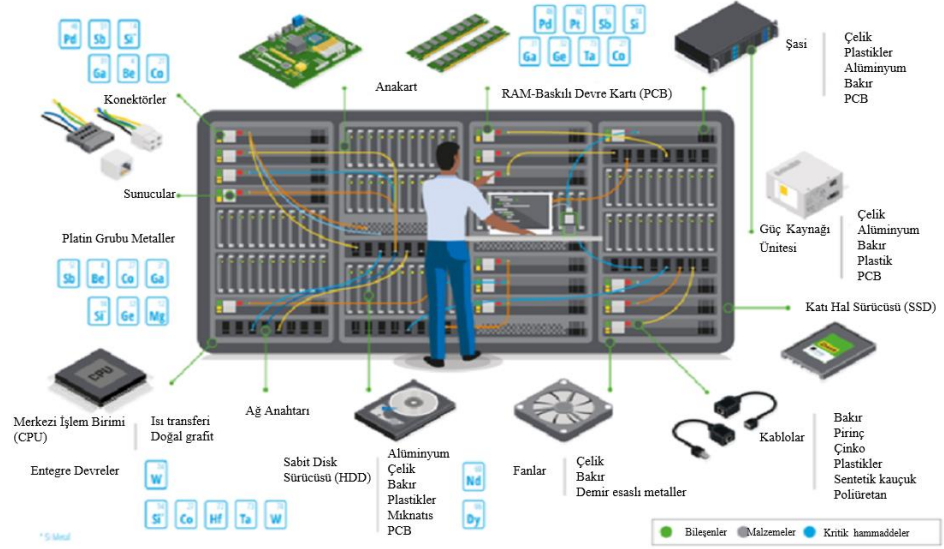
ve daha uzun süre dayanabilse de her 3 ile 5 yılda bir değiştirilme eğiliminde olmaktadır ve tipik katı disk sürücüsü, tipik bir sabit disk sürücüsünden daha kısa bir ömre sahip olup, fakat daha iyi performans sunmaktadır. Veri merkezi ağ ekipmanı (cihazları birbirine bağlayan yönlendiriciler ve anahtarlar gibi) da yüksek yenileme hızına (3 ile 5 yıl) sahip olmaktadır (WeLoop, 2020, s.21). Mobil ağ altyapısı gibi, veri merkezleri de çekirdek omurga altyapısını bakır kablolardan daha yüksek performansı destekleyen fiber tabanlı ağlara giderek daha fazla taşımaktadır. Aynı zamanda veri merkezlerinde, fiber kurulumlar tipik olarak bakırdan daha az hat kartı gerektirdiği için bu aynı zamanda daha az rafa yol açarak israfı minimuma indirebilmektedir (ITU & Weeeforum, 2020, s.21).

Veri merkezi ekipmanlarının neredeyse tamamı (yüzde 99'dan fazlası) yaygın metallere (örneğin çelik, bakır, alüminyum) ve polimerlerden (örneğin ABS, PVC, PBT) oluşurken, 10 kritik hammadde tipik olarak bileşenlerin yüzde 0,2'sini oluşturmaktadır. Veri merkezi ekipmanındaki bu tür malzemeler hakkında kamuya açık bilgiler sınırlı olduğu için malzemelerin bileşimini ve ekipman ömrünü ölçmek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç olmaktadır (ITU & Weeeforum, 2020, s.20).

Kritik hammaddeler için tedarik riski yüksektir ve AEEE' den geri dönüşüm oranlarının yalnızca yüzde 1 civarında olduğu düşünülmektedir (ITU & Weeeforum,2020, s.20). Veri merkezi ekipman atıkları, dizüstü bilgisayarlar vb. küçük BT cihazlarından daha yüksek kaliteli geri dönüşüm malzemesi içermektedir. Örneğin, veri merkezleri, bireysel tüketici veya küçük BT cihazlarından alınan tipik devre kartlarından ortalama olarak daha yüksek değerli metal içeriğine sahip yüksek kaliteli devre kartları ve arka paneller kullanmaktadır. Depolama aygıtları ve merkezi işlem birimleri, mali yönden uygunluğu sebebiyle birincil geri kazanılan bileşenler olma eğiliminde olup, diğer entegre devrelerin kurtarılması daha pahalı ve zaman alıcıdır. Baz (bakır ve demir gibi) ve değerli metaller (altın ve platin gibi) onlarca yıldır geri kazanıldığı için; geri dönüşümü genellikle iyi bilinmektedir. Bununla birlikte, değerli metallerin ve diğer birçok kritik hammaddenin sökülmesi, sınıflandırılması ve ön işlenmesinde zorluklar bulunmaktadır. Sunucuların içinde, geri dönüşüm için değerli

bileşenler ve bazılarında ciddi miktarda altın içeren baskılı devre kartları mevcuttur (ITU & Weeeforum, 2020, s.21).

Şekil 3. 6. Veri Merkezlerinde Bulunan Yaygın EEE Bileşenleri ve Malzemeleri

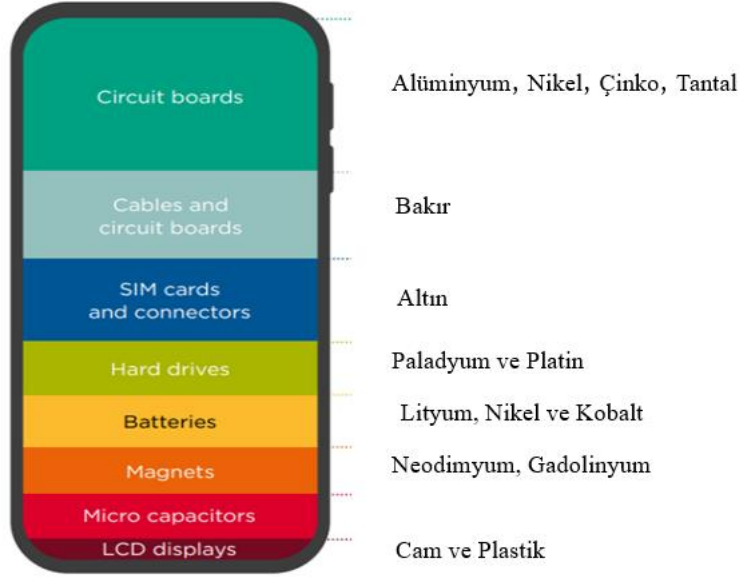


Kaynak: Talens & Ardente, 2015

BİT ekipmanlarından biri olan bir cep telefonunda bulunan malzemeler ve materyaller aşağıdaki Şekil 3.7’de verilmiştir. Cep telefonunu oluşturan bu bileşenler ve malzemeleri;

- Devre kartları (alüminyum, nikel, çinko, tantal)
- Kablo ve devre kartları (bakır)
- Sim kartlar ve konektörler (altın)
- Sabit sürücüler (Paladyum ve platin)
- Batarya (lityum, nikel ve kobalt)
- Magnetler (neodimyum, gadolinyum)
- Mikro kapasitörler
- LCD ekran (cam ve plastik)

Şekil 3. 7. Cep telefonundaki malzemeler

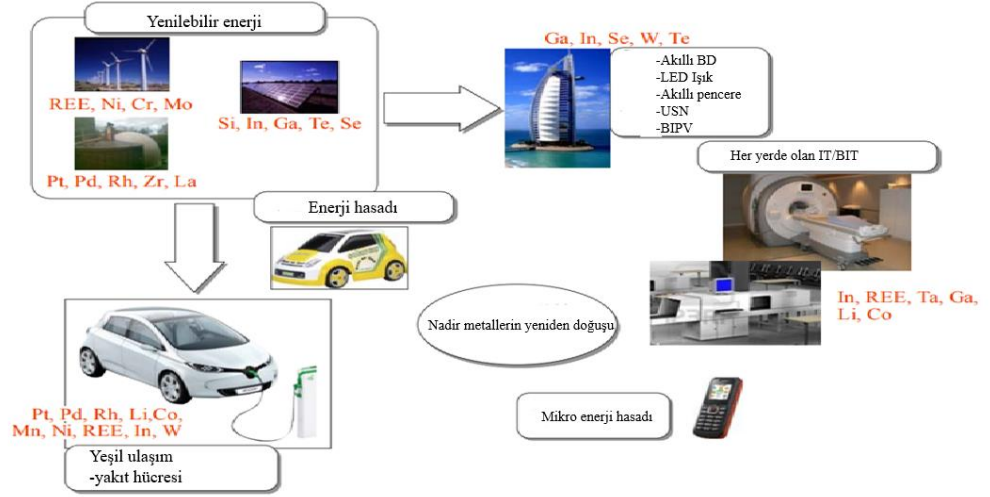


Kaynak: GSMA, 2022

3.2. Bilgi İletişim Teknolojilerindeki (BİT) Nadir Malzemeler

Nadir metaller '*endüstri vitaminleri*' olarak ifade edilmekte ve bu alanda önemli kabul edilmektedirler. Son zamanlarda, BİT endüstrileri, nadir metaller kullanılmadan üretilmeyen bileşenlere bağımlı hale gelmiştir. Şekil 3.8'de, yenilenebilir enerji ile ilgili nadir metallerin kullanımı gösterilmektedir. İndiyum, krom, kobalt, manganez, vanadyum vb. nadir metaller örnek olarak verilebilir. Nadir metaller yer kabuğunda oldukça nadir bulunmalarına ve cevherden çıkarılmasının zor olmasına karşın, nadir metallerin kullanım payı büyük ölçüde artmakta ve nadir metal pazarının 2000 yılından beri dünya çapında iki katından fazla artmaktadır (ITU-T, 2012, s.2).

Şekil 3. 8. Nadir Metallerin Endüstrilerde Kullanımı



Kaynak: ITU-T, 2012

Şekil 3.9’ da Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT) ürünlerinde bulunan nadir metaller gösterilmektedir.

Şekil 3. 9. BİT Ürünlerinde Bulunan Nadir Metaller



Kaynak: ITU-T, 2012

BİT ekipmanı platin grubu metaller, galyum, indiyum, renyum, "nadir topraklar", kobalt ve antimon gibi "kritik malzemeler" veya "özel malzemeler" içermektedir. Son zamanlarda bu metallerin geri kazanılmasına artan bir ilgi bulunmaktadır. Eşsiz özellikleri nedeniyle, bu malzemeler modern uygulamalarda ve imalatta önemli bir role sahip olmaktadır. Ayrıca, jeolojik, ekonomik ve politik nedenlerle bu malzemelere ticari erişimin sınırlı veya hatta kullanılamaz hale gelebileceği ve bundan dolayı modern endüstrinin ciddi şekilde bozulabileceği de endişeler arasındadır. BİT ekipmanında bulunan metallerin karışımı için, değerli metallerin geri kazanılmasında atılan bazı adımlar, ileri teknoloji ile sonraki işleme adımlarında diğer "kritik metallerin" daha verimli bir şekilde geri kazanılmasını sağlamakta, ancak ICT ekipmanında bulunan "kritik metallerin" tümü geri kazanılamamaktadır (ITU-T, s.2-6). Bu ekipman ve bileşenler de dahil BİT malzemeleri ve geri dönüşümlerinin detaylı şekilde incelenmesinin uygun olacağı değerlendirilmektedir.

3.2.1. AEEE/BİT'in Bileşimi

AEEE, bakır (Cu), alüminyum (Al), şeffaf cam, plastik, kauçuk ve demirli metaller dahil olmak üzere zararlı maddeler içermeyen "temiz" olarak adlandırılan birtakım malzemelerden oluşmaktadır. Diğerleri ise arsenik (As), krom (Cr), cıva (Hg), nikel (Ni), berilyum (Be), selenyum (Se) ve kadmiyum (Cd) vb. zararlı maddelerin yanı sıra değerli metaller altın (Au), gümüş (Ag), platin (Pt), galyum (Ga), paladyum (Pd), tantal (Ta), tellür (Te), germanyum (Ge) vb. ve nadir metaller içermekte itriyum (Y), öropyum (Eu) ve cevher koltan vb., bunların tümü geri kazanılması (geri dönüşümü) ve yeniden kullanılması için ileri süreçler gerektirmektedir (ITU-D, 2017, s.10). Aşağıda yer verilen Tablo 3.1.'de AEEE' de bulunan bazı zararlı bileşenler verilmiştir.

Tablo 3. 1. AEEE'de bulunan olası tehlikeli maddeler

Madde	Bulunduğu AEEE
Halojenli bileşikler	
PCB (poliklorlu bifenil) Plastikler için alev geciktiriciler	Kondansatörler, transformatörler
TBBA (tetrabromin-bisfenol-A)	(Termoplastik bileşenler, kablolar, anakartlar, devreler, plastik kasalar vb.)
PBB (polibromlu bifenil)	TBBA şu anda devre kartlarında ve muhafazalarda en yaygın kullanılan alev geciktiricidir
PBDE (polibrom-difenil eter) Kloroflorokarbon (CFC)	Buzdolabı üniteleri, yalıtım köpükleri
Ağır metaller ve diğer metaller	
Arsenik	Işık yayan diyotlar arasında küçük miktarlar, sıvı kristal ekran işlemcilerinde
Baryum	CRT ekranların ve floresan havalandırma odasındaki katot ışın tüplerinde (CRT) "Getters"
Berilyum	Elektrik besleme kutuları (güç kaynakları)
Kadmiyum	Şarj edilebilir Ni-Cd piller, floresan katman (CRT ekranlar), fotokopi makineleri, kontaklar ve anahtarlar ve eski katot tüplerinde
Krom VI	Sabit sürücüler ve veri depolama
Kurşun	CRT ekranlar, devre kartları, kablolama ve lehim
Merkür	LCD'lerde floresan lambalar, cıvalı bazı anahtarlarda (sensörler). Düz ekran aydınlatma sistemleri, otomatik kapanma sistemli kahve makineleri veya cıva röleleri içeren alarmlar
Nikel	CRT monitörlerde şarj edilebilir Ni-Cd ve Ni-Hg piller ve elektron tabancaları
Nadir toprak elementleri (İtriyum, Evropiyum)	Floresan katman (CRT monitörler)
Selenyum	Eski fotokopi makineleri
Çinko sülfür	Nadir toprak metalleri ile karıştırılmış CRT monitörlerin iç kısmı
Diğerleri	
Radyoaktif maddeler (amerikyum)	Tıbbi ekipman, yangın dedektörleri ve duman dedektörleri, diğerleri arasında

Kaynak: Ministerio de Ambiente, 2010

3.2.2. AEEE/BİT' nin Geri Kazanımı (Geri Dönüşümü)

Sürdürülebilir kaynak yönetimi için, tehlikeli metallerin AEEE' den ayrıştırılması ve neticesinde değerli ve nadir metallerin geri kazanımı en üst düzeye çıkarılmış olması gerekmektedir.

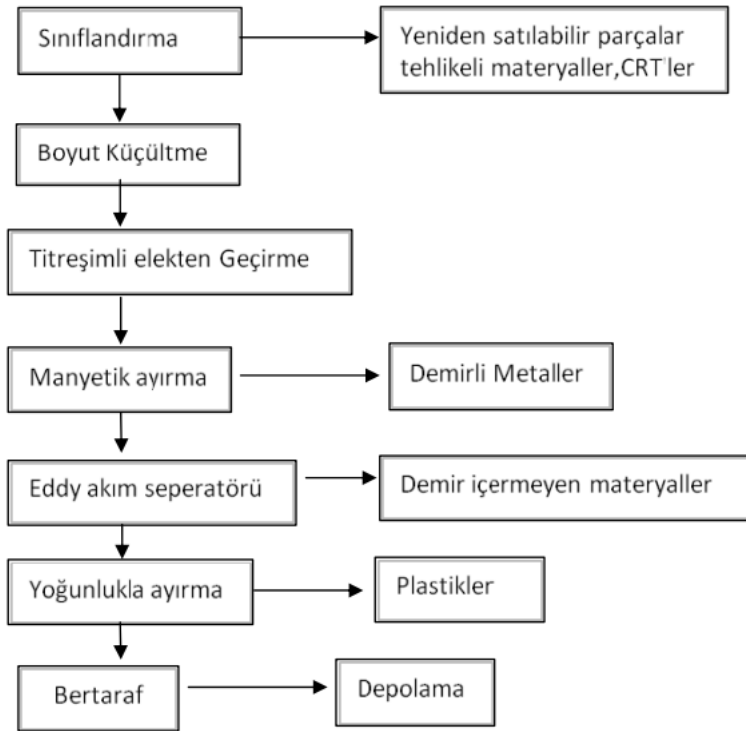
Baskılı devre kartlarında ve hesap makinelerinde değerli metallerin değer dağılımı yüzde 80'nin üstündedir. Değerli metallerden sonra bakır, AEEE' den çıkarılacak bir sonraki en yüksek değerli metal kabul edilmektedir. Değerli metaller altın (Au), gümüş (Ag) ve paladyum (Pd) ile bazı metaller bakır (Cu), kurşun (Pb) ve çinkonun (Zn) AEEE'den çıkarılarak, israf edilmemesi önem ihtiva etmektedir (Khaliq vd., 2014, s.158).

BİT ekipmanındaki en yaygın bulunan nadir metaller indiyum, itriyum, galyum ve arseniktir, fakat cep telefonları titanyum, baryum ve tantal dahil olmak üzere 20'nin üzerinde nadir metal içerebilmektedir. Bu metallerin azlığı, artan taleple beraber, geri

dönüşümü ve aynı işlevleri yerine getirebilecek alternatif malzemelerin geliştirilmesine yol açmaktadır (ITU-D, 2017, s.12).

Tesislere gönderilen AEEE; geri dönüşüm veya materyal geri kazanım tesislerine aktarıldıktan sonra, test edilmekte ve sınıflandırılmaktadır. Toplanan ekipman geri kazanım prosesi biriminde nasıl değerlendirileceğiyle ilgili karar verilmektedir. Materyal geri kazanım prosesi için toplanan ekipmanlar, ‘geri dönüştürülebilir’ ya da ‘yeniden kullanılabilir’ olarak iki kategoriye ayrılmaktadır. Yeniden kullanılabilir ekipman ve parçalar sınıflandırıldıktan sonra geriye kalan bütün materyaller uygunsuz geri dönüşümde, uygun bulunmazsa hurda olarak kullanılmaktadır (GRID, 2006). Bir materyal geri kazanım prosesinin aşamaları Şekil 3.10’da gösterilmektedir.

Şekil 3. 10. AEEE Geri Kazanım Prosesi



Kaynak: GRID, 2006

3.2.3. AEEE Metalleri Geri Kazanma

Metalik ve metalik olmayan malzemelerin AEEE 'den ayrılmasının ilk aşamalarından sonra ayrılan parçalar metalurjik işlemlere tabi tutulabilmektedir. Bu işlemler hidrometalurjik, pirometalurjik, elektrometalurjik, biyometalurjik ve bunların kombinasyonları şeklindedir. Metalleri ayırmak ve geri kazanmak için kullanılan Hidrometalurjik ve pirometalurjik işlemler en yaygın tercih edilen süreçlerdir (ITU-D,2017, s.12-13).

3.2.3.1. Hidrometalurji Süreci

Hidrometalurji Sürecini *Wikipedia 2023*'te “ekstraktif metalurji alanında, metallerin cevherlerinden elde edilmesinde kullanılan bir tekniktir. Hidrometalurji, metallerin cevherlerden, konsantrelerden ve geri dönüştürülmüş veya artık malzemelerden geri kazanılması için sulu çözeltilerin kullanımını içerir” olarak tanımlamıştır. *Wikipedia 2015*'te Hidrometalurji prosesini ayrıca “Genel olarak, bu teknik kullanılarak ekstrakte edilen metaller, daha önce amonyum sülfat veya klorür kullanılarak süzölmüş cevherlerden gelir. Hidrometalurjik işlemler genellikle düşük sıcaklıklarda (25 ila 250 C arasında) gerçekleşir. Çalışma basınçları birkaç kilopaskal (kPa) ile 5 000 kPa arasında değişebilir. Son olarak, metaller elektro-rafinasyon (elektrometalurji) veya kimyasal indirgeme işlemleri yoluyla çözeltiden geri kazanılır” olarak ifade etmiştir. Tablo 3.2'de AEEE' de olan metalleri hidrometalurjik yolla geri kazanmak yer alan süreç belirtilmektedir.

Tablo 3. 2. AEEE' de Bulunan Metalleri Geri Kazanmak İçin Kullanılan Hidrometalurjik İşlemler

Geride Kalan Metal	Sürecin temel özellikleri	Ana ürün
Altın(Au)	Baz metalleri çözmek için HNO ₃ (Nitrik Asit) ile işlenmiş bilgisayar çipleri, aqua regia (Hidroklorik asit ve nitrik asitin 3:1 oranında karıştırılması) ile liçi, altının demir sülfat ile çökeltilmesi	Au
Altın(Au) ve Gümüş(Ag)	KI ve I2 veya NaCl ile işlenmiş 0,5 mm'den küçük elektronik hurda, altın ve gümüşü geri kazanmak için solvent ekstraksiyonu	Au ve Ag
Nikel(Ni)	90°C'de 1M HNO ₃ çözeltisi, 90 dakikalık reaksiyon ve 5 g/1 hamur yoğunluğu kullanılarak seramik kapasitörlerden nikel liçi.	Ni
Altın (Au) (%98) Paladyum(Pd) (%96) Pilatin (Pt) (%92) Gümüş (Ag) (%84)	Baz metalin H ₂ SO ₄ (Sülfürik asit) ve MgCl (Magnezyum Klorür) içinde çözünmesi, değerli metallerin HCl ve bromür iyonlarında çözünmesi, altının çinko tozu ile simantasyonu	Au ve Pt tozu grubu
Bakır (Cu) (%98)	Bakırın H ₂ SO ₄ ve aqua regia ile çözünmesi, elektrikle işlenmiş bakır	Cu
Cu, Ag (93%), Pd (99%), Au (95%)	Bakırın sülfürik asit ile liçi, paladyumun klor ile liçi, altın ve gümüşün tiyoüre ile liçi, altın, gümüş ve paladyumun aktif karbon ile emilmesi	AgCl, Cu, Pd, Au
Au (92%), Ag, Pd	Baz metalin HCl veya H ₂ SO ₄ içinde çözünmesi, gümüş, altın ve paladyumun HCl ve NaClO ₃ ile liçi, altının FeCl ₂ ile çökeltilmesi	Sünger Au
Au	Elektronik hurdaların NaCl, CuCO ₃ ve HCl temel çözeltileri ile yıkanması	Kalıntı Au
Sn(Kalay), Pb(Kurşun)	Asidik Ti çözeltilerinde kaynakların/lehimlerin çözülmesi, elektrolizle geri kazanılan titanyum ve kurşun	Sn ve Pb
Cu, Pb, Sn	HNO ₃ ile elektronik kartların liçi, baz metaller için elektroliz	Cu, Pb, Sn
Au	Isıl işlem, altının aqua regia ile liçi, altının dietil malonat ile çözücü ekstraksiyonu, altının demir sülfat ile çökeltilmesi	Metalik Au
Au	Alüminyum çıkarmak için 80 ° C-190 ° C'de otoklavda alkali işlem, demir dışı metalleri çıkarmak için otoklavda düşük oksijen basıncı ile işlem	Değerli malzemeler açısından zengin konsantre
Ni ve Au	Değerli metalleri süzmek için baz metallerin sülfürik asit ve ferrik sülfat indirgeyici etken aqua regia ile süzülmesi	Ni ve Au çözeltisi

Kaynak: ITU-D, 2017

3.2.3.2. Pirometalurji Süreci

Pirometalurji de hidrometalurji gibi, metalleri geri kazanmak ve saflaştırmak için yüksek sıcaklıkların uygulanmasını içermektedir. Metalleri cevherlerinden direkt veya konsantrelerden ısı kullanılıp çıkarmak için kullanılabilir. Uygulanan sıcaklıklar normalde 950°C'yi aşmaktadır. Bu yüzden, büyük miktarlarda minerali işlemek için kullanılabilir hızlı bir teknik kabul edilmektedir. Ancak pirometalurjik süreçlere göre, hidrometalurjik süreçler, güvenilir, hassas ve kontrol edilebilir oldukları için ek avantajlara sahiptirler. Ek olarak, pirometalurjik süreçler SO₂ (kükürt dioksit) ve CO₂ (karbon dioksit) yaydıkları için kirletici olmaktadır (ITU-D, 2017, s.14-15). İşlemin yapıldığı sıcaklığı sürdürmek için enerji girişi gereklidir. Bu enerji genellikle kok kömürü gibi bir tür karbonun ekzotermik reaksiyonundan ya da elektrik gücünden meydana gelmektedir. İşleme bağlı olarak, yanıcı olabilecek bir indirgeyici madde eklenebilir (ITU-D, 2017, s.14). AEEE' de bulunan metalleri geri

kazanmak için en yaygın olarak kullanılan pirometalurjik işlemler aşağıda Tablo 3.3’ te gösterilmektedir.

Tablo 3. 3. AEEE'de Bulunan Metalleri Geri Kazanmak İçin Kullanılan Pirometalurjik İşlemler

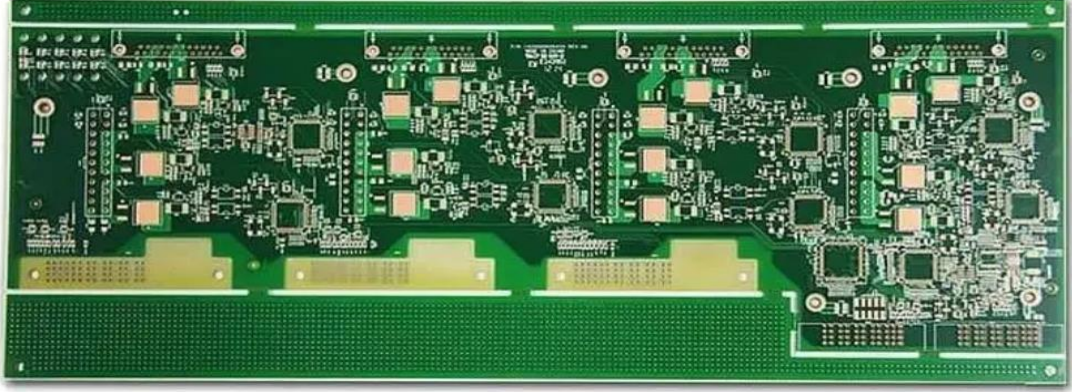
Teknik	Geri Kazanılmış Metal	Proses özellikleri	Elde edilen sonuçlar
Noranda ProcessQuebec, Kanada	Cu (Bakır), Au (Altın), Ag (Gümüş), Pt (Pilatın), Pd (Paladyum, Se (Selenyum), Te (Tellür), Ni (Nikel)	Bakır eritme ve bakır konsantrasyonu, konvertör, eritme fırını, metalin elektro-rafine edilmesi	Bakır ve değerli metallerde yüksek geri kazanım oranı
BolidenSmelting, Ronnskar, Sweden	Cu, Au, Ag, Pt, Pd, Zn (Çinko), Pb (Kurşun), Ni	Konsantre reaktör, yılda 100.000 ton, bakır dönüştürme ve rafine etme, değerli metallerin rafine edilmesi	Bakır ve değerli metallerde yüksek geri kazanım oranı
Umicore, Belgium	Değerli metaller, Se, Te, baz metaller	metallerin elektro rafine edilmesi, yılda 250 ton elektronik hurda, gaz yayıcıların izlenmesi ile eritme fırını, kok kömürü için plastik ikameleri	Değerli metallerin geri kazanımı, Sb (antimon), Bi (Bizmut), Se, Te, In
Dunn'in altın rafinerisi için patenti	Altın	Elektronik hurda klor ile reaksiyona girdi. 300 ° C ila 700 ° C sıcaklık, hidroklorik asit içinde safsızlıkların çözünmesi, gümüşün nitrik asit ve amonyum hidroksit içinde çözünmesi; Altın geri kazanım örnekleri	Elektronikten atıktan %99,9 saf altının geri kazanımı
Hurdada bulunan metallerin refrakter seramik ile geri kazanılması için Day'in patenti	Değerli metaller, platin, paladyum	Yaklaşık 1 400 ° C sıcaklıktaki bir plazma fırınında doldurulan hurda, cüruf, gümüş ve bakır içinde seramik de geri kazanılır	Elektronik hurdadan platin ve paladyum geri kazanımı, sırasıyla %80,3 ve %94,2 geri kazanımı
Aleksandrovich'in platin grubu metallerin ve altının elektronik hurdadan geri kazanılması için patenti	Platin grubu ve altın	Karbon indirgeyici ile metallerin eritilmesi	Platin grubu metaller ve altın geri kazanıldı

Kaynak: ITU-D, 2017

3.2.4. PCB (Baskı Devre Kartı) Geri Dönüşümü

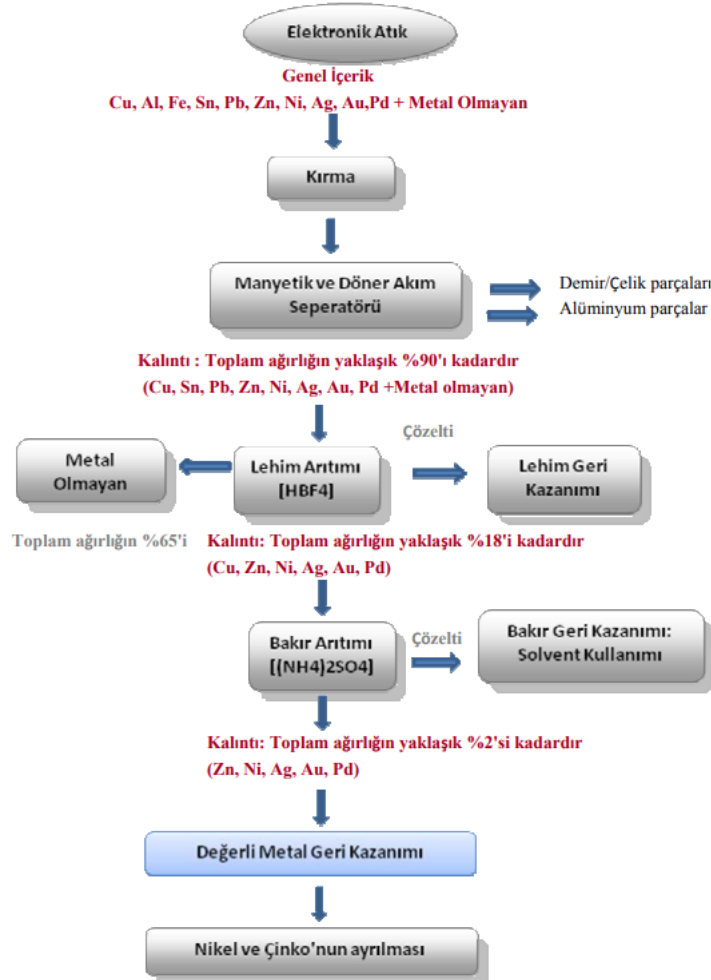
Baskılı devre kartı olarak bilinen PCB; elektronik bileşenleri bir arada tutan parça olup bileşenlerin elektriksel olarak birbirine bağlanmalarını sağlar. Günümüzde akıllı saatlerde altı katmanlı olan PCB kartı, süper bilgisayar ve sunucularda altmış katmanlı, garaj kapısı için kullanılan kartta tek katmanlı olup tüm cihazların temelinde PCB kartı bulunmaktadır. Yapı olarak düz, sert ve yalıtkan özelliğine haiz olup, üstünde iletkenler bulundurmaktadır (Elektrikport, 2021). Şekil 3.11’ de örnek PCB kartı gösterilmiş olup, Şekil 3.12’ de PCB kartlarında bulunan metallerin geri kazanım süreci bulunmaktadır.

Şekil 3. 11. PCB Kartı



Kaynak: Mokotechnology, 2022

Şekil 3. 12. PCB Metallerinin Geri Kazanımı



Kaynak: Çevikel, 2009.

Tablo 3. 4. Pilin Geri Dönüşümü

PİL TÜRÜ	GERİ DÖNÜŞÜM SÜRECİ
Alkalinemanganez ve çinko karbon piller	Hidrometalurjik ve pirometalurjik işlemler, inşaat sektöründe kullanılmak üzere çinko, çelik ve ferro-manganez veya dolguyu geri kazanmak için uygundur.
Nikel kadmiyum piller	Pirometalurjik işlemler, ferronikelin yanı sıra yeni Ni-Cd piller üretmek için yeniden kullanılan% 99 saflıktaki kadmiyumu geri kazanmak için kullanılır.
Nikel metal hidrit piller	Bunlar nikel, demir ve diğer metalleri geri kazanmak için işlenir.
Şarj edilebilir lityum iyon piller	Bu tür kobalt, demir ve diğer metalleri geri kazanmak için işlenir.
Kurşun Asitli Aküler	Kurşun, yeni pillerde yeniden kullanılmak üzere geri kazanılır.
Buton Piller	Gümüş oksitler, saatlerde kullanılmak üzere kuyumcular tarafından gümüşün geri dönüşümü için toplanır. Piller ayrıca cıva, çinko ve çeliği geri kazanmak için geri dönüştürülebilir.

Kaynak: Gómez, 2020

3.3. Yenilenmiş (Refurbished) Cihazlar ve Pazarı

Küresel sınırlı kaynak arzını tüketmeden malzeme talebini karşılayabilmek için ekonominin döngüsel geçişini hızlandırmak elzem olmuştur. Bundan dolayı kapsam dahilinde bulunan cihazlar daha uzun süre kullanılması ve kaynak verimliliği, yeniden kullanım, onarım ve geri dönüşüm oranları artırılması gerekmektedir (GSMA, 2022, s.7). Yeni cihazlara olan talep yüksek olmaya devam ederken, halihazırda tomurcuklanan bir döngüsel ekonomiye dair kanıtlar mevcuttur. Günümüzde dünya çapında satılan akıllı telefonların %11'i yenilenmekte olup, pazarı da artmaktadır (PERSISTENCE, 2023). Yenilenmiş mobil cihaz pazarının 2020'deki 49,9 milyar dolara kıyasla 2030 yılına kadar 140 milyar dolardan fazla değere sahip olacağı tahmin edilirken, bu eğilimin devam etmesi beklenmektedir (PERSISTENCE, 2023).

Tablo 3. 5. Yenilenmiş Cep Telefonu Pazar Payı

Öznitellikler	Temel bilgiler
Yenilenmiş ve Kullanılmış Cep Telefonları Pazar Büyüklüğü (2022)	50.500,20 Milyon ABD Doları
Tahmini Piyasa Değeri (2033)	172.092,50 Milyon ABD Doları
Küresel Pazar Büyüme Oranı (2023 - 2033)	%11,9
İkinci El Telefonlar Pazar Payı (2022)	%54,4
ABD Pazar Payı (2022)	%17,2

Kaynak: PERSİSTENCE, 2023

Ülkemizde 6502 sayılı Tüketicinin Korunması Hakkında Kanuna dayanılarak hazırlanan “Yenilenmiş Ürünlerin Satışı Hakkında Yönetmelik” ile Yönetmeliğin ekinde yer alan kullanılmış malların yenilenerek tekrar satışa sunulmasına ilişkin uygulama ve esasları düzenlemektedir. EK-1’de yer alan yenilenerek sunulabilecek kullanılmış mallar listesi; cep telefonları, tabletler, akıllı saatler, bilgisayar (dizüstü, masaüstü), oyun konsolları ve modemlerdir. Yenilenmiş ürünlere sağlanacak asgari garanti süresi bir yıldır ve bu süre, ilgili cihazın tüketiciye teslimi ile başlar.

Yönetmeliğin “Yetkili alıcının sorumlulukları” başlıklı 11’inci maddesinin ikinci fıkrasında

- Yetkili alıcı, elektronik kimlik bilgisi bulunan kullanılmış malların en az bir yıl öncesine ilişkin data, ses ya da kısa mesaj kullanım trafiği bulunduğunu Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu kayıtlarından kontrol eder.

Aynı Yönetmeliğin “Yenileme merkezinin sorumlulukları” başlıklı 12’inci maddesinin dördüncü fıkrasında ise,

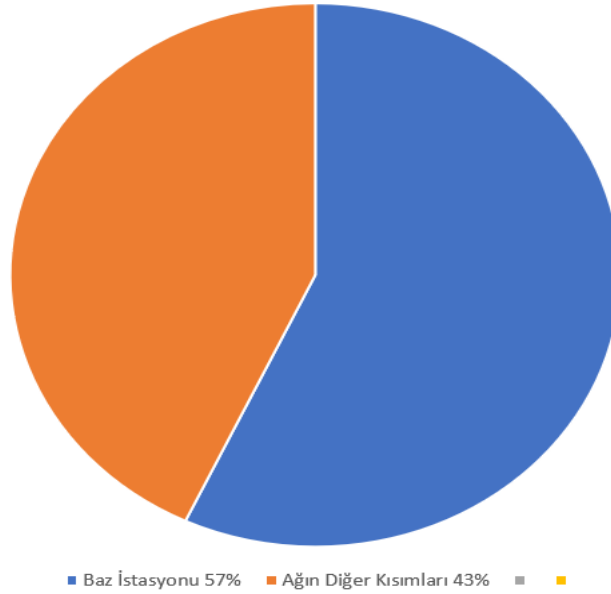
- Yenileme merkezi, elektronik kimlik bilgisi bulunan kullanılmış malların en az bir yıl öncesine ilişkin data, ses ya da kısa mesaj kullanım trafiği bulunduğunu Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu kayıtlarından kontrol eder. Bu şartları sağlamayan kullanılmış mallara yenileme işlemi yapamaz.” hükmü yer almaktadır. Bu kapsamda yenileme merkezlerine gelen cihazların yenilenmiş ürün işlemlerinin başlatılabilmesi

için Kurumumuzdan kayıtların kontrol edilmesi gerektiği, aksi takdirde bu cihazlara yenileme işleminin yapılamayacağı belirtilmektedir.

3.4. Enerji Tüketimi ve Karbon Ayak İzleri

Bir mobil haberleşme ağını incelediğimiz zaman; baz istasyonları, çekirdek ve taşıma gibi farklı parçalardan oluşmaktadır. Şekil 3.14'te gösterildiği gibi, baz istasyonları başka bir deyişle mobil radyo erişim ağı (mobil RAN), bir mobil operatörün ağ enerji tüketiminin yaklaşık %57'sini oluşturmaktadır (MTN Consulting, 2022).

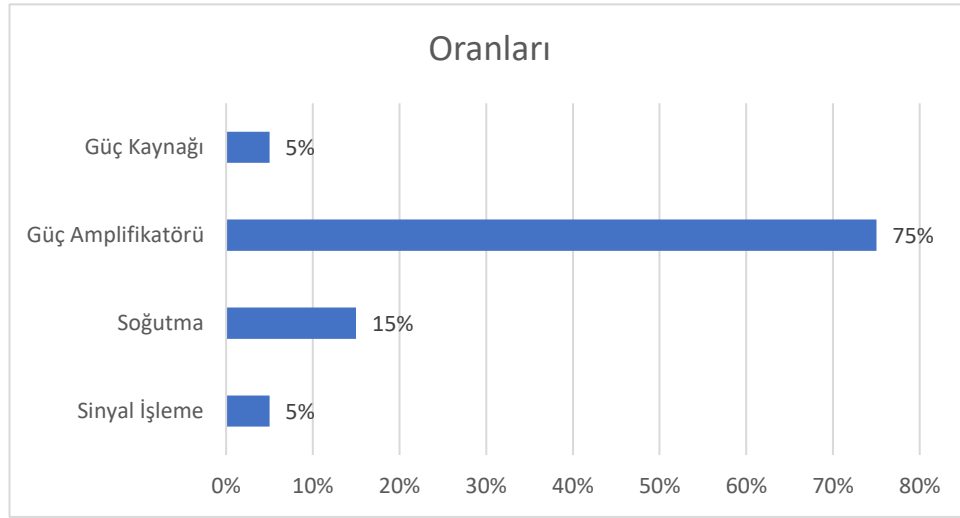
Şekil 3. 14. Baz İstasyonunun Mobil Ağ Enerji Tüketimine Katkısı



Kaynak: Wu vd., 2015

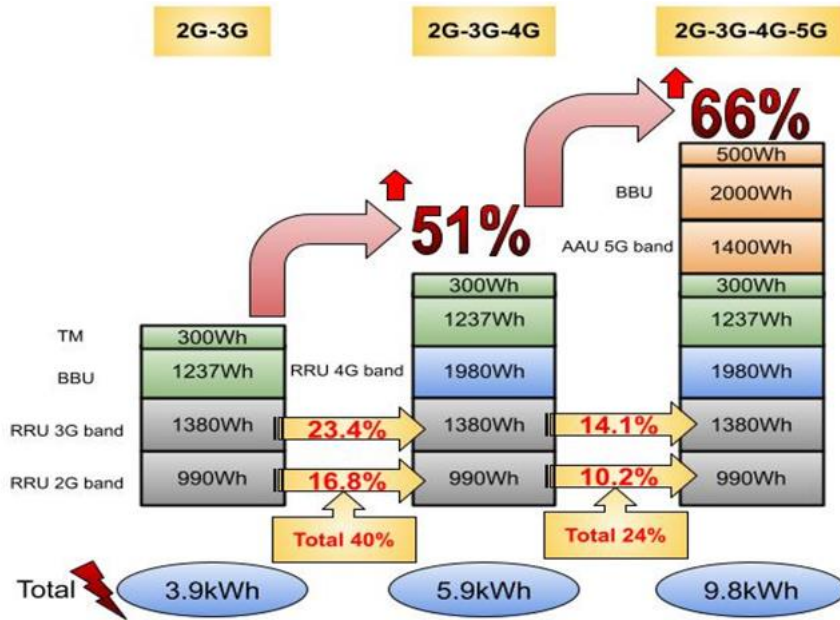
Bir baz istasyonu sisteminde, farklı ağ türlerindeki (2G, 3G, 4G ve 5G) enerji tüketim oranları aşağıdaki Şekil 3.15'te belirtilmekte olup en çok en çok enerji tüketen baz istasyonu elemanı güç amplifikatörleridir. Sırasıyla sinyal işleme sistemi %5, soğutma %15, güç amplifikatörü %75, güç kaynağı %5 enerji tüketmektedir.

Şekil 3. 15. Ağ Elemanlarına Göre Baz İstasyonu Enerji Tüketimi Dağılımı



Kaynak: Ayang vd., 2016

Şekil 3. 16. Bir Baz İstasyonundaki Temel Bileşenlerin Üç Ağ Yapılandırması Geneline Enerji Tüketimi



Kaynak: MTN Consulting, 2022

Şekil 3.16' da belirtildiği gibi sütunlar tipik bir baz istasyonunun konfigürasyonunu gösterip, satırlar, başta güç amplifikatörleri olmak üzere etkileyen öğelerdir. 2G ve 3G katmanı için gerekli olan elemanları gri renkli kutular, 4G katmanı için gerekli olan elemanları mavi renkli kutular, 2G, 3G ve 4G için gerekli olan elemanları yeşil renkli kutular ve turuncu renkli kutular da 5G katmanı için gerekli unsurları göstermektedir (MTN Consulting, 2022).

Elemanların içinde bulunan değerler o elemanın maksimum enerji tüketimini temsil etmektedir. Şekil 3.16'da görüldüğü gibi sadece 2G/3G'de baz istasyonu 3,9kWh enerji tüketmektedir. Baz istasyonuna 4G katmanı eklendiğinde bu baz istasyonunun enerji tüketimi %51 oranında artmaktadır. 2G, 3G ve 4G baz istasyonunun üzerine 5G katmanı eklendiğinde enerji tüketiminde %66'lık bir artış daha beklenmektedir. Şekilde kırmızı oklar da maksimum enerji tüketimindeki bu artışları göstermektedir. Sonuç olarak, 5G ile beraber görünen enerji tüketimi çok fazla olmaktadır. Bu durumun hem maddi hem de iklimsel olarak etkisi vardır. Ancak, burada önemli olan yeni teknolojiye yükseltme yapıldığında eski ağ öğelerinin toplam enerji tüketimine olan katkısıdır. Bu değerler şekilde sarı oklarla gösterilmektedir. Yani 2G/3G/4G baz istasyonlarında 2G ve 3G katmanına tutunarak yaklaşık %40 oranında ilave enerji tüketilmektedir. Aynı şekilde, birleşik bir 2G/3G/4G/5G baz istasyonunda, 2G ve 3G katmanlarının bu baz istasyonunda hala bulunması nedeniyle yaklaşık %24 ekstra enerji tüketilmektedir (MTN Consulting, 2022). Bu kapsamda 5G 'ye geçiş ile enerji tüketiminin artması beklenen bir durumdur ancak diğer teknolojilerle kullanıldığında bu oran daha da artmaktadır. Söz konusu durumda 5G sistemini diğer teknolojilerle kullanmak enerji tüketimini daha da arttıracığından 2G ve 3G' nin kapatılmasının daha ekonomik olacağı düşünülmektedir.

Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BIT) sektörünün getirdiği risklerden en önemlisi, sektörün yüksek enerji tüketimi ve sera gazı etkileridir. Özellikle veri merkezlerinin enerji tüketim miktarının artan değerleri öne çıkmaktadır. BIT ürünlerinin kullanım ömürlerinin artırılması ve geri dönüştürülebilir ürün tasarımlarının daha da yaygınlaştırılması gerekmektedir. Bu nedenle BIT teknolojilerinin çevre dostu enerji tüketim çözümlerinin teşvik edilmesi elzemdir. Sürdürülebilirlik konusunun yüksek

maliyet içerdiği algısından çıkılarak bir ekonomik fırsat olarak değerlendirilebilmekte ve yeni iş modellerinin oluşabileceği göz önünde bulundurulmaktadır (BOSA, 2024).

3.5. Yeşil Bilişim

Yeşil Bilişim, çevresel açıdan sürdürülebilir bilgi işlem kaynaklarının oluşturulması ve kullanılmasının uygulamasına denmektedir. Bu sistem, çevreye olumsuz etkileri en aza indirmeyi hedeflemekte ve sunucuların, kişisel bilgisayarların ve diğer bilgisayarla ilgili ürünlerin tasarımını, üretimini, işletimini ve imhasını çevre dostu bir şekilde yapmayı amaçlamaktadır. Yeşil bilişim ayrıca, enerji verimli merkezi işlem birimleri (işlemciler), sunucular ve çevre birimlerinin satın alınması ve kullanılması, kaynak tüketiminin azaltılması, bilgisayarlar, elektronik cihazlar ve bunlarla ilişkili alt sistemler gibi okul ve diğer ev kaynaklarının çevreye duyarlı kullanımını ve e-atıkların güvenli bir şekilde geri dönüştürülmesi vb. uygulamalarını içermektedir (Çaycı vd., 2024, s.12-13). Yeşil Bilişimin kapsamakta olduğu çalışmalar aşağıdaki gibi sıralanabilir; (Murugesan, 2008, s.26)

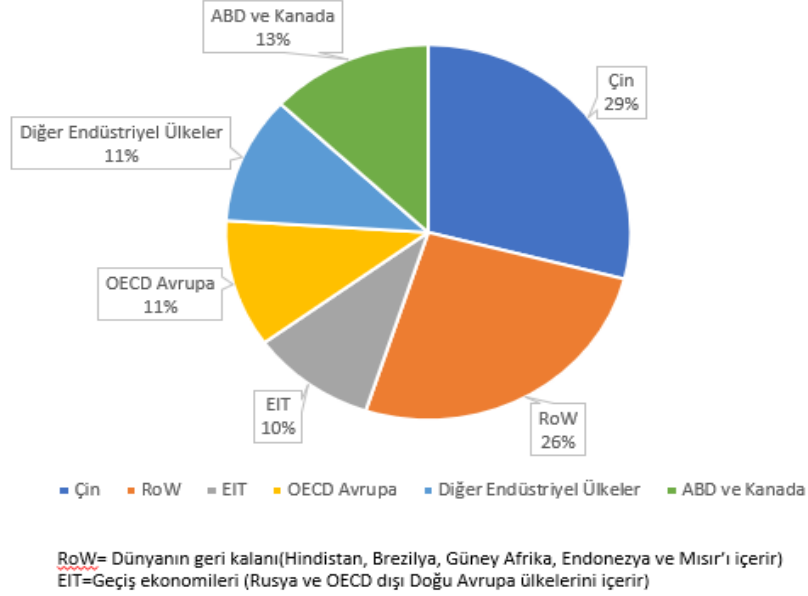
- Çevresel sürdürülebilirlik için tasarım
- Enerji verimli bilgi işlem
- Güç yönetimi
- Veri merkezi tasarımı, düzeni ve konumu
- Sunucu sanallaştırma
- Sorumlu imha ve geri dönüşüm
- Mevzuata uygunluk
- Yeşil metrikler (veri merkezleri) ve değerlendirme araçları
- Çevre ile ilgili risk azaltma
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve BT ürünlerinin eko etiketlenmesi

3.6. Sera Gazı Emisyonu/Karbon Ayak İzi

Sera gazları, Güneş'ten gelen kızılötesi ışınları atmosferde absorbe ederek ve yayarak sera gazı etkisi oluşturan gazlardır. Bu gaz bileşenleri atmosferde doğal olarak bulunmakta ama atmosferdeki sera gazı seviyesinin yükselmesi sonucu dünyanın ısınması, insani faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Bu da sera etkisini güçlendirerek iklim değişikliğine neden olmaktadır. Karbon ayak izi; insan kaynaklı faaliyetlerden açığa çıkan sera gazı emisyonlarının karbondioksit eşdeğeri (CO₂) cinsinden hesaplanmasına denmektedir (Semtrio, 2024).

İklim değişikliği, tüm dünyadaki ülkeler tarafından insanoğlunun karşı karşıya kaldığı başlıca endişe olarak görülmektedir. Bu iklim değişikliğinin temel sebeplerinden biri, giderek küreselleşen ve sanayileşen bir dünyada insanların çalışmalarından kaynaklanan Sera Gazlarının (GHG'ler) yükselen emisyonlarıdır. Atmosferik sera gazı konsantrasyonlarını stabilize etmeyi amaçlayan "iklim sistemine tehlikeli antropojenik müdahaleyi" önlemek için 1992'de, bir BM eylem çerçevesi, "Rio Sözleşmesi" ile ortaya konmuştur. Aralık 2015'te yapılan ve 196 ülkenin küresel iklim anlaşmasını kabul ettiği Paris İklim Konferansı; ilk evrensel ve yasal bağlayıcılığı olan iklim değişikliğiyle mücadeleye yönelik önemli bir adımdır. Anlaşma, tehlikeli iklim değişikliğini önlemek amacıyla küresel ısınmayı 2°C'nin çok altında sınırlamak için küresel bir eylem planı ortaya koymaktadır (TRAI, 2017, s.1). Şekil 3.17'de dünyada genelindeki karbon ayak izleri gösterilmektedir. Burada %29 oranla Çin'in dünyadaki karbon ayak izinin en büyük payına sahip olduğu görülmektedir.

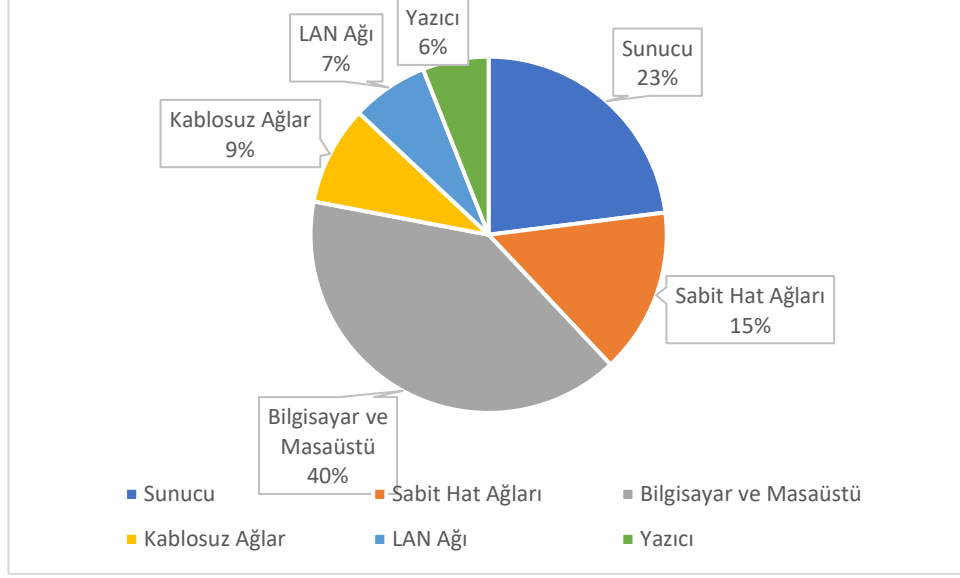
Şekil 3. 17. Dünyadaki BİT Karbon Ayak İzleri



Kaynak: TRAI, 2017

Dünya çapında Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin küresel sera gazı emisyonunu ayak izi günümüzde %1,5 ile %4 arasında olup, artması beklenmektedir (Bieser, 2023, s.1). Küresel karbon ayak izi, inşaat ve ulaşım gibi diğer sektörlere kıyasla düşük olmasına karşın yine de önemli bir paya katkıda bulunmakta ve telekomünikasyon ağının giderek artan erişimi ile daha fazla etki bırakmaya devam etmesi öngörülmektedir. Dünyanın artan hesaplama, veri depolama ve iletişim ihtiyacı, telekomünikasyondaki hızlı büyümeyi tetiklemekte ve bu tür teknolojilerle ilişkili emisyonları artırmaktadır. Şekil 3.18' de %40 oranla bilgisayarın yaydığı karbon ayak izinin en yüksek oranda olduğu %6 oranla da yazıcının en düşük oranda olduğu görülmektedir.

Şekil 3. 18. BİT Ekipmanları Bileşenlerinin Karbon Emisyonuna Katkısı



Kaynak: TRAI, 2017

3.7. Sıfır atık

19'uncu yüzyılda başlayan atıkların birer kaynak olarak değer kazandırmak düşüncesiyle alakalı tartışmaları destekleyebilecek sıfır atık yaklaşımı, günümüz dünyasında farklı şekillerde algılanıp tanımlanmaktadır (Bilgili, 2021, 688-689). 2018'de güncellenen tanımıyla "Sıfır Atık: Ürünün, ambalajın ve malzemelerin yakılmadan, toprağa, suya, havaya deşarj edilmeden ve çevreyi ve insan sağlığını tehdit etmeden sorumlu üretimi, tüketimi, yeniden kullanımı ve geri kazanımı yoluyla tüm kaynakların korunması" olarak ifade edilmiştir (Zwia, 2024).

ÇŞİDB Sıfır Atık Projesi 2017 Yılı Faaliyet Raporu'nda sıfır atık kavramını "israfın önlenmesini, kaynakların daha verimli kullanılmasını, oluşan atığın miktarının azaltılmasını, etkin toplama sisteminin kurulmasını, atıkların geri dönüştürülmesini kapsayan atık önleme yaklaşımı olarak tanımlanan bir hedeftir" olarak ifade etmiştir.

Sıfır atık yaklaşımı günümüzde, ilk olarak üretim sürecinden başlanıp malzemelerin atık ortaya çıkarmayacak ya da yeniden kullanılabilir şekilde tasarlanması ve atık miktarının kaynaktan minimuma indirilmesi, ürünlerin yeniden kullanılması, yeniden kullanılması mümkün değilse geri dönüştürülmesi ve/ yada kazanılması, yakma ve

depolama seçeneklerinin atık yönetim süreçlerine dahil edilmek istenmediği bir atık yönetim tablosu mevcuttur (Bilgili, 2021, s.698-699). Şekil 3.19'da sıfır atığın yönetim süreci belirtilmektedir. Sıfır atık sisteminde en çok tercih edilen seçenek sıfır atık ürün tasarlaması olup, en az tercih edilen seçenek ise yakma/depolamadır.

Şekil 3. 19. Sıfır Atık Hiyerarşisi



Kaynak: Bilgili, 2021

3.8. Bölüm Değerlendirmesi

Küresel olarak, elektronik cihazlar ve bağlantıları yıllık bazda hem nüfustan hem de internet kullanıcılarından daha hızlı büyümektedir. Özellikle elektronik atık Bilgi ve İletişim Teknolojisi (BİT)'in büyümesine müteakip büyüyen bir sorun olmaktadır. Dünya çapında Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin küresel sera gazı emisyonunun ayak izi günümüzde %1,5 ile %4 arasında olduğu düşünülmektedir. Bu yüzden BİT ekipmanlarını sürdürülebilir cihazlardan oluşturmak ve çevreye yaydığı zararlı etkileri en aza indirmek önem arz etmektedir. BİT ekipmanları içinde zararlı malzemeler içerebileğinden uygun bir şekilde toplanmaları önemlidir. Ayrıca aynı zamanda e-atıklar, yüksek değerli nadir malzemeler (altın, kobalt, platin vb.) içerdiği için, geri dönüştürülmesi önemlidir. Aksi halde kıt ve değerli doğal malzemelerin gereksiz kaybı söz konusu olabilecektir. İnternet kullanımı arttıkça haberleşme (BİT) ekipmanlarına olan talep de artmaktadır. Bu artan talep ve kullanımla beraber haberleşme altyapısı daha da önem kazanmaktadır. Uzaktan çalışma, telekonferans, e-Ticaret, IoT teknolojisi, 5G, fiber internet, yapay zekâ uygulamaları, dijital sağlık uygulamaları,

mobil oyun sektörünün artan kullanıcı sayısı; veriye ve veri depolanmasına olan ihtiyaçlarda artışa sebep olmakta ve veri merkezleri giderek önem kazanmaktadır. Veri merkezi ekipman atıkları, dizüstü bilgisayarlar vb. küçük bilgi teknoloji cihazlarından daha yüksek kalitede geri dönüşüm malzemesi içermektedir. Örneğin, veri merkezleri, bireysel tüketici cihazlarından alınan tipik devre kartlarından ortalama olarak daha yüksek değerli metal içeriğine sahip yüksek kaliteli devre kartları ve arka paneller kullanmaktadır.

Bu yüzden veri merkezlerindeki kullanılan ekipmanların geri dönüşümünün olup olmadığı ya da ikincil kullanıma uygunluğu, kullanılan ekipmanlardaki malzeme bileşenleri atıklarının yönetiminin olması, malzemelerinin kullanım ömrünün belli olması (ikincil kullanımdan sonra da ne kadar süre kullanılabilceği) önemli noktalardır. Veri merkezi ekipmanlarının neredeyse tamamı yaygın metallere (çelik, bakır, alüminyum) ve polimerlerden oluşurken, 10 kritik hammadde tipik olarak bileşenlerin yüzde 0,2'sini oluşturmaktadır. Ama, kritik hammaddeler için tedarik riski yüksektir ve AEEE 'den geri dönüşüm oranlarının yalnızca yüzde 1 civarında olduğu düşünülmektedir. Ayrıca veri merkezlerindeki fiber kullanımı da öne çıkan bir konudur. Fiber optikler, bakırdan daha az hat kartı gerektirdiği için bu aynı zamanda daha az rafa yol açarak israfı minimuma indirebilmektedir.

Gelişen teknolojiyle beraber 5G kullanımları başlamış olup, 2G, 3G ağının sona ermesi (gün batımı) ve yerel düzenleme direktifleri nedeniyle belirli RAN ekipmanları kullanımdan kaldırılacaktır. 5G sistemleri başta 4G ağlarıyla beraber kullanılabilir fakat sonraki zamanlarda gelişen teknolojiye dolaylı ihtiyaçları karşılayabilen yeni bir mimariye sahip radyo erişim ağı olması gerekmektedir. Bir diğer husus da yeni teknolojiye yükseltme yapıldığında eski ağ öğelerinin toplam enerji tüketimine olan katkısıdır. 5G'nin bulunduğu bir sistemde eski teknoloji (2G ve 3G) yer aldığı harcanan enerji yaklaşık tüm sistemin %24'ü kadar olabilmektedir. Bu durumda tüm sistemi aynı yerde bulundurmaya ya da eski sistemle beraber yeni sistemin olması enerji anlamında israf oluşturabilecektir. Çevresel anlamda sürdürülebilirliğin günümüzde daha da önem kazandığı bu dönemde temiz teknolojiyi ifade eden Yeşil Bilişim sistemi öne çıkmaktadır. Yeşil bilişim elektronik ekipmanlar

ve bunlarla ilgili alt sistemlerin çevreye duyarlı kullanımını ve e-atıkların güvenli bir şekilde geri dönüştürülmesi vb. uygulamalarını kapsamaktadır. Yeşil bilişim teknolojilerini benimsemenin hem elektronik haberleşme atıklarının çevresel etkisini azaltması hem de küresel sera gazı emisyonlarının azalmasında da etkili olabileceği öngörülmektedir. Bu yüzden yeşil bilişimin iklim değişikliği ve küresel ısınmayla mücadelede değerlendirilmesi gereken önemli bir teknoloji olabileceği düşünülmektedir.

4. ELEKTRONİK HABERLEŞME ATIKLARININ ULUSLARARASI MEVZUATI VE ÜLKE UYGULAMALARI

4.1. Uluslararası Düzenlemeler ve Mevzuat

Bilgi teknolojileri ve haberleşme ekipmanlarının atıkları, geri dönüşümleri, yeniden kazanımları, enerji tasarrufları, daha uzun ömürlü sürdürülebilir cihazlar tasarlanması, daha az karbon ayak izi oluşturan cihaz üretimi gibi konular üzerine dünyada belli başlı düzenlemeler mevcuttur. Aşağıdaki bölümde mevzuat detayları ve direktiflerin ilgili kısımlarına verilmiştir.

4.1.1. Basel Sözleşmesi

Basel Sözleşmesi ve detaylarıyla ilgili T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından “1989 yılında kabul edilen ve 1992 yılında yürürlüğe giren *Tehlikeli Atıkların Sınırlar Ötesi Taşınması ve Bertaraf Edilmesinin Kontrolüne İlişkin Basel Sözleşmesi'nin amacı, tehlikeli ve diğer atıkların sınırlar ötesi taşınması, bertaraf edilmesi ve geri dönüşümünden doğabilecek tehlikeleri ortadan kaldırmaktır. Atıkların, sanayileşmiş ülkelerden gelişmekte olan ülkelere doğru taşınması, Sözleşme'nin üzerinde durduğu en önemli unsuru oluşturmaktadır*” hususları ifade edilmiştir.

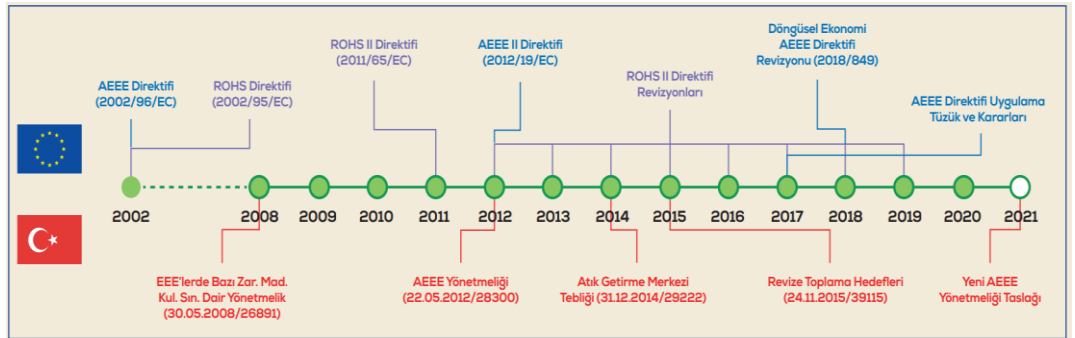
Basel Sözleşmesi'ne göre, taraf ülkeler arasında atıkların hareketi gerçekleşmeden önce bir ön bildirim yapılması zorunludur. Basel Sözleşmesi'ne göre, sınır aşan bir hareketin hukuk çerçevesinde gerçekleşebilmesi için, ihracatçı devlet, ithalatçı devletin taşımaya ilişkin yazılı onayını alması gerekmektedir. Bu çerçevede, Sözleşme'ye taraf olan her devletin, tehlikeli veya diğer atıkların ithalini ve ihracını yasaklama hakkı mevcuttur. Halihazırda Sözleşme'yi imzalayan 53 ülke, Sözleşme'ye taraf olan ise 183 ülke vardır. Türkiye Sözleşme'yi 22.05.1989 tarihinde imzalamış ve 22.06.1994 tarihi itibarıyla taraf olmuştur (ÇŞİDB, 2024).

4.1.2. ROHS ve WEEE Direktifleri

Avrupa Birliği Komisyonu tarafından çevreye zararlı elektrikli ve elektronik cihaz atıklarının düzenlenmesi ve olumsuz etkilerini önlemek amacıyla, 2002/96/EC sayılı “Elektrikli ve Elektronik Ekipman Atıkları Direktifi” (Waste of Electronic and

Electrical Equipment-WEEE) ile 2002/95/EC sayılı “Bazı Zararlı Maddelerin Kullanılmasının Sınırlandırılması Direktifi” (Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances-RoHS) oluşturulmuştur (SGS, 2019). Şekil 4.1’de Avrupa Birliği ve ülkemizin geçmişten bu yana elektrikli elektronik ekipmanın mevzuat akışı gösterilmektedir.

Şekil 4. 1. AB ve Türkiye Mevzuat Karşılaştırılması



Kaynak: T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2021

4.1.2.1. ROHS Direktifi

Elektrikli ve Elektronik Ekipmanlarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanılmasının Sınırlandırılması (The Restriction of The Use of Certain Hazardous in Electrical and Electronic Equipment -RoHS) Direktifi (RoHS) uyarınca, elektrikli ve elektronik cihazlar üreten firmalar, ürünlerinin, ürünlerinde bulunan homojen parçalarının sınırlandırılmış kimyasal maddeleri içermemesinden ve ilgili standartlara uygun olmasından ve uygunluk beyanından sorumludur (SGS).

ROHS direktifleriyle elektrikli ve elektronik cihazların üretiminde aşağıdaki tabloda belirtilen maddelerin kullanımı kısıtlanmıştır.

Tablo 4. 1. ROHS Kapsamında Kullanımı Sınırlandırılan Maddeler

Ürün	Sınır Miktar parts per million
Kadmiyum	0,01 ppm
Cıva	0,1 ppm
Krom (+6 Değerlikli)	0,1 ppm
Polibrominli bifenil	0,1 ppm
Polibrominli difenileter	0,1 ppm
Kurşun	0,1 ppm

Kaynak: Yeşilkaya, 2012

-Avrupa Birliği tarafından 2002 yılında yayımlanan 2002/95/EC sayılı direktifle Avrupa Birliği pazarındaki tüm ürünlerin ROHS gerekliliklerini sağlaması şartı koyulmuştur.

-Avrupa Birliği tarafından 2011 yılında 2011/65/EC sayılı direktifle CE markalama gereklilikleri ROHS' a ilave edilmiştir.

Şekil 4. 2. CE İşareti

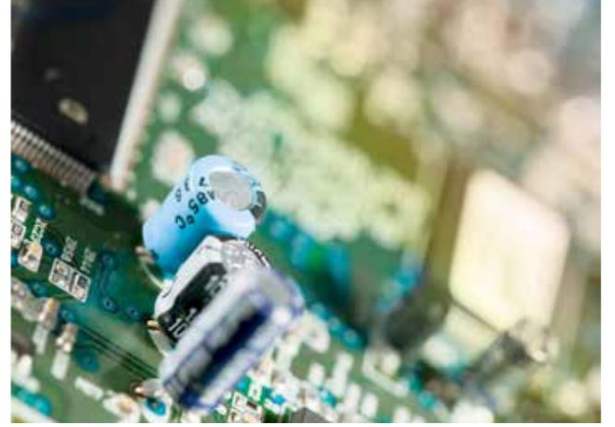


Kaynak: Ticaret Bakanlığı, 2021

-2011/65/EC sayılı Direktifle 2015/863 sayılı ek ilave edilmiştir. 22 Temmuz 2019'dan itibaren ilave edilen bu sayı ROHS 3 direktifi ile kısıtlanan maddeler eklenmiştir (SGS).

Şekil 4. 3. ROHS 3 ile Kısıtlanan Maddeler Listesi

ROHS 3 İLE KISITLANAN MADDELER LİSTESİ
• Kadmiyum (Cd): <100 ppm (0.01 %)
• Kurşun (Pb): <1000 ppm (0.1 %)
• Cıva (Hg): <1000 ppm (0.1 %)
• Krom +6: (Cr VI) <1000 ppm (0.1 %)
• Polibromlu Bifeniller (PBB): <1000 ppm (0.1 %)
• Polibromlu Dipenil Eterler (PBDE): <1000 ppm (0.1 %)
• Bis (2-ethylhexil) fitalat (DEHP): <1000 ppm (0.1 %)
• Butil benzil fitalat (BBP): <1000 ppm (0.1 %)
• Dibutil fitalat (DBP): <1000 ppm (0.1 %)
• Diisobutil fitalat (DIBP): <1000 ppm (0.1 %)



Kaynak: SGS, 2019

4.1.2.2. WEEE Direktifi

WEEE “Waste Electrical and Electronic Equipment” (Atık Elektrik ve Elektronik Ekipman, AEEE) olarak bilinen Avrupa Birliği Komisyonu tarafından tanzim edilen 2002/96/EC sayılı direktiftir. WEEE direktifi; döngüsel ekonomiye ve kaynaklara katkıda bulunmayı amaçlayan ve kullanım ömürlerini tamamlayan elektrik ve elektronik cihazların toplanması, geri dönüştürülmesini kapsayan bir düzenlemedir (EUROLAB, 2020). 2012/19/EC sayılı direktif güncel halindedir. WEEE direktifince cihazların geri dönüşümü için, cihazların toplanması, hammaddelerine ayrıştırılması ya da tamir edilerek geri kazanılması hedeflenmektedir. Bu süreçleri organize etmek ve gerekli finansmanı sağlamak da üreticilerin sorumluluğundadır. Üreticiler bu süreçleri tek başlarına ya da toplu olarak yapmakta serbesttirler (Uysal, 2015).

Geri dönüşüm ve geri kazanım düşüncesinden etkilenen ürünler RoHS’ a benzemekle beraber daha detaylı olup aşağıdakilerden oluşmaktadır (Bimel, 2024).

- Ev elektroniği (küçük cihazlar)
- Ev elektroniği (büyük cihazlar)
- IT ve haberleşme cihazları
- Tüketici ürünleri
- Aydınlanma ürünleri
- Elektrik ve elektronik aletler (sabit ve büyük endüstriyel cihazlar hariç)

- Oyuncaklar, eğlence ve spor için üretilen ürünler
- Tıbbi cihazlar (implant ürünleri ve enfeksiyon taşıyanlar hariç)
- Ölçüm ve kontrol cihazları
- Otomatik atık cihazları

Genel WEEE kuralları şunlardır:

-Üye ülkeler kendi ülkelerindeki WEEE kapsamına giren üreticileri bildirmeli ve kayıt altına alınmasını sağlamalıdır.

-Perakende satıcılar sattıkları ürüne karşılık tüketicinin iade etmek istediği WEEE uyumlu elektronik eşya varsa bunu kabul etmek zorundadır. Kampanya yoksa eski ürün sıfır ücretten iade edilebilmelidir. Yeni ürün alımını gerçekleştiren müşteriye eski malı iade etmesi için 15 gün süre tanınmalıdır.

-WEEE ürünlerini teslim alabilmesi için satıcıların bir form doldurarak (€20) gibi cüzi bir ücret ödeyerek) yerel makamlara kaydolması gerekmektedir. Bu durumda kaydı olan satıcılar eski WEEE ürünlerini yerel makamların göstereceği toplama merkezlerine boşaltabileceklerdir.

-Satıcılar WEEE ürünlerini yerel toplama merkezlerine dökerken ayrıca bir ücret ödememektedirler.

WEEE işaretli ürünlerin tüketici tarafından çöpe atılması engellenmiştir. Tüketiciler bu tür ürünleri kayıtlı satıcılar üzerinden toplama merkezlerine gönderebilecek, bunun için de herhangi bir masraf yapmayacaklardır (Bimel, 2024).

Şekil 4. 4. WEEE İşareti



Kaynak: ÇŞİDB, 2015a

4.1.3. Pil Düzenlemesi

Atık pillerin olumsuz etkisini en aza indirmek, çevre kalitesini korumak ve geliştirmek amacıyla Avrupa Birliği 2006/66/EC sayılı Direktifi oluşturmuştur. Daha sonrasında piller ve atık pillere ilişkin sürdürülebilirlik kurallarını güçlendiren 12 Temmuz 2023 tarihli 2023/1542 sayılı yeni yönetmeliği Avrupa Parlamentosu ve Konsey Yönetmeliği kabul etmiş olup bu direktifin yerini almıştır. Mevcut Yönetmeliğe göre;

-Yönetmelik atık taşınabilir pillerin toplanmasına yönelik hedefler belirlemektedir (2027 sonuna kadar %63 ve 2030 sonuna kadar %73).

- Atık pillerden lityumun 2027 sonuna kadar %50, 2031 sonuna kadar ise %80 geri kazanımına yönelik bir hedef belirlenmektedir. Bu durum, pazara, teknolojik gelişmelere ve lityumun bulunabilirliğine bağlı olarak yetki devri yoluyla değiştirilebilecektir.

- Endüstriyel, SLI piller ve EV pilleri için zorunlu minimum geri dönüştürülmüş içerik seviyelerini öngörmektedir. Bunlar başlangıçta kobalt için %16, kurşun için %85, lityum için %6 ve nikel için %6 olarak belirlenmiştir. Pillerin geri dönüştürülmüş içerik belgelerine sahip olması gerekli olmuştur.

- Nikel-kadmiyum piller için geri dönüşüm verimliliği hedefi 2025 yılı sonuna kadar %80, diğer atık piller için ise 2025 sonuna kadar %50 olarak belirlenmiştir.

- Yönetmelik 2027 yılına kadar cihazlara dahil edilen taşınabilir pillerin son kullanıcı tarafından çıkarılabilir ve değiştirilebilir olmasını ve operatörlere ürünlerinin tasarımını bu gereksinime uyarlamaları için yeterli zaman tanımmasını öngörmektedir. Ayrıca hafif taşıma araçlarının pillerinin bağımsız bir profesyonel tarafından değiştirilmesi gerekmektedir.

- Yönetmelik ayrıca, diğer hususların yanı sıra pilin bileşenleri ve geri dönüştürülmüş içeriğine ilişkin etiketleme ve bilgi gerekliliklerini içeren, elektronik bir “pil pasaportu” ve bir QR kodu getirmektedir. Üye devletlere ve piyasadaki ekonomik aktörlere hazırlanmaları için yeterli zaman tanımak amacıyla etiketleme gerekliliklerinin 2026'ya kadar, QR kodunun ise 2027'ye kadar tamamlanması kararlaştırılmıştır (AB 2023/1542 Sayılı Yönetmeliği).

4.2. Uluslararası Birlikler

4.2.1. ITU

Merkezi İsviçre'nin Cenevre kentinde bulunan 1865 yılında Birleşmiş Milletlerin kuruluşu olan ITU (The International Telecommunication Union), 193 Üye Devletten oluşmaktadır. Bu kurum bilgi ve iletişim teknolojileri konusunda çalışmaktadır. E - atık ve geri dönüşüm üzerine yaptığı çalışmalar aşağıdaki gibidir (ITU, 2024b).

-ITU 2022 yılında 2024-2027 tarihleri aralığında evrensel bağlantı ve sürdürülebilir dijital dönüşüm olarak belirttiği stratejik 2 plan belirlemiştir. Bunlardan sürdürülebilir dijital dönüşüm planında e- atıklarla ilgili; enerji verimliliği ve karbon emisyonlarını azaltmak için dijital çözümleri kolaylaştırmanın insan sağlığının ve çevrenin e-atıklardan korunmasıyla sonuçlanacağını belirtmiştir. Bu amaçla Birleşmiş Milletlerin 2020-2030 sürdürülebilirlik yönetimi stratejisine entegre olacağını vurgulamaktadır.

-ITU Üye devletleri 2018 yılında, Connect 2030 Gündemine binaen küresel e-atık geri dönüşüm oranını %30'a ve e-atık mevzuatına sahip olan ülkelerin yüzdesine %50'ye çıkarabilmek adına 2023 küresel "ITU e-atık "hedefi belirlemişlerdir.

-ITU, Birleşmiş Milletler Üniversitesi (UNU) ve Uluslararası Katı Atık Derneği (ISWA) ile beraber "Küresel E-atık İstatistikleri Ortaklığı (GESP)" nın kurucu üyesidir. GESP aracılığıyla toplanan verilere ve istatistiksel tahminlere dayanarak oluşturulan küresel e-atık durumu "Küresel E-atık Monitörü" nde yayımlanmaktadır. Böylece dünya çapında e-atık problemleri hakkındaki bilgiler daha da netlik kazanmaktadır.

-ITU tarafından 2020 itibarıyla 60 farklı ülkeden kişilere Küresel E- atık İstatistikleri Ortaklığı (GESP) aracılığıyla e-atık istatistiklerini derlemek için eğitim verilmiştir.

-ITU ve Birleşmiş Milletlerinden birkaç kuruluş (WHO, UNU, UNITAR, UNIDO, BM-Habitat, BM Çevre, BRS Sekreterlikleri) sistem kuruluşu 2018 yılında BM E-atık Koalisyonu' nu başlatmışlardır.

-ITU' nun 2020'de desteklediği Uluslararası E-atık Günü her yıl Ekim ayında düzenlenmektedir.

-ITU' nun üye olduğu bir diğer kuruluş ise E-atık Sorununu Çözme girişimidir (StEP).

-Elektrik-elektronik cihaz atıklarının çevresel etkileri, Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki nadir metallerin geri dönüşümü için güvenilir prosedürün tanımlanması için uluslararası standart (ITU-T Önerileri) geliştirmiştir.

-Bilgi ve İletişim Teknolojileri ve dijital teknolojilerin iklim eylemlerini hızlandırmadaki rolünü belirtmek için 2019 yılında "Dijital teknoloji inovasyonunu iklim eylemine nasıl dönüştürebiliriz?" başlıklı rapor yayımlamıştır.

4.2.2. ETSI

Avrupa Birliği tarafından Avrupa Standartları Organizasyonu olarak bilinen üç organdan biri olan ETSI (Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü) 1988 yılında Avrupa Posta ve Telekomünikasyon İdareleri Konferansı (CEPT) tarafından

Avrupa Komisyonu önerilerine binaen kurulmuştur. Enstitü'nün 60'tan fazla ülke, 850'den fazla üyesi bulunmaktadır. Başlangıçta Avrupa'nın ihtiyaçlarını gidermek üzere kurulan yapı, halihazırda dünyada standartların kullanıldığı bir yapıya dönüşmüştür (ETSI, 2024).

ETSI 30 Mart 2023'te Sürdürülebilirlik Zirvesi: "Daha Yeşil Bir Dünya için BİT Standartları" isimli bir etkinlik düzenlemiştir. Bu etkinlikte vurgulanan noktalar:

-Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT) ekipmanlarının yaşam döngülerini uzatmaya ve BİT atıklarını azaltmak için sistematik olarak geri dönüşüme ve yeniden kullanıma yönelik acil bir ihtiyaç olduğu,

-BİT ve özellikle veri merkezlerinin önemli bir karbon ayak izi yarattığını ve sürdürülebilir stratejiler için ISO Net Sıfır yönergelerinin kullanılması gerektiği,

-Sektörün eko-tasarım (tasarım yoluyla sürdürülebilirlik) yaklaşımının benimsenmesinin önemi,

- Enerji verimliliği yüksek, daha uzun ömürlü, geri dönüştürülebilir ve onarılabilir ürünlere sahip olmaya çalışılmasıdır.

Kurumumuz ETSI'ye gözlemci statüde üyedir.

4.2.3. Avrupa Birliği

7 Şubat 1992 tarihinde Maastricht'te imzalanan ve 1 Kasım 1993 tarihinde yürürlüğe giren Avrupa Birliği Antlaşması ile oluşturulmuştur. 1 Aralık 2009 tarihinde yürürlüğe giren ve Kurucu Antlaşmalarda değişiklik yapan Lizbon Antlaşması'yla Avrupa Topluluğu ifadesi Avrupa Birliği olarak güncellenmiştir (T.C. Dışişleri Bakanlığı, 2022).

Avrupa Konseyi, AB kurumlarının 2019-2024 yılları arasında 5 yıllık çalışmalarına kılavuzluk etmek amacıyla birkaç önemli alan belirlemiştir. Bunlardan biri de iklime zarar vermeyen, yeşil, adil ve sosyal bir Avrupa inşa etmektir. Ayrıca etkili bir döngüsel ekonomi (ürünlerin daha dayanıklı, yeniden kullanılabilir, onarılabilir, geri

dönüştürülebilir ve enerji açısından verimli olacak şekilde tasarlandığı) bir AB enerji pazarı yaratmaktır (European Commission, 2019).

AB'nin 5 yıllık çalışmaları süresince;

- 2021 yılında Avrupa İklim Yasası kabul edildi.

- 2023'te "Yeşil Mutabakat Endüstriyel Planı" kabul edildi. Plan Avrupa'nın iklim hedeflerini karşılamak için gereken net sıfır teknolojiler ve ürünler için üretim kapasitesini ölçeklendirmeyi içermektedir.

- 2024'ün ilk yarısında "Kritik Hammaddeler Yasası ve Net Sıfır Endüstri Yasası" kabul edildi. Kritik hammaddeler Yasasında kritik hammaddelerin Avrupa'da tedarik edilmesi, işlenmesi ve geri dönüştürülmesi ile tedarik zincirlerinin güvence altına alınması yer almaktadır. Net Sıfır Endüstri Yasası ise temiz enerji geçişini destekleyen ve çalıştığında düşük, sıfır ya da negatif sera gazı emisyonları salan teknolojilerin üretim kapasitesini arttırmaya yönelik çıkarılan yasadır (European Commission, 2024).

4.3. Telekomünikasyon Otoriteleri Çalışmaları

4.3.1. Arcep (Fransa)

Fransa'nın elektronik haberleşme, posta ve basılı medya dağıtım alanlarındaki düzenleyici otoritesi Arcep 'tir. Avrupa Komisyonu'nun 2030 ve 2050 hedeflerine ve Paris Anlaşması çerçevesinde verilen taahhütlere yanıt vermek amacıyla Hükümet 2020'de 18 aylık, ADEME (Çevre ve Enerji Yönetimi Ajansı) ve Arcep' i dijital teknolojinin çevresel ayak izini ölçme misyonuyla görevlendirmiştir. Bu görevlerin detaylarından bazıları şunlardır:

- 2030 ve 2050 projeksiyonlarıyla sabit ve mobil ağların mevcut çevresel ayak izini nitelendirmek
- Tüm sistem (ekipman, ağlar, veri merkezleri) genelinde ve bireylerin ve işletmelerin kullanımlarını dikkate alarak dijital teknolojinin çevresel ayak izini ölçmek

Bu çalışmayla ağlar, veri merkezleri ve terminaller arasındaki karşılıklı bağımlılığı engellemeden “ekipman” ve “malzemelerin” (dijital ekipmanın kullanım ömrünü uzatmak, onarılabilirliği, dayanıklılığı, yeniden kullanımı, yenilemeyi, işlevsellik veya onarım ekonomisini uzatmak) çevresel etkisine yönelik hareket etme ihtiyacı, belirlenen durumlardan bazılarıdır.

4.3.2. Ofcom (İngiltere)

İngiltere'nin iletişim hizmetlerinin düzenleyicisi olan kurum Ofcom 'dur. İngiltere Hükümeti 2021 yılında, daha çevreci bir düzen için dünyanın emisyonlarının azaltılması gerektiğini ve mümkün olduğunca sıfıra yakın karbon ayak izi oluşturabilmek adına 2050 yılına kadar net sıfır emisyona ulaşabilmek için “*Net Sıfır Stratejisi*” adında hedef belirlemiştir. Ayrıca Birleşik Krallık daireleri ve kurumların 2021-2025 tarihleri arasında çevre üzerindeki etkileri azaltmak için gerçekleştireceği eylemleri kapsayan “*Yeşilleştirici Hükümet Taahhütlerini*” sunmuştur (UK, 2021). Ofcom işlerinin çevresel etkisini azaltmak amacıyla Hükümetin stratejisi doğrultusunda hareket edeceğini ve Yeşilleştirici Hükümet Taahhütlerini yerine getirmeye devam ve edeceğini karbon emisyonlarını azaltılmasına yardımcı olacağını belirtmiştir (Ofcom, 2023).

4.3.3. Trai (Hindistan)

Hindistan Telekom Düzenleme Otoritesi (TRAI), 1997 yılında Telekom hizmetlerini düzenlemek üzere kurulmuştur. TRAI; BİT (Bilgi ve İletişim Teknolojileri) altyapısındaki ağ ekipman ve cihazlarının fiili kullanımının CO2 emisyonunda ciddi bir payı olduğunu belirtmiştir. Özellikle telekomünikasyondaki ağ, diğer bileşenlerin Radyo Erişim Ağı (RAN), Veri Merkezleri, sabit hat ağı, çekirdek ağ vb. karbon ayak izine sebep olduğunu vurgulamıştır. Bundan dolayı yeni ve yenilikçi teknolojilerinin kullanımının zararlı emisyonlarının azalmasına payı olacağını düşünmektedir. TRAI Telekom sektörünün yeşil bilişim olması noktasında paydaşlarını görüşlerini almak amacıyla (TRAI, 2020);

- 3 Şubat 2011'de “*Yeşil Telekomünikasyon*” konusunda danışma belgesi yayımlamıştır.

- 18 Mart 2011’ de Delhi’de “Açık Oturum Tartışması” düzenlemiştir.

-12 Nisan 2011’de kamuoyundan alınan görüşlere de dayanarak “Yeşil Telekomünikasyona Yaklaşım” yayımlamıştır.

-TRAI’nın tavsiyelerine dayanan 04.01.2012 tarihinde Telekom endüstrisi için talimatlar gönderilmiştir. Bu talimatlar doğrultusunda Telekom servis sağlayıcıları yılda iki kez ilgili ağlarının karbon ayak izi raporlarını göndermektedir (ilk dönem Nisan-Eylül, ikinci dönem Ekim-Mart).

-TRAI’nın 16 Ocak 2017 yayımladığı “Sürdürülebilir Telekomünikasyona Yönelik Yaklaşım” danışma raporundan sonra Hindistan’daki Telekomünikasyon işletmecileri ağ elemanlarına güç sağlamak için gereken elektriği azaltmak için yenilebilir enerjiye (güneş ve rüzgâr gibi enerji kaynakları) odaklanmaya başlamıştır. Ağ operasyonları için daha fazla enerji gerektiren ekipmanlarda da yeniden kullanıma ve geri dönüşüme odaklanmışlardır (TRAI, 2020).

4.4. Dünya’ da E-atık Mevzuat Çalışmaları

4.4.1. Afrika

Kuzey Afrika’da, sadece Mısır’da e-atık yönetimine atıfta bulunan mevzuat bulunmaktadır. 2020 tarihli ve 202 sayılı Kanun, 165/2002 sayılı Kararname ile atık yönetimi endüstrisi için yeni bir düzenleyici kurum kurulmuş olup, tehlikeli maddelerin ve atıkların ithalatını yasaklamakta ve EEE’ den kaynaklanan e-atıklar listelenmektedir (ITU, 2024a). Tunus’ ta, EEE ithalatçıları için “kirleten öder” sistemi kurup, bir kararname hazırlayarak e-atıkları düzenlemek için adımlar atmaktadır (WCEE, 2016).

Batı Afrika’nın alt bölgesinde, Gana, Nijerya ve Fildişi Sahili’nin e-atık yönetimi konusunda özel mevzuatı bulunmaktadır. Nijerya’daki Ulusal Çevre (Elektrik ve Elektronik Sektörü) Düzenlemeleri (2022) ve Gana’daki Tehlikeli ve Elektronik Atık Kontrol Yasası (917) (2016) EPR (Genişletilmiş üretici sorumluluğu) ilkesinin altını çizmektedir, ancak EPR sistemlerinin nasıl çalıştığı ile ilgili bilgiler yetersizdir. Doğu Afrika’da, Kenya’da e-atık üzerine yönetmelik taslağı hazırlamış ancak henüz

onaylanmadığından, ulusal e-atık stratejisi ve yönergeleri mevcut normatif referanslarla sistem yürütülmektedir. Tanzania Birleşik Cumhuriyetinde, e-atıklarla ilgili belirli kısıtlamalara atıfta bulunan genel çevre yönetimi düzenlemeleri mevcuttur. Ruanda'da 2018'den bu yana e-atık yönetimi üzerine bir düzenleme mevcuttur. İkinci bir yönetmelik halihazırda taslak halinde olup, EPR'yi ticari operatör lisansına dahil etmek amacıyla, ithalatçıların kaydı bağlamında piyasaya sürülen EEE ile ilgili hükümleri ortaya koyması beklenen durumdur. Uganda'nın ulusal bir e-atık politikası bulunmakta ve 2022'de Burundi'de ulusal bir e-atık politikası doğrulanmasının ardından halihazırda onaylanmaktadır. Güney Afrika'da, diğer atık akışlarının yanı sıra EEE'yi de kapsayan Ulusal Çevre Yönetimi Atık Yasası'nın 18. Bölümü uyarınca 2021'de zorunlu EPR yürürlüğe girmiştir. Zambiya'da, EPR'yi düzenleyen ancak nadir uygulanan yasal olarak bağlayıcı olan 2018, 65 No'lu Yasal Belge oluşturulmuştur (Balde vd., 2024, s.67).

4.4.2. Amerika

Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Kanada'da federal bir mevzuat bulunmamaktadır, çünkü e-atık eyalet/il düzeyinde düzenlenirken, Güney Amerika ülkelerinde ulusal düzeyde düzenlenmektedir. ABD dışında, Amerika'daki tüm ülkeler Basel Sözleşmesini onaylamıştır (Balde vd., s.69).

ABD' de, toplam 25 eyalet ve Columbia Bölgesi, eyalet çapında e-atık geri dönüşüm programları içeren yasaları uygulamaya koymuştur (ERCC, 2024). EPR ilkesi en yaygın politika yaklaşımı olup, çoğu eyaletlerde uygulanmaktadır. EPR ile ilgili eyalet politikaları, tipik olarak diğer ülkelerdekiyle aynı yaklaşımı uygulamaktadır. Ancak Kaliforniya'da peşin geri dönüşüm ücreti sistemi vardır. Bu sistemde, tüketiciler perakendecilere o sırada 6 ila 10 ABD Doları (ürün türüne bağlı değişebilen) arasında bir ücret ödemektedirler. Ücret daha sonra eyalet çapında e-atık yönetimini destekleyen bir fona ödenmektedir (Balde vd., s.69).

ABD'de il düzeyinde farklı mevzuatlar olduğundan yer yer üreticiler için EPR uyumunda zorluklar yaşanmaktadır. Yaşanan bir diğer problem de ülkede bulunan e-atıklar düşük gelirli ucuz işgücüne sahip ülkelere gönderilmekte, orada resmi olmayan şekilde e-atık çalışmalarından dolayı insan sağlığına ciddi zararlara yol açabilmektedir

(Lee vd., 2017, s.1). Bundan dolayı toksik kimyasallar içeren e-atıkların uygunsuz şekilde işlenmesini ve yasa dışı ihracatını sınırlamayı amaçlamak için “Sorumlu Geri Dönüşüm” (R2) ve e-Stewards gibi geri dönüşüm standartları ve sertifikaları oluşturulmuştur.

New York 2023'te dijital elektronik cihazlar için “onarım hakkı yasası” nı çıkaran ilk eyalet olmuştur. Bu yasa bir yıl içinde yürürlüğe girecek olup, mevzuat gereği; EEE üreticileri, bireylerin ve küçük işletmelerin dijital cihazları onarmalarını sağlayan onarım kılavuzları sağlanmalıdır (Moloney, 2023). Bu yasa sayesinde çevreye bırakılan e-atık azalmış olmaktadır.

4.4.3. Çin

E-atıkları yönetmek için çeşitli politikalar ve düzenlemeler uygulanmıştır. Bunlardan biri 2008’de EPR ilkesinin tanıtılmasıdır ve sonrasında e-atık yönetimi için kapsamlı bir düzenleyici çerçeve de yapılmıştır. Bu çerçeve, “Döngüsel Ekonomiyi Teşvik Yasası” ve “Katı Atık Yasası” gibi çeşitli yasalar; e-atıkların güvenli ve etkili yönetimi için oluşturulmuştur (Envilience Asia, 2020).

4.4.4. Tayvan

Tayvan Hükümeti sürdürülebilirliğe önem vermekte olup e-atıkların düzenli ve güvenli bir şekilde geri dönüşümü ve bertaraf edilmesini sağlamak adına ciddi yasal çerçeve oluşturmaktadır. Bu yasalar “Bertaraf Yasası” ve “Geri Dönüşüm Fonu Yönetimi Yasası” olup, hizmet vermeye devam etmektedir. E-atık yönetiminde 4’ü 1 arada (devlet, üreticiler/ithalatçılar, perakendeciler ve tüketiciler) yaklaşımı izleyen ve bu 4 paydaşın iş birliğine dayanan bir EPR uygulaması mevcuttur (Balde vd., s.78).

4.4.5. Hindistan

Hindistan dünyada en büyük e-atık üreticilerinden biridir. İlk e-atık kuralları 2011 yılında Çevre, Orman ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından bildirilmiş olup, o tarihten bu yana değiştirilip güncellenmiştir (Government of India vd., 2011, s.27). Ayrıca e-atık kuralları, elektronik cihazlarda tehlikeli maddelerin kullanımını kısıtlayan AB RoHS Direktifine benzer program içermektedir (Government of India vd., 2022, s.1-4).

2011 yılında yapılan E-atık Kuralları 21 ürün (BT cihazları ve birkaç tüketici cihazı) kategorisine sahipti. E-atık yönetimi için üreticiler, söküçüler, geri dönüşümcüler ve düzenleyicilerden oluşan EPR kavramı detaylı bir şekilde yer almaktadır. 2016’da yapılan revizeden sonra da elektronik ekipman bileşenleri, malzemeleri ve yedek parçaları içerebilecek şekilde genişletilmiştir (Balde vd., s.90). Ayrıca Tüketici İşleri, Gıda ve Kamu Dağıtımı Bakanlığı, Tüketici İşleri Departmanı'nın “Hindistan Portali Onarım Hakkı” Hindistan'daki tüketicilere tüketici markasına göre garanti ve satış sonrası bilgiler sağlamaktadır (Government of India, 2023).

4.5. Bölüm Değerlendirmesi

Elektrikli ve elektronik cihazların atıklarının çevreye olumsuz zarar vermesini önlemek ya da atıkları temiz bir şekilde yönetebilmek adına dünyada mevzuatlar geliştirilmiştir. Tehlikeli ve diğer atıkların sınırlar ötesi taşınması, bertaraf edilmesi ve geri dönüşümünden doğabilecek tehlikeleri ortadan kaldırmak amaçlı imzalanan Basel Sözleşmesi’ni ülkemiz de imzalamıştır. Yine benzer amaca hizmet eden direktifler de bulunmaktadır. Elektrik ve elektronik ekipmanlardaki zararlı maddelerin çevreye zararını önlemek adına, zararlı maddelerin kullanımını kısıtlayan direktif; Avrupa Birliği Komisyonu tarafından oluşturulan ROHS Direktifi’dir. Bu direktifte elektrik ve elektronik cihazlar üreten firmalar ürünlerinin standartlara uygun olmasından ve uygunluk beyanından sorumlu tutulmaktadırlar. Avrupa Birliği Komisyonu tarafından oluşturulan bir diğer direktif ise WEEE Direktifi’dir. Direktif, cihazların geri dönüşümü için, cihazların toplanması, hammaddelerine ayrıştırılması ya da tamir edilerek geri kazanılmasını baz almaktadır. WEEE işaretli ürünlerin tüketici tarafından çöpe atılması engellenmiştir. Bu yüzden WEEE Direktifi kapsamında bulunan elektronik cihazların üzerinde uyarı işareti bulunmaktadır. Kurumumuz (BTK) Piyasa Gözetimi ve Denetimi kapsamında denetlediği ürünlerde söz konusu ROHS, uygunluk beyanı ve WEEE Direktiflerini de dikkate almaktadır. Elektrik-elektronik cihaz atıklarının çevresel etkilerini, atık yönetimini, çevreye yaydığı karbon ayak izini vb. inceleyen uluslararası kuruluşların başında ITU (The International Telecommunication Union), ETSI (Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü) ve Avrupa Birliği gelmektedir. Fransa (ARCEP), İngiltere (OFCOM), Hindistan (TRAI) gibi telekomünikasyon kuruluşları tarafından yapılan çalışmaların ortak

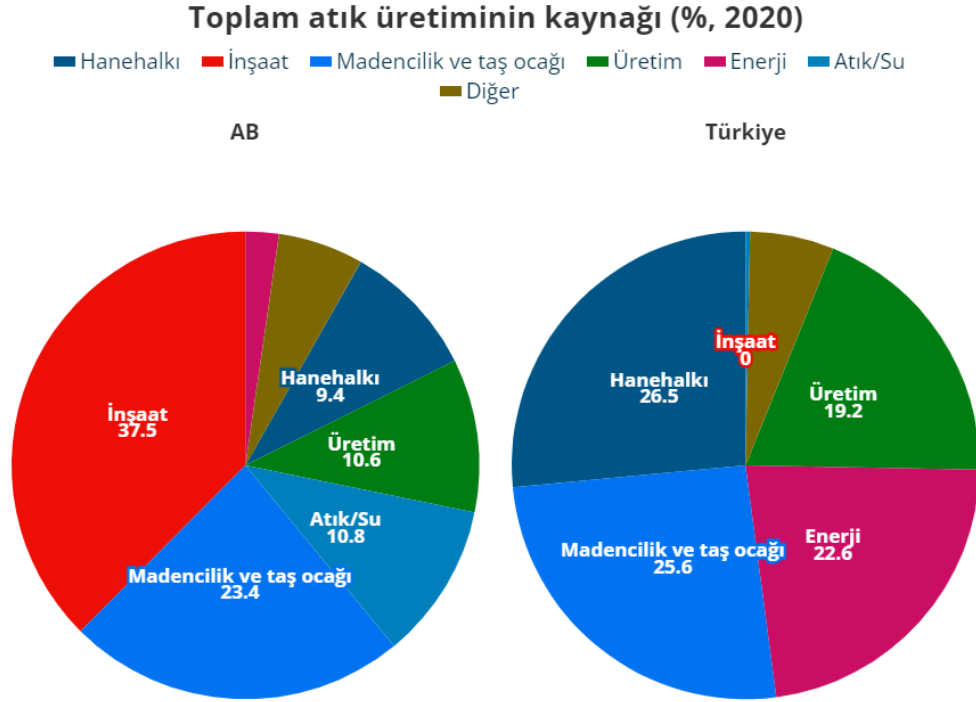
amaçları; sürdürülebilirliğin önemine vurgu yapmak, karbon ayak izine farkındalık oluşturmaya çalışmak ve sera gazı emisyonunun azalmasına destek vermek şeklinde ifade edilebilecektir. Bu bölümde yer verilen dünyadaki diğer ülkelerin de bu konularda çalışmaları olup söz konusu durumlar için mevzuat sistemleri mevcuttur.

5. ELEKTRONİK HABERLEŞME ATIKLARININ TÜRKİYE'DEKİ DURUMU VE MEVZUATI

5.1. Türkiye'de Atık

Ülkemizde, 9 Ağustos 1983 tarihli 2872 sayılı Çevre Kanunu'yla tesis edilen çevre yönetim politikası ve mevzuatı uluslararası gelişmeler ışığında ülkemiz şartlarına uyarlanıp geliştirilmektedir. Birçok atık türü; tehlikeli atıklar, atık pil ve akümülatörler, atık elektrikli ve elektronik eşyalar, ambalaj atıkları vb. mevzuata göre yönetilmektedir. Ülkemizde atık yönetimi; üretici sorumluluğunda gerçekleştirilmektedir. Şekil 5.1'de Türkiye'deki ve Avrupa Birliğindeki ülkelerin genel atıklarının kaynağına göre oranları verilmiştir. Türkiye'de hane halkı (evsel atıklar) ilk sırada olup, %26,5 oranındadır.

Şekil 5. 1. Toplam Atık Üretim Kaynağı

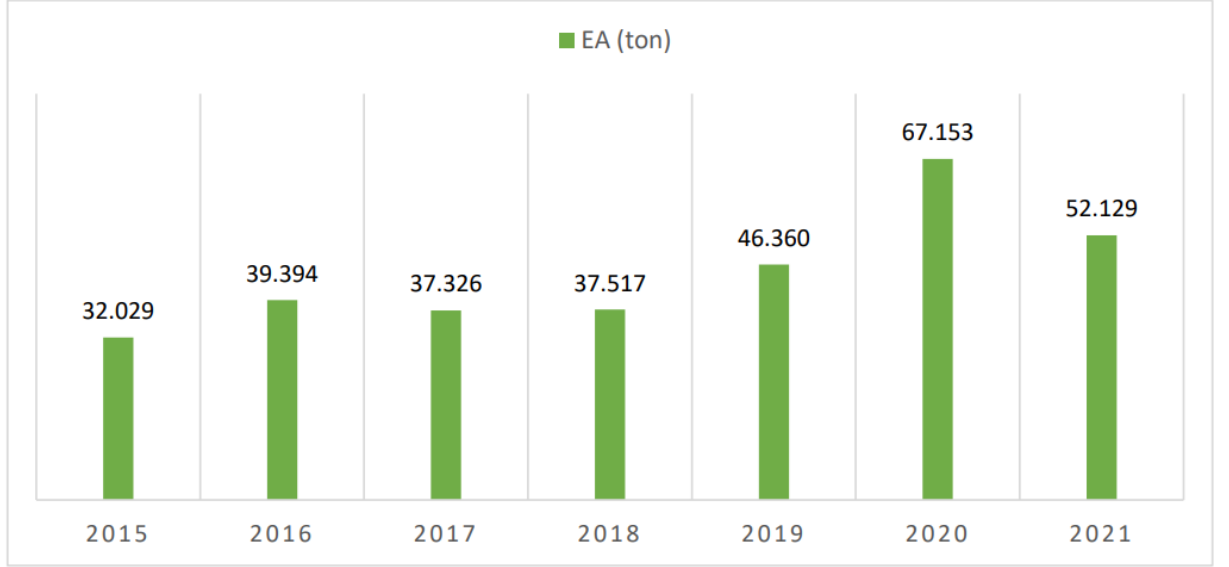


Kaynak: Euronews, 2023

Türkiye'deki atıklardan elektronik haberleşme atıklarının da içinde olduğu elektronik atık (e-atık) oranları Şekil 5.2'de verilmektedir. Burada 2015-2021 yılları içinde genel

olarak artan e-atık miktarları ton cinsinden verilmektedir. Ülkemizde 2021 yılında EA (e-atık) miktarı 52.129 tondur.

Şekil 5. 2. Yıllara göre Türkiye'de EA miktarı



Kaynak: ÇŞİDB, 2021

Şekil 5.3'de belirtilen Küresel E-atık İstatistiği raporuna göre Türkiye'nin 2022 yılında kişi başına düşen atık miktarı 18,3 kg iken ürettiği e-atık kişi başına 12,7 kg'dır. Piyasaya sürülen e-atık 1556 kt iken ürettiği e-atık 1077 kt olarak belirlenmiştir.

Şekil 5. 3. Türkiye 2022 E-atık



Kaynak: GESp, 2024

Başta T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı olmak üzere atık yönetimi sorumlu ve belirli görevleri olan kurumlar mevcuttur.

Atık üzerine Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın yetki ve sorumlulukları Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023'te "atık yönetimi faaliyetlerine yönelik olarak atıkların kaynağında en aza indirilmesi, sınıflara ayrılması, toplanması, taşınması, geçici depolanması, geri kazanılması, bertaraf edilmesi, yeniden kullanılması, arıtılması, enerjiye dönüştürülmesi ve nihai depolanması konularında politika ve strateji belirlemek ve mevzuat oluşturma, ilgili kurum ve kuruluşlarla işbirliği içinde atıkların taşınması ile tehlikeli atıkların taşıma lisanslarına ilişkin esasları belirleme, uygulanmasını sağlama, izleme, atık ve kimyasallarla kirlenmiş alanların mevcut kirlilik durumlarını tespit etme, çevre ve insan sağlığına yönelik risklere ve kirlenmiş alanların iyileştirilmesine ilişkin

çalışmaları yapma görevlerini gerçekleştirmektedir” olarak ifade edilmiştir. Şekil 5.4’te 2020 yılında Türkiye’deki atıkların %31,2’si geri dönüşüme kazandırılmıştır. Avrupa’da ise genel olarak bu oran 39,9’dur.

Şekil 5. 4. Türkiye ve AB Geri Dönüşüm Oranları

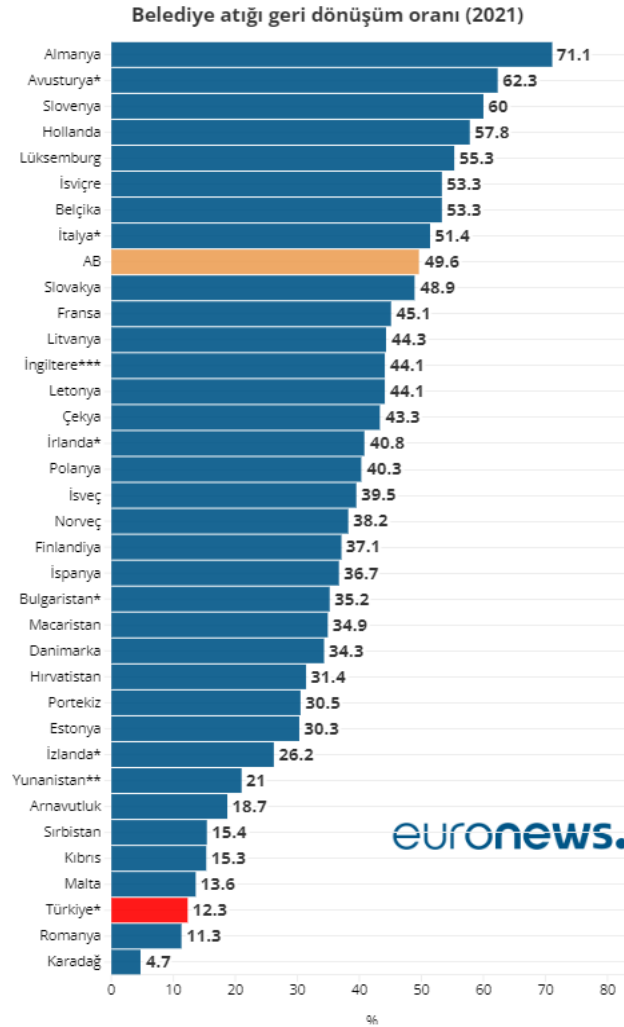


Kaynak: Euronews, 2023

Atık yönetiminde bir diğer sorumlu kurum belediyeler olup, Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023’te “atıkların kaynakta toplanması ve aktarma istasyonuna kadar taşınması hariç atıkların ve hafriyatın yeniden değerlendirilmesi, depolanması ve bertaraf edilmesine ilişkin hizmetleri yerine getirmek, bu amaçla tesisler kurmak, kurdurmak, işletmek veya işlettirmek; sanayi ve tıbbî atıklara ilişkin hizmetleri yürütmek, bunun için gerekli tesisleri kurmak, kurdurmak, işletmek veya işlettirmek; deniz araçlarının atıklarını toplamak, toplatmak, arıtmak ve bununla ilgili gerekli düzenlemeleri yapmak ile sorumludur. Büyükşehir Belediyeleri dışındaki belediyeler ise evsel nitelikli atıklarını kaynağında toplamak ve aktarma istasyonlarına ya da bertaraf sahalarına taşımakla yükümlüdür” ifadeleriyle görevleri tanımlanmıştır. Belediye dışında pek çok kamu kurumu ve Bakanlık da atık yönetimindeki süreçlere

dahil olmaktadır. Bunlar; İçişleri Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Maliye Bakanlığı, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ve Türk Standartları Enstitüsü'dür (ÇŞİDB, 2017). Belediye atıklarının geri dönüşüm oranlarına ilişkin olarak Şekil 5.5'te 2020, 2019, 2018'deki Avrupa'daki ülkeler ve Türkiye'nin Belediye atığı (belediyeler tarafından ya da belediyeler adına toplanan atıklar) geri dönüşüm oranları verilmektedir. Türkiye'nin 2020 yılındaki belediye atığı geri dönüşüm oranı %12,3'tür.

Şekil 5. 5. Belediye Atığı Geri Dönüşüm Oranı



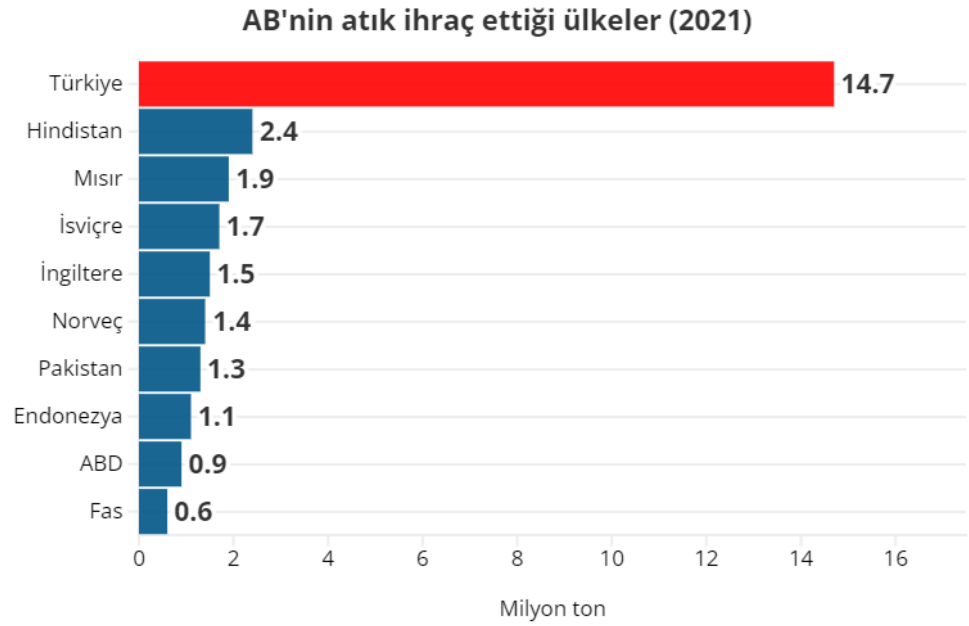
Kaynak: Euronews, 2023

Tehlikeli ve özel atıkların yönetiminde de üretici, piyasaya süren ve Yetkilendirilmiş Kuruluşlar (YK) sorumlu olmaktadır. Atık yönetiminde temel olarak “kirleten öder”

prensibi uygulanmaktadır. Bu yüzden; atıkların bertarafına ilişkin tüm maliyetlerin üretici tarafından karşılanması gerekmektedir. Ayrıca sorumluların görevleri ve aykırı davranışlara uygulanacak cezalar da “kirleten öder” kuralına göre belirlenmektedir (ÇŞİDB, 2017).

Avrupa Birliği ülkeleri atıklarını geri dönüştürmesinin yanı sıra diğer ülkelere ihraç da etmektedir. Şekil 5.6’da AB’nin atık ihraç ettiği ülkeler yer almakta olup ilk sırada Türkiye yer almaktadır. Ülkemizin kendi atıklarının yanında AB’nin de göndermiş olduğu atıklarla beraber durum ciddi boyutlara taşınmaktadır. Söz konusu durumda geri dönüşüme ağırlık verilmesi, geri dönüşüm tesis sayısının artırılması gibi çözümler üzerine çalışmak elzem bir durumdur.

Şekil 5. 6. AB’nin Atık İhraç Ettiği Ülkeler



Kaynak: Euronews, 2023

5.2. Türkiye’deki Yasal Düzenlemeler

Atık yönetiminin politikalarını ve mevzuatı içeren, uluslararası ölçekte ve ülkemize de uyumlaştırılmış 11.08.1983 tarihli 2872 sayılı Çevre Kanunu oluşturulmuştur. Bu Kanun, Avrupa Birliği uyum süreci göz önünde bulundurularak genişletilmekte ve uygulanmaktadır. Kanun içeriğindeki atıklar; belediye atıkları, ambalaj atıkları, tıbbi atıklar, tehlikeli atıklar, hafriyat toprağı, inşaat ve yıkıntı atıkları, atık pil ve akümülatörler, atık motor yağları, atık sanayi yağları, bitkisel atık yağlar, ömrünü tamamlamış lastikler, atık elektrikli ve elektronik eşyalar ve ömrünü tamamlamış araçlar olarak belirtilmektedir (ÇŞİDB, 2017).

Çevre Kanunu’nun 11’inci maddesinin ilgili fıkralarında geri dönüşüm üzerine *“Üretici, ithalatçı ve piyasaya sürenlerin sorumluluğu kapsamında yükümlülük getirilen üreticiler, ithalatçılar ve piyasaya sürenler, ürünlerinin faydalı kullanım ömrü sonucunda oluşan atıklarının toplanması, taşınması, geri kazanımı, geri dönüşümü ve bertaraf edilmelerine dair yükümlülüklerinin yerine getirilmesi ve bunlara yönelik gerekli harcamalarının karşılanması, eğitim faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla Bakanlığın koordinasyonunda bir araya gelerek tüzel kişiliği haiz birlikler oluştururlar. Bu kapsamda yükümlülük getirilen kurum ve kuruluşların sorumluluklarının bu birliklere devrine ilişkin usûl ve esaslar Bakanlıkça çıkarılacak yönetmeliklerle belirlenir.*

Tehlikeli atık üreticileri, yönetmelikle belirlenecek esaslara göre atıklarını bertaraf etmek veya ettirmekle yükümlüdürler.

Atık geri kazanım, geri dönüşüm ve bertaraf tesislerini kurmak ve işletmek isteyen gerçek ve/veya tüzel kişiler, yönetmelikle belirlenen esaslar doğrultusunda, ürün standardı, ürünlerinin satışa uygunluğu ve piyasadaki denetimi ile ilgili izni, ilgili kurumlardan almak kaydı ile Bakanlıktan lisans almakla yükümlüdür” hükümleri yer almaktadır. Aynı Kanunun 20’nci maddesinin birinci fıkrasının (r) bendinde idari nitelikteki cezalar hakkında *“Bu Kanunda ve yönetmeliklerde öngörülen usûl ve esaslara, yasaklara veya sınırlamalara aykırı olarak atık toplayan, taşıyan, geçici ve ara depolama yapan, geri kazanan, geri dönüşüm sağlayan, tekrar kullanan veya bertaraf edenlere 90.000 Türk lirasından (433.018 TL) 360.000 Türk lirasına kadar (1.732.078 TL), ithal edenlere 300.000 Türk lirası (1.443.397 TL) idarî para cezası verilir”* hükmü yer almaktadır.

-Anılan Kanuna dayanılarak tesis edilen 02.04.2015 tarihli ve 29314 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren “Atık Yönetimi Yönetmeliği”nin amacı; atıkların oluşumundan bertarafına kadar çevreye ve insana zarar vermeden yönetimin sağlanması, atık oluşumunun azaltılması, atıkların yeniden kullanımı, geri dönüşümü vb. yollarla doğal kaynakların kullanımını azaltmak olarak ifade edilmiştir.

Atık Yönetimi Yönetmeliği EK-4 Atık Listesi’nde yer alan Elektrikli ve Elektronik Ekipman Atıkları; PCB’ler içeren transformatörler ve kapasitörler, PCB’ler içeren transformatörler ve kapasitörler dışındaki PCB içeren ya da PCB ile kontamine olmuş ıskarta ekipmanlar, Kloroflorokarbon, HCFC, HFC içeren ıskarta ekipmanlar, Serbest asbest içeren ıskarta ekipman... olarak ifade edilmektedir. Ancak anten, radyolink, baz istasyonu, IoT (Nesnelerin İnterneti) cihazları gibi elektronik haberleşme atıkları bu listede bulunmamaktadır.

- 2872 sayılı Kanuna dayanılarak tesis edilen 26 Aralık 2022 tarihli ve 32055 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren “*Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Yönetimi Hakkında Yönetmelik*” (AEEYYHY), çevre ve insan sağlığının korunması amacıyla, elektrikli ve elektronik eşyaların üretiminden nihai bertarafına kadar elektrikli ve elektronik eşyaların kullanımının sınırlandırılması, bu eşyaların ithalatını kontrol altına alınmasını, bu atıkların oluşumunun ve bertaraf edilecek atık miktarının azaltılması için yeniden kullanım, geri dönüşüm, geri kazanım hedeflerine ilişkin hukuki ve teknik esasları düzenlemektedir. Yönetmelikte Atık Elektrikli ve Elektronik Eşya Kategorileri aşağıdaki gibi sıralanmıştır;

- 1) Büyük ev eşyaları.
- 2) Küçük ev aletleri.
- 3) Bilişim ve telekomünikasyon ekipmanları.
- 4) Tüketici ekipmanları.
- 5) Aydınlatma ekipmanları.
- 6) Elektrikli ve elektronik aletler (büyük ve sabit sanayi aletleri hariç olmak üzere).
- 7) Oyuncaklar, eğlence ve spor ekipmanları.
- 8) Tıbbi cihazlar.
- 9) İzleme ve kontrol aletleri.

10) Otomatlar.

- AEEEEYHY'nin "Amaç" başlıklı 2'inci maddesinin birinci fıkrasının (a) bendinde;
 - "EK-1/A'da yer alan kategorilere dâhil olan elektrikli ve elektronik eşyaları kapsar....." hükmü,

2'inci maddesinin ikinci fıkrasının (a) bendinde;

-"EK-2/A'da yer alan kategorilerde sınıflandırılan piyasaya arz edilen tüm elektrikli ve elektronik eşyaları kapsar. EK-2/A'da belirtilen kategorilere ilişkin örneklere EK-2/B'de yer verilmiştir. Bu Yönetmeliğin kapsamına giren ürünler, EK-2/B'de yer alan örneklerle sınırlı olmayıp, bu örneklerde yer almayan ancak Ek-2/A'de yer alan kategorilere dâhil olan EEE'ler de bu Yönetmeliğin kapsamındadır." hükmü,

2'inci maddesinin ikinci fıkrasının (b) bendinde;

- "Aşağıda yer alan elektrikli ve elektronik eşyaları kapsamaz:"

1) "Bu Yönetmeliğin kapsamında olmayan bir ürünün parçasını oluşturacak şekilde özel olarak tasarlanmış ve monte edilmiş, işlevini ancak bu eşyanın bir parçası olduğu takdirde yerine getirebilen elektrikli ve elektronik eşyaları." hükmü yer almaktadır.

Yönetmelikte bahse konu elektrikli ve elektronik eşya kategorileri mevcut olup, söz konusu eşya kategorileri detaylı incelendiğinde elektronik haberleşme atıklarını (anten, radyolink, baz istasyonu, ...) içeren maddeleri tam olarak karşılayan madde bulunamamıştır. Haberleşme atıkları listede belirtilen ürünlerden olmadığından ve AEEEEYHY'de de belirtilen kategorilerden olmadığından yönetmelik bu atıkları tam kapsamayabilmektedir. Bu kapsamda elektronik haberleşme ekipmanlarının ÇŞİDB mevzuatında detaylı bir şekilde yer verilmesinin ya da Kurumumuz ile ÇŞİDB'nin ortak bir çalışma yapmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

Bahse konu Yönetmeliğin "Genel İlkeler" başlıklı 5'inci maddesinin üçüncü fıkrasında "EEE'lerin ve bileşenlerinin tasarım ve üretiminde; ürünlerin kullanım ömrü uzatılarak atık haline gelmeden uzun süreli kullanılabilen, tamir ve onarım ile yeniden kullanımına imkân sağlayan, atık olduktan sonra ise yeniden kullanıma hazırlanmasını, geri dönüştürülmesini veya geri kazanımını kolaylaştıran eko tasarım gerekliliklerinin uygulanması için gerekli önlemler alınır" ifadesi yer almaktadır.

Burada eko tasarım sayesinde ürünlerin kullanımındaki sürekliliğin sağlandığı ve atık duruma gelen ürünlerin geri dönüşümünde gerekli tedbirleri almada önemli olduğu vurgulanmaktadır. Söz konusu eko tasarım halihazırda Avrupa Komisyonu tarafından tekrar güncellenmiş olup, "2024/1781 Sayılı Tüzük" 2024 yılında Komisyon tarafından imzalanıp yürürlüğe girmiştir. Bu düzenlemenin içeriğinde bulunan ve yeni bir çalışma olan "Dijital Ürün Pasaportu (DPP)" üzerine çalışmalar yapılmış olup söz konusu düzenlemeye dahil edilmiştir. DPP, ürünlerin sürdürülebilirliğini desteklemek, döngüsellikini teşvik etmek ve yasal uyumluluğu güçlendirmek için ilgili bilgileri saklayacak olan ürünler, bileşenler ve malzemeler için dijital bir kimlik kartıdır. Bu bilgiler elektronik olarak erişilebilir olmakta ve tüketicilerin, üreticilerin ve yetkililerin sürdürülebilirlik, döngüsellik ve düzenleyici uyumlulukla ilgili daha bilinçli kararlar almasını kolaylaştırmış olacaktır. DPP'ye dahil edilebilecek bilgiler şunlardır (AB, 2024):

- Ürünün teknik performansı
- Malzemeler ve kökenleri
- Onarım faaliyetleri
- Geri dönüşüm yetenekleri
- Yaşam döngüsü çevresel etkileri

Avrupa Komisyonu'nun güncellediği "Sürdürülebilir Ürünler İçin Ekotasarım Yönetmeliği"yle düzenlenen "Dijital Ürün Pasaportu"nun 2026 ile 2030 arasında zorunlu hale getirilmesi beklenmektedir (worldfavor, 2024). Güncellenen Ekotasarım Yönetmeliğine eklenen Dijital Ürün Pasaportu ile içeriğinin bilhassa elektronik haberleşme cihazlarını da kapsayacak şekilde genişletilmesi noktasında ÇŞİDB ile ortak bir çalışma yapılabilir ve bu çalışma nihayetinde elektronik ekipmanlarını da kapsayacak olan bu pasaport, mevzuat çalışmaları ya da alt düzenlemeler sonucunda Piyasa Gözetimi ve Denetimi kapsamında elektronik cihazların kontrolünde denetim konusu yapılabilir.

-Elektrikli ve elektronik eşyalarda kullanılan pil ve akümülatörler, 31.08.2004 tarihli ve 25569 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği"ne tabidir.

-26 Aralık 2022 tarihli ve 32055 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren “Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Kısıtlanmasına İlişkin Yönetmelik”te atık elektrikli ve elektronik eşyaların çevreye duyarlı geri kazanımının ve bertarafının sağlanması da dahil, insan sağlığına ve çevre korunmasına katkıda bulunmak amacıyla zararlı maddelere belirli kısıtlamalar getirmiştir. Şekil 5.7’de homojen bir karışımın içinde kullanımı kısıtlanan maddelerin kullanım oranları belirtilmektedir.

Tablo 5. 1. EEE’lerde Kullanımı Kısıtlanan Maddeler ve Bu Maddelerin Homojen Malzemelerde Ağırlık Olarak Müsaade Edilen Azami Konsantrasyon Değerleri

Madde	Miktar (Homojen bir malzemede ağırlık olarak)
Kurşun (Pb)	%0,1
Cıva (Hg)	%0,1
Kadmiyum (Cd)	%0,01
Artı altı değerlikli krom (Cr+6)	%0,1
Polibromürlü bifeniller (PBB)	%0,1
Polibromürlü difenil eterler (PBDE)	%0,1
Bis (2-etilheksil) ftalat (DEHP)	% 0,1
Benzil bütıl ftalat (BBP)	% 0,1
Dibütılftalat (DBP)	% 0,1
Diisobütıl ftalat (DIBP)	% 0,1

Kaynak: Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Kısıtlanmasına İlişkin Yönetmelik, 2022

Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Kısıtlanmasına ilişkin Yönetmelik’in içeriğinde “CE” İşareti “EEE’nin, bu Yönetmelik ile belirlenen gerekliliklere ve söz konusu işaretin konulmasına ve kullanılmasına ilişkin diğer Avrupa Birliği uyum mevzuatına uygun olduğunu gösteren, imalatçı tarafından konulan işaret” ve “AB Uygunluk Beyanı” “EEE’lerde zararlı maddelerin kullanımının kısıtlanmasına ilişkin bölümde yer alan gerekliliklerin yerine getirildiğini gösterir.” ifadeleriyle anlatılmaktadır.

Aynı Yönetmeliğin “EEE’lerin piyasa gözetimi ve denetimi ile ilgili piyasa gözetimi ve denetimi kuruluşları” başlıklı 18’inci maddesinin ikinci fıkrasında

- Bu Yönetmelik kapsamında yer alan EEE'lerin piyasa gözetimi ve denetimi;

...

c) Telsiz ve telekomünikasyon terminal ekipmanları için Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu,

... tarafından gerçekleştirilir." hükmü yer almaktadır. Bu kapsamda Yönetmelikte yer alan PGD üzerinde sorumlulardan biri olan Kurumumuzun EEE üzerine elektronik haberleşme ekipmanlarının içerdiği zararlı maddelerle ilgili ÇŞİDB ile ortak çalışma yapılabileceği düşünülmektedir.

Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (Eski Kalkınma Bakanlığı) On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023) dönemi için politika önerileri ile uygulama stratejilerin belirlenmesi amacıyla "Çevre ve Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Yönetimi Çalışma Grubu" oluşturulmuş olup atık ve sürdürülebilirlik üzerine benzer yaklaşıma devam edilmiştir.

Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı tarafından 2024-2028 tarihlerini kapsayan 12. Kalkınma Planı da yapılmıştır. Anılan Plan kapsamında,

-“Geri kazanılmış ikincil ürüne ait teknik standartlar geliştirilecek, teşvik ve yönlendirme mevzuatı iyileştirilecektir”, “Sıfır atık uygulamaları yaygınlaştırılacak, atıkların geri dönüşümünde toplumun bilinçlendirilmesi sağlanacaktır” gibi hususlar çerçevesinde atık üzerine halihazırda çalışmalar devam etmektedir.

Türkiye'nin Avrupa Birliği Çevre Müktesebatına uyumu açısından çeşitli planlar hazırlanmıştır. Bunlardan biri de “Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planı”dır. Bahse konu plan, ülkemizin geri dönüşüm üzerine mevcut durumunu, belirlenen sorunların çözümü noktasında yapılması gereken yolları, sürdürülebilirlik bir yapıyı sağlayabilmek adına gereken çözümleri kapsamaktadır (ÇŞİDB, 2015b).

Ülkemizin AB müktesebatına uyum çalışmaları yönünde hazırlanmış bir diğer plan da “Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı”dır. 2016-2023 yıllarını kapsayan bu plan; ülke genelinde sürdürülebilir atık yönetimi için, atıkların kaynağında ayrı toplanması, geri dönüştürülmesi, geçici depolama, geri kazanılması ve bertaraf yöntemlerini bölgesel

olarak belirlemekte ve ihtiyaç duyulan tesis yatırımları için kapasite, lokasyon ve zaman bilgilerini içermektedir (ÇŞİDB, 2017).

Elektronik haberleşme sektörünü düzenleyen 5/11/2008 tarih ve 5809 sayılı Elektronik Haberleşme Kanunu'nun (EHK) 4'üncü maddesinin birinci fıkrasının (e) bendinde “*Bu Kanunda aksi belirtilmedikçe ya da objektif nedenler aksini gerektirmedikçe, niteliksel ve niceliksel devamlılık, düzenlilik, güvenilirlik, verimlilik, açıklık, şeffaflık ve kaynakların verimli kullanılmasının gözetilmesi*”, hükmü yer almaktadır. Bu hükümle kaynakların verimli kullanılmasının önemi ve devamlılığın gerekliliği vurgulanmaktadır.

EHK'nın “Tesis paylaşımı ve ortak yerleşim” başlıklı 17'inci maddesinde;

“(1) Bir işletmecinin tesislerini kamuya veya üçüncü şahıslara ait bir arazinin üzerine veya altına yerleştirebildiği veya bu tür arazileri kullanabildiği veya kamulaştırma müessesesinden yararlanabildiği hallerde Kurum, çevrenin korunması, kamu sağlığı ve güvenliği, şehir ve bölge planlaması ve kaynakların etkin kullanılması gereklerini gözeterek ilgili işletmeciye söz konusu tesisleri ve/veya araziyi makul bir bedel karşılığında diğer işletmecilerle paylaşmasına ilişkin rekabet üzerindeki etkileri dikkate alarak yükümlülükler getirebilir”.

”(2) Kurum, işletmecilere kendi tesislerinde, diğer işletmecilerin ekipmanları için maliyet esaslı bir bedel karşılığında, başta fiziksel ortak yerleşim olmak üzere her türlü ortak yerleşim sağlama yükümlülüğü getirebilir. ...” hükümleri yer almaktadır.

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından tesis edilen ve 6/12/2016 tarih ve 29910 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren “Hücrel Sistem Anten Tesisleri ile Telsiz Erişim Şebekelerinin Paylaşımına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik” in “Amaç” başlıklı 1'inci maddesinde;

”Bu Yönetmeliğin amacı; elektronik haberleşme sektöründe kaynakların etkin kullanımının sağlanması, yatırım ve hizmet giderleri ile görüntü ve çevre kirliliğinin azaltılması, sürdürülebilir rekabet ortamının oluşturulmasına yönelik altyapı yatırımlarının desteklenmesi ve gelecek teknolojiler için kapasite oluşturulması amacıyla hücrel sistemlere ait anten tesisleri ile telsiz erişim şebekelerinin birden fazla işletmeci

tarafından kullanımına imkân tanıyacak şekilde tasarımı, kurulumu ve paylaşımına ilişkin usul ve esasları belirlemektir.” hükümleri yer almaktadır. Bu kapsamda Kurumumuz düzenlemeleri ortak tesis paylaşımına vurgu yapmaktadır. İşletmecilerin ortak tesis paylaşımı yapmaları durumunda daha az malzeme ve materyal kullanılmış olup bu minvalde elektronik haberleşme atığı azalmış olmakta, karbon ayak izi azalacağından yeşil bilişime katkı sağlanmakta ve dijital sürdürülebilirliğe katkı sağlanmaktadır.

EHK'nın “Çevrenin Korunması” başlıklı 26'ncı maddesinde;

“Geçiş hakkı kapsamında tanınan hakların kullanımı sırasında geçiş yollarında ve etrafında bulunan ağaçların ve çevresel değerlerin korunması esastır.....” hükmü yer almaktadır. Bu çerçevede Kurumumuz çevre korunmasıyla doğrudan ilişkili olup, çevre korunması esası gereği elektronik haberleşme atıklarının sıfır atık kurallarınca yönetilmesi ya da atıkların azaltılması için gerekenlerin yapılması, mümkün mertebe yeniden kullanılması ya da geri dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu sayede çevre korunmasına ciddi katkıda bulunulmuş olup, karbon ayak izi azalması sağlanabilecektir.

Ayrıca Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu'nun 2025 yılı Kurum Dışı İş Planı'nda AB mevzuatına uyum sağlaması için *“Akıllı Telefonlar ve Tabletlerin Enerji Etiketlemesine Dair Tebliğ”* ve *“Akıllı Telefon, Mobil Telefon ve Kablosuz Telefonlar ile Tabletlerin Eko-Tasarım Gerekliliklerine Dair Tebliğ”* düzenlemesi çalışmalarını devam ettirmekte olup, 2025 yılında tamamlanması beklenmektedir (BTK, 2024, s.4).

5.3. Bölüm Değerlendirmesi

Türkiye' de atık yönetimi ve mevzuatı öncelikle 9 Ağustos 1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanunu'yla sağlanmaktadır. Bu kanunla uluslararası yönetim politikası ve gelişmeleri baz alınıp ülkemize uyarlanmaktadır. Eurostat 2020 raporuna göre, ülkemizde atık durumuna genel olarak bakıldığında %26,5 ile evsel atıklar (hane halkı) en yüksek orana sahiptir. 2022'deki Küresel E-atık İstatistiği raporuna göre ise Türkiye'de 1077 kt e-atık üretilmiş, 187 kt resmi olarak toplanmıştır. Kişi başına düşen e-atık miktarı ise 18,3 kg'dır. Buradan anlaşılacağı üzere resmi olarak toplanan e-atıkların dışında kalan atıklarda ciddi bir kayıp söz konusudur. Neticede atıklar, özellikle e-atıklar doğru bir sistemle

dönüştürüldüğünde hem çevreye hem de ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır. Çünkü e-atıklar içeriğinde kıymetli bileşenlere sahiptir. Atıkların resmi olmayan yollarla dönüştürülmeye ya da toplanmaya çalışılması milli bir kayıp olmaktadır. E-atıklar içeriğinde kıymetli bileşenler olabileceği gibi zararlı bileşenler de içerdiğinden takip edilemeyen atıklar çevreye ve insan sağlığına ciddi zarar verebilir. Çevre Kanunu'na dayanılarak tesis edilen yönetmelikler ve ilgili diğer mevzuat da atık yönetimini sağlamaya yardımcı olmaktadır. Gerek ÇŞİDB gerek diğer bakanlık ve kurumların ulusal atık eylem planları ve çalışmaları da söz konusudur. Her ne kadar atık kapsamı geniş olsa da elektronik haberleşme ekipmanlarına dönük atık yönetiminin kapsamının genişletilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir. Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu'nun da sürdürülebilirliği sağlamak, kamu sağlığını gözetlemek, haberleşme sektöründe kaynakları etkin ve verimli kullanmak adına 5809 sayılı Kanun ve ilgili bazı yönetmelikler kapsamında çevrenin korunmasına yönelik yetkileri bulunmaktadır. Ancak özellikle elektronik haberleşme sektöründeki cihazların sürdürülebilirliğini sağlamak ve yeşil bilişim yaklaşımını benimsemek adına diğer kurumlarla ortak çalışılabileceği ya da Kurumun mevzuat çalışmalarında, alt düzenlemelerinde elektronik haberleşme atık yönetimine daha çok yer verilmesi gerektiği düşünülmektedir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Tez kapsamında incelenen ülke uygulamaları, uluslararası kuruluşların yayınları ve ülkemizde gerçekleştirilen çalışmalar göz önünde bulundurularak elektronik haberleşme atıklarının geri dönüşümünün atık yönetimine uygun bir şekilde yapılması, çevreye bıraktığı zararlı etkinin azaltılması, sürdürülebilirliğin devamlılığı ve bıraktığı karbon ayak izinin azaltılmasını teminen ulaşılan sonuç ve öneriler aşağıda ifade edilmektedir.

- **Elektronik haberleşme cihazları için dijital ürün pasaportu (DPP) getirilmesi önerilmektedir.**

Avrupa Birliği'nin hazırlamış olduğu "2024/1781 Sayılı Tüzük" 2024 yılında yürürlüğe girmiştir. Yürürlüğe giren bu tüzüğün temel bileşeni olarak Dijital Ürün Pasaportu (DPP) tanıtılmaktadır. DPP, bir dijital kimlik kartı olup ürünlerin sürdürülebilirliğini desteklemek, döngüsellliğini teşvik etmek ve yasal uyumluluğu güçlendirmek amaçlı ilgili bilgileri saklayacak olan ürünler, malzeme ve bileşenler için oluşturulmuştur. Ülkeye ithal edilen ürünlerin gümrük yetkililerince DPP aracılığıyla otomatik kontrol edilmesine olanak tanıyabileceği düşünülmektedir.

Avrupa Komisyonu tarafından DPP 'ye dahil etmeyi düşündükleri bilgiler şunları içerebilir:

- Ürünün teknik performansı
- Malzemeler ve kökenleri
- Onarım faaliyetleri
- Geri dönüşüm yetenekleri
- Yaşam döngüsü çevresel etkileri

DPP 2024'te kullanıma başlanacak olup 2026-2030 yılında zorunlu olması beklenmektedir. Bu yönetmelik yüksek çevresel etkiye sahip ürünlere öncelik verecek olup, bu düzenlemeye tabi olacak ürünler aşağıda verilmiştir:

- Tekstil
- Mobilya
- Kimyasallar

- Piller
- Tüketici elektroniği
- Elektronik aletler
- İnşaat Ürünleri

BTK elektronik haberleşme sektöründe düzenleme ve denetleme otoritesi olarak elektronik haberleşme ürünlerinde DPP uygulaması için çalışmalar yürüterek gerekirse alt düzenlemeler tanzim edebilir ve bu suretle tatbik edilebilecek DPP'nin Kurumumuzun piyasa gözetimi ve denetimi faaliyetleri kapsamında elektronik haberleşme cihazlarının denetiminde kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

- **Dijital dönüşüm ve sürdürülebilirliğin Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından yetkilendirilen işletmecilere bu konuda yükümlülük getirilmesinin uygun olacağı değerlendirilmektedir.**

Fransa'nın elektronik haberleşme, posta ve basılı medya dağıtım alanlarındaki düzenleyici otoritesi ARCEP'e, Fransa Hükümeti tarafından Paris Antlaşması çerçevesinde Avrupa Komisyonu'nun 2030 ve 2050 hedeflerine uymak amaçlı "dijital teknolojinin çevresel ayak izini ölçme" misyonuyla 2020'de 18 aylık görev verilmiştir. Bu görevde amaçlanan hedefler; sabit ve mobil ağların mevcut çevresel ayak izini nitelendirmek, ekipman, ağlar, veri merkezleri genelinde ve bireylerin ve işletmelerin kullanımlarını dikkate alarak dijital teknolojinin çevresel ayak izini ölçmek ve karbon ayak izini azaltmak için eylem araçlarını ve uygulamaları iyi tanımlayabilmektir. Bu çalışmada yaşam döngüsü analizi (üretim, kullanım ve bertaraf yoluyla ürünlerin, süreçlerin veya hizmetlerin çevresel etkilerini belirleme yöntemi) seçilmiş olup dijital teknolojinin çevresel etkisi araştırılmıştır. ARCEP'in bu noktadaki görevi 3 ana kısımdan oluşmaktadır.

- Telekom operatörlerin çevresel etkileri
- Veri merkezi operatörlerinin çevresel etkileri

- Terminal (dijital kullanıcı ekipmanları) üreticilerinin çevresel etkileri

ARCEP'in bu çalışmalarının yanında hükümet 2021 yılında ARCEP'e tüm dijital ekosistemi kapsayan yeşil Barometre oluşturma görevini vermiştir. Ayrıca "Chaize Yasası" ile ARCEP'e yalnızca elektronik iletişim operatörlerinden değil, aynı zamanda çevrimiçi hizmet sağlayıcılarından, veri merkezi operatörlerinden, tüketici cihazı üreticilerinden, ağ ekipmanı tedarikçilerinden ve işletim sistemi sağlayıcılarından da veri toplama yetkisi verilmiştir. 15 Şubat 2024'te mobil ağ ekipmanı tedarikçilerini de kapsayabilecek şekilde yeni bir karar alınmış olup, bu karar hücre sitesini oluşturan ana donanım türlerine odaklanmaktadır. Toplanan göstergeler aşağıda yer almaktadır:

- Fransa'da satılan ekipman hacimleri;
- Donanımın sera gazı emisyonları;
- Bunları üretmek için kullanılan nadir toprak elementleri ve değerli metallerin hacimleri

Bunlara ek olarak Hindistan'ın Telekom Düzenleme Otoritesi (TRAI) tarafından 04.01.2012 tarihinde Telekom endüstrisine yönelik talimatlar yayınlanmıştır. Bu talimatlar doğrultusunda Telekom servis sağlayıcıları yılda iki kez ilgili ağlarının karbon ayak izi raporlarını göndermektedir.

Yasayla ve kendilerine verilen görevlendirmeye tabi olan diğer kurumlar gibi, elektronik haberleşme ekipmanlarının sürdürülebilirliği ve dijital dönüşümü çerçevesinde yapılacak olan çalışmalar BTK'nın da çalışma alanına girmektedir. Halihazırda kurumumuzda bu konular perspektifinde bu denli çalışmalar olmadığından, Kurumumuzun da bu nitelikte çalışmalar yapmasının gerekli olduğu düşünülmektedir. Teknolojinin her daim değişeceği ve gelişeceği göz önünde bulundurulduğunda aşağıdaki noktalarda Kurumumuzca yetkilendirilen işletmecilere yükümlülük getirilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

- Kurumumuzun yıllık veya aylık belli periyotlarda işletmecilerden (elektronik iletişim operatörlerinden, veri merkezi operatörlerinden, tüketici cihazı üreticilerinden, ağ ekipmanı tedarikçilerinden ve işletim sistemi sağlayıcılarından) karbon ayak izine dair verileri içeren raporlamaların talep edilmesi ve bunun Kurum resmi internet sayfasında yayınlanması,
 - İşletmecilerden elektronik haberleşme sistemlerini oluşturan ekipmanlarda kullanılan nadir ve değerli elementlerin hacimlerinin talep edilmesi,
 - Sürdürülebilirlik üzerine kamuoyunda her yıl danışma anketlerinin düzenlenmesi,
- **Elektronik haberleşme ekipmanlarının sınıflandırılması, atık ve geri dönüşümünde BTK'nın da süreçlerde yer aldığı sistemin benimsenmesi ve atık yönetimine dair mevzuat düzenlemesinin gerekli olduğu düşünülmektedir.**

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın 02.04.2015 tarihli ve 29314 Sayılı "Atık Yönetimi Yönetmeliği" nin EK-4 Atık Listesi'nde yer alan Elektrikli ve Elektronik Ekipman Atıklarında elektronik haberleşme ekipmanları atıklarının (baz istasyonu, anten, IOT cihazları... vb.) tam olarak karşılığı bulunamamıştır. Bir diğer yönetmelik olan 26 Aralık 2022 tarihli ve 32055 Sayılı "Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Yönetimi Hakkında Yönetmelik (AEEEEYHY)" ekinde bulunan elektrikli ve elektronik eşyaların kategorileri incelenmiş olup, yine elektronik haberleşme cihazlarını tam olarak karşılayan madde bulunamamıştır.

AEEEEYHY'nin "Amaç" başlıklı 2'inci maddesinde

-Bu Yönetmelik;

2'inci maddesinin birinci fıkrasının (a) bendinde;

- "EK-1/A'da yer alan kategorilere dâhil olan elektrikli ve elektronik eşyaları kapsar....."

2'inci maddesinin ikinci fıkrasının (a) bendinde;

-“EK-2/A’da yer alan kategorilerde sınıflandırılan piyasaya arz edilen tüm elektrikli ve elektronik eşyaları kapsar. EK-2/A’da belirtilen kategorilere ilişkin örneklere EK-2/B’de yer verilmiştir. Bu Yönetmeliğin kapsamına giren ürünler, EK-2/B’de yer alan örneklerle sınırlı olmayıp, bu örneklerde yer almayan ancak Ek-2/A’de yer alan kategorilere dâhil olan EEE’ler de bu Yönetmeliğin kapsamındadır.”

2'inci maddesinin ikinci fıkrasının (b) bendinde;

- “Aşağıda yer alan elektrikli ve elektronik eşyaları kapsamaz:”

1) *“Bu Yönetmeliğin kapsamında olmayan bir ürünün parçasını oluşturacak şekilde özel olarak tasarlanmış ve monte edilmiş, işlevini ancak bu eşyanın bir parçası olduğu takdirde yerine getirebilen elektrikli ve elektronik eşyaları.”* şeklinde ifade edilmiştir.

Elektronik haberleşme atıkları listede belirtilen ürünlerde olmadığından ve AEEEEYHY belirtildiği gibi kategorilerde olmadığından yönetmelik bu atıkları tam kapsamayabilmektedir. Ayrıca ÇŞİDB’ nin elektrik ve elektronik atıkları toplamaya yetkilendirdiği ELDAY (Elektrik ve Elektronik Geri Dönüşüm ve Atık Yönetimi Derneği İkt. İşl.), TÜBİSAD (Bilişim Sanayicileri ve İş adamları Derneği İktisadi İşletmesi) ve AGİD (Aydınlatma Gereçleri İmalatçıları Derneği Ticari İşletmesi) yetkilendirdiği kuruluşlar mevcuttur. Bu çerçevede elektronik haberleşme cihazlarını detaylıca sınıflandırabilmek ve atık yönetimini yürütebilmek adına BTK’nın;

- ÇŞİDB mevzuatında elektronik haberleşme ekipmanları çerçevesinde detaylı bir şekilde yer alması için ÇŞİDB ile ortak bir çalışma yapmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

- **Elektronik cihaz ve ekipmanlardaki arızaların giderilmesi kapsamında kullanıcılara cihaza ilişkin onarım yönergelerinin sağlanmasının uygun olacağı öngörülmektedir.**

ABD'nin New York eyaleti 2023'te dijital elektronik cihazlar için “onarım hakkı yasası” çıkarmıştır. Söz konusu yasada EEE üreticileri, bireylerin ve küçük işletmelerin dijital cihazları onarmalarını sağlayan onarım kılavuzları yer almakta olup, bu yasa sayesinde çevreye bırakılan e-atık azalmış olmaktadır. BTK'nın Piyasa Gözetimi ve Denetiminde tüketici ekipmanları da kontrol edilmektedir. Kullanma kılavuzunun içeriğinin daha kapsamlı hale gelmesi için aşağıda belirtilen maddelerle ilgili Kurumumuzun Ticaret Bakanlığı ile ortak bir çalışma yapabileceği düşünülmektedir:

- Ürünle gelen kullanım kılavuzu veya cihaz kutusunda ayrı bir doküman içeriğinde basit onarımla ilgili bilgiler yer alması veya
 - Karekod ile ulaşılabilir sayfada özellikle küçük müdahalelerle hızla giderilebilecek minör arızaların giderimi bakımından kullanıcıya yol gösterilerek, arıza durumunda cihazın atık hale getirilmesinin önlenilebileceği değerlendirilmektedir.
- **Elektronik haberleşme ekipmanları ve atıklarının; onarımına ve geri dönüşümüne yönelik eğitim düzenlenmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.**

Batı Afrika'da; cep telefonu tamiri, birkaç yıldır en pazarlanabilir teknik zanaatkar fırsatlarından biri olup, bölgedeki bazı ülkeler, gençlerin gerekli becerileri öğrenebilecekleri eğitim merkezleri oluşturmuşlardır. 2020'de Fildişi Sahili'nde, Abidjan' da başlatılan “Create Lab” adlı bir proje kapsamında, elektrikli ve elektronik ekipmanlar ve e-atıkların nasıl onarılacağı, yeniden kullanılacağı ve geri dönüştürüleceği öğretilmektedir. Ülkemizde BTK telekomünikasyon sektöründe düzenleme ve denetleme kurumu olarak telekomünikasyon cihazlarının tamirinde örneğin dijital kullanıcı ekipmanları (cep telefonu, bilgisayar gibi) bir farkındalık eğitimi oluşturabilir. Örneğin okullarda bilhassa teknik liselerde Millî Eğitim Bakanlığıyla ortak çalışmalar düzenleyip gençlere bu konuda eğitimler düzenlenebilir. Sonuçta hızla ilerleyen teknoloji neredeyse her yıl yeni bir sürümünü piyasaya sunmaktadır. Gelecek zamanlarda cihazların bir önceki yığılan sürümlerinin endişe

verici boyutlara geleceği öngörülmektedir. Bu yüzden dijital ekipmanların onarımı ve geri dönüşümüne hâkim olmak ve sürdürülebilirlik için çözümler üretebilmek döngüsellğe ciddi katkı sağlayacağından önemlidir. Bu kapsamda, bu alanda eğitim olarak yetişmenin gençlere mesleki hayatlarında katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

- **BTK elektronik haberleşme sektörünün sürdürülebilirlik hususundaki farkındalığı artırmak için her yıl ya da periyodik olarak rapor yayınlamasının gerekli olduğu düşünülmektedir.**

ITU 2019 yılında Bilgi ve İletişim Teknolojileri ve dijital teknolojilerin iklim eylemlerini hızlandırmadaki rolünü ifade etmek için “*Dijital teknoloji inovasyonunu iklim eylemine nasıl dönüştürebiliriz?*” başlıklı rapor yayınlamıştır. Uluslararası telekomünikasyon otoritesi dijital teknolojinin sürdürülebilirliğini özellikle vurgulaması bu konunun ne kadar önemli bir noktaya taşındığının göstergesidir. Kurumumuz da yer yer bu konuya değinmekte ve düzenlenen etkinliklere katılım sağlamaktadır ancak bu konunun daha sık gündeme getirilmesi ve Kurumumuz tarafından özellikle etkinlikler oluşturulması gerektiğinin faydalı olacağı değerlendirilmektedir. Bu hususta aşağıda yer alan maddelerin uygulanmasının etkin ve verimli olacağı düşünülmektedir:

- Dijital dönüşüm, elektronik haberleşme atıklarının geri dönüşümü ve dijital teknolojinin sürdürülebilirliği hususlarının BTK uhdesinde derlenerek internet sayfasında her yıl ya da periyodik olarak güncel raporlarla yayınlanması,
 - Tüketicilerin BTK tarafından bilinçlendirilmesi amacıyla dijital teknolojinin sürdürülebilirliği konusunda kamu spotu yayınlanması.
- **Elektronik haberleşme ekipmanlarında geri dönüştürülmeye uygun malzeme kullanımının yaygınlaştırılmasına yönelik olarak yetkilendirmelerde aranacak yükümlülüklerde gözetilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.**

Günümüzün en temel sorunlarından birinin de doğal kaynakların yetersiz olduğu hususu incelenen çalışmalarla tespit edilmiştir. İlerleyen teknoloji, artan tüketim, atık geri dönüşümünün yetersizliği çevre üzerinde ciddi sorunlar oluşturduğu görülmüştür. Atık geri dönüşümünün elzem olduğu bu süreçte haberleşme alanında kullanılan ekipmanların geri dönüştürülmesinin önemli olduğu incelenen uluslararası yayın ve makaleler aracılığıyla anlaşılmıştır. Geri dönüşümün çevresel katkısının yanında geri dönüşüm sonucunda kazanılan malzeme ve materyallerin elektronik haberleşme sektöründe yeniden kullanılması; karbon ayak izini azaltmada, maliyet tasarrufunda ve dögüsel ekonomi için önemli olduğu düşünülmektedir. Bu çerçevede söz konusu işletmecilere (mobil haberleşme operatörleri gibi) yetkilendirmeyle ilgili aranacak yükümlülöklere belli bir oranda geri dönüştürölmeye uygun malzeme kullanımı ile ilgili hükümler ilave edilebileceğı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- AB, (2024), Sürdürülebilir Ürünler için Ekotasarım Yönetmeliği. https://commission.europa.eu/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/sustainable-products/ecodesign-sustainable-products-regulation_en , (E.T. 03.06.2024)
- ACARER, Tayfun, (2018), Yeni Nesil Mobil İletişim Sistemlerinin Gemi Kara Arasındaki Deniz Haberleşmesinde Kullanım Olanakları.
- AKDAĞLI, Ali, (2008), Gelişen Haberleşme Teknolojileri, Mersin, Mart 2008
- AKIN, Besim & KURU, Ayşegül, (2011), Elektrikli ve Elektronik Atıkların (E-Atık) Zararları, Yönetimi ve Türkiye’deki Uygulamalarının Değerlendirilmesi, İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi Yıl 3, Sayı 12, Sayfa (1-12)
- AKPULAT, Onur, (2020), Dünyada ve Türkiye’de Elektronik Atık Mevcut Durumu Araştırma Raporu, Atığın ötesinde, Vodafone, Haziran 2020
- ANDREWS, Deborah & WHITEHEAD, Beth, (2019), Data Centres in 2030: comparative case studies that illustrate the potential of Design for the Circular Economy as an enabler of Sustainability. https://assets.website-files.com/5d1ca4414cf9cbff0c5be3eb/5d7795fcf96eadc288592eb7_ANDREWS%20SI%202019%2005.03.2019%20final.pdf, (E.T. 03.05.2024)
- ATMACA, Sedat, (2009), Akıllı Anten Kullanan Geniş Bant Kablosuz Haberleşme Sistemleri İçin Servis Kalitesi Destekli Ortam Erişim Kontrol Protokolü, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Kocaeli, 2009
- AVRUPA KOMİSYONU, (2012), Preparing a Waste Prevention Programme. <https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/prevention/Waste%20prevention%20guidelines.pdf> , (E.T. 09.06.2024)
- AYANG, Albert vd., (2016), Power Consumption: Base Stations of Telecommunication in Sahel Zone of Cameroon: Typology Based on the Power Consumption—Model and Energy Savings. Journal of Energy, 2016, 1–15. <https://doi.org/10.1155/2016/3161060>, (E.T. 09.03.2024)
- BAKDİ, Malika, (2022), Managing e-waste in China: the formal and informal sectors, International Journal of Economic Performance, 2022 5 (2), <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/206531> , (E.T. 09.03.2024)
- BALDE, Cornelis P. vd., (2024), The Global E-waste Monitor. ITU unitar Fondation Carmignac, <https://ewastemonitor.info/wp->

[content/uploads/2024/03/GEM_2024_18-03_web_page_per_page_web.pdf](#) ,
(E.T. 05.06.2024)

BANGERTER, Boyd vd., (2014). Networks and devices for the 5G era. IEEE Communications Magazine, 52(2), 90–96. <https://tarjomefa.com/wp-content/uploads/2016/09/5296-English.pdf> , (E.T. 02.04.2024)

BAYRAM, Savaş vd., Öcal, (2012), İnşaat Atıkları Kavramının Yasal Düzenlemesi ve Hazır Beton Tesisinde Örnek Uygulama, Engineering Sciences, 7(1), 106-118. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/186108> (E.T. 03.03.2024)

BERGERON, Jacop Richard, (2021), Initiatives To Tackle E-Waste In Ivory Coast. <https://borgenproject.org/e-waste-in-ivory-coast/>, (E.T. 02.04.2024)

BİLGİ TEKNOLOJİLERİ VE İLETİŞİM KURUMU, (2018), Baz İstasyonları. <https://tuketici.btk.gov.tr/baz-istasyonlari>, (E.T. 09.03.2024)

BIESER, Jan C.T. vd., (2023), A Review of Assessments of the Greenhouse Gas Footprint and Abatement Potential of Information and Communication Technology, Environmental Impact Assessment Review 99 (2023) 107033

BİLGİLİ, Muhammed Yunus, (2020), Katı Atık Yönetiminde Kullanılan Bazı Kavramlar ve Açıklamaları, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Avrasya Terim Dergisi, 8(2) :88-97

BİLGİLİ, Muhammed Yunus, (2021), Sıfır Atık Yaklaşımının Kökenleri ve Günümüzdeki Anlamı, İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 20(40), 683-703

BİMEL, (2024), rohs ve weee. <https://www.bimel.com.tr/tr/rohs-ve-weee>, (E.T. 01.05.2024)

BTK, (2023), Ortak Şarj Cihazı Düzenlemesi. <https://www.btk.gov.tr/uploads/announcements/telsiz-ekipmanlari-yonetmeliginde-degisiklik-yapilmasina-dair-yonetmelik-hakkinda-kamuoyu-goruslerinin-alinmasi/ortak-sarj-cihazı-raporu.pdf>, (E.T. 02.06.2024)

BTK, (2024), 2025 Kurum Dışı İş Planı.

BULUTİSTAN, (2024), Veri Merkezi Nedir? Neden Önemlidir? <https://bulutistan.com/blog/veri-merkezi-nedir-neden-onemlidir/> , (E.T. 02.06.2024)

CAN, Semih, (2017), Kablosuz Haberleşme Yöntemleri. <https://roboturka.com/temel-elektronik/en-iyi-kablosuz-haberlesme-yontemi/>, (E.T. 01.07.2024)

- ÇAYCI, A. Deniz vd., (2024). Sürdürülebilir Ve Yeşil Bilişim Teknolojilerinin Mevcut Durumu Ve Geleceğe Yönelik Projeksiyonlar. BTK. <https://www.btk.gov.tr/uploads/pages/arastirma-raporlari/surdurulebilir-yesil-bilisim-raporu-20-mart.pdf>, (E.T. 11.04.2024)
- ÇEVİKEL, Banu, (2009). Elektronik Atıklardan Değerli Metal Geri Kazanımı, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya, <https://acikerisim.sakarya.edu.tr/bitstream/handle/20.500.12619/81068/T03945.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (E.T. 10.04.2024)
- CEYLAN, Cennet, (2020), Haberleşme Nedir? <https://cennttceylm.medium.com/haberle%C5%9Fme-nedi%C3%87r-b4928fbd36ed>, (E.T. 05.03.2024)
- CISCO, (2020), Cisco Annual Internet Report (2018–2023), <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>, (E.T. 06.04.2024)
- DATA CENTER NETWORK TÜRKİYE, (2022), Veri Merkezlerinin Ölenemez Yükselişi. <https://dcnetworkturkey.com/blogs/blog/veri-merkezlerinin-onlenemez-yukselisi>, (E.T. 07.05.2024)
- DEMİRCİOĞLU, Erdem, & İMECİ, Ş. Taha, (2010), Genişband Gezgın Haberleşmede Yeni Nesil Uygulamalar: 3G-4G. Akademik Bilişim'10 - XII. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri 10 - 12 Şubat 2010 Muğla Üniversitesi
- Elektrikport, (2021), Baskı Devre Kartı (PCB) Nedir? [https://www.elektrikport.com/makale-detay/baski-devre-karti-\(pcb\)-nedir/23040#ad-image-0](https://www.elektrikport.com/makale-detay/baski-devre-karti-(pcb)-nedir/23040#ad-image-0), (E.T. 06.07.2024)
- Envilience ASIA, (2020), Waste Management in China, Current Status of China Solid Waste Pollution and Counter Measures, <https://envilience.com/regions/east-asia/cn/cn-waste>, (E.T. 25.12.2024)
- EPA, (2012), Recycling And Waste Electrical And Electronic Equipment Management In Taiwan: A Case Study, https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-08/documents/taiwan_iemn_case_study_12.7_final.pdf, (E.T. 24.12.2024)
- EPA, (2024), Temelleri Azaltma ve Yeniden Kullanma. <https://www.epa.gov/recycle/reducing-and-reusing-basics>, (07.02.2024)
- ER, Mehmet Kubilay, (2012), Sıfır Atık Yönetimi ve Ofis Tipi Binalarda Uygulanması. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

- ERCC, (2024), Product Scope Map. <https://www.ecycleclearinghouse.org/contentpage.aspx?pageid=54>, (E.T. 01.03.2024)
- ETSI, (2024), About ETSI. <https://www.etsi.org/about>, (E.T. 01.03.2024)
- EURONEWS, (2023), Geri dönüşüm oranı: Atık arıtmada Türkiye’de ve Avrupa’da durum ne? <https://tr.euronews.com/2023/08/01/geri-donusum-orani-atik-aritmada-turkiyede-ve-avrupada-durum-ne>, (E.T. 04.03.2024)
- EUROLAB, (2020), WEEE Direktifi, <https://www.denetim.com/laboratuvar/elektrikli-ve-elektronik-cihaz-testleri/weee-direktifi/>
- European Commission, (2019), The European Commission’s priorities. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024_en, (E.T. 01.02.2024)
- European Commission, (2024), The story of the von der Leyen Commission, https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/story-von-der-leyen-commission_en (E.T. 03.09.2024)
- European Commission Directorate-General Environment, (2012), Preparing a Waste Prevention Programme , Guidance document, Drafted by BioIntelligence Service S.A.S., Paris, in association with Copenhagen Resource Institute, Copenhagen Regional Environmental Center, Szentendre, October 2012
- GESP, (2024), Türkiye. <https://globalewaste.org/statistics/country/turkey/2022/>, (E.T. 06.05.2024)
- GEYLANİ, Munip vd., (2016), Geçmişten Günümüze Hücrel Haberleşme Teknolojilerinin Gelişimi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 18/3/54, Sf. 606-623, Eylül 2016
- GÖKREM, Levent & FERİKOĞLU, Abdullah, (2003), Hücrel Sistemler, SAU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7.Cilt, 2.Sayı, Temmuz 2003
- GOMEZ, Gómez Maria, (2020), Posibilidades de tratamiento de residuos de pilas y baterías. <http://www.conama10.conama.org/conama10/download/files/CT%202010/1000000204.pdf>, (E.T. 06.02.2024)
- GOVERNMENT OF INDIA vd., (2011), E-waste (Management and Handling) Rules. https://www.meity.gov.in/writereaddata/files/1035e_eng.pdf, (E.T. 06.02.2024)

- GOVERNMENT OF INDIA vd., (2022), Draft Average life proposed for the notified Electrical and Electronic Equipment (EEE) items under the E-Waste (Management) Rules. <https://cpcb.nic.in/openpdffile.php?id=UmVwb3J0RmlsZXMvMTUwOV8xNjc5Mzc0NjE5X21lZGlhcGhvdG8xMDQ1Mi5wZGY=>, (E.T. 06.02.2024)
- GOVERNMENT OF INDIA, Department of Consumer Affairs Ministry of Consumer Affairs, Food and Public Distribution, (2023), Right to Repair Portal India. <https://righttorepairindia.gov.in/index.php>, (E.T. 10.06.2024)
- GRID, (2006), United Nations Environment Programme, Division of Early Warning and Assessment (DEWA), Global Resource Information Database .
- GSMA, (2019), THE 5G GUIDE, A Reference for Operators, April 2019
- GSMA, (2022), Strategy Paper for Circular Economy: Mobile devices.
- GÜRBÜZ, Ömer, (2012), Hüresel Sistemlere Kıyasla Orta Gerilim Enerji Merkezleri ve İletim Hatlarındaki Elektromanyetik Alan Değerlerinin İncelenmesi ve Olumsuz Etkilerini Azaltmaya Yönelik Çözüm Önerileri. Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Teknik Uzmanlık Tezi, Şubat 2012
- HAYIRSEVER TOPÇU, Doç. Dr. Ferhunde, (2018), E-Atık Bertarafı, Geri Dönüşümü ve Yönetimi Sorunları: Çin Örneği, Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, Yıl:6, Sayı:80, Ekim 2018
- HORASAN, Bilgehan Yabgu vd., (2022), Katı Atık Düzenli Depolama Sahalarında Enerji Üretimi.
- İKİZOĞLU, Kemal, (2019), Teknoloji ve Hayata Dair Günceler. <https://blog.ikizoglu.com/2019/02/hello-5g/>, (E.T 07.04.2024)
- İSO Yeşil Blog, (2021), En Hızlı Büyüyen Atık Yığını: E-atıklar. <https://www.isoyesilblog.com/dunyanin-en-hizli-buyuyen-atik-yigini-e-atiklar/>, (E.T. 07.04.2024)
- ITU & Weeeforum, (2020), Internet Waste, A thought paper for International E-Waste Day 2020, https://weee-forum.org/wp-content/uploads/2020/10/Internet-Waste-2020_FINAL.pdf, (E.T. 07.03.2024)
- ITU, (2024a), E-waste Policy Toolkit. <https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Pages/Toolbox/WEEE-Africa-Toolkit.aspx>, (E.T. 04.06.2024)
- ITU, (2024b), Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU) Hakkında. <https://www.itu.int/en/about/Pages/default.aspx>, (E.T. 04.06.2024)

- ITU-D, (2017), Strategies and policies for the proper disposal or reuse of telecommunication/ICT waste material, ITU-D Study Group 2, https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/stg/D-STG-SG02.08.1-2017-PDF-E.pdf , (E.T. 09.05.2024)
- ITU-R, (2015), IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond. Recommendation ITU-R M.2083-0 (09/2015), https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/r-rec-m.2083-0-201509-i!!pdf-e.pdf (E.T. 05.03.2024)
- ITU-T, (2012), Procedure for recycling rare metals in information and communication technology goods , Series I: construction, installation and protection of cables and other elements of outside plant, L.1100, (02/2012)
- ITU-T, (2020), Protection against Interference. ITU-T K.91 – Guide on electromagnetic fields and health <https://www.itu.int/rec/T-REC-K.Sup1-202005-I>, (E.T. 06.02.2024)
- KARAÇAY, Gülsün, (2005), Kavram ve İşleyiş. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 14(1), 317-332. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/50207> (E.T. 06.05.2024)
- KHALIQ, Abdul vd., (2014), Metal Extraction Processes for Electronic Waste and Existing Industrial Routes: A Review and Australian Perspective. Faculty of Science, Engineering and Technology, Swinburne University of Technology, Hawthorn, Australia https://www.researchgate.net/publication/261181219_Metal_Extraction_Processes_for_Electronic_Waste_and_Existing_Industrial_Routes_A_Review_and_Australian_Perspective, (E.T. 05.06.2024)
- KRAUS, John & MARHEFKA, Ronald, (2002), Antennas For All Applications [Third Edition].
- LEE, David vd., (2017), Monitour: Tracking global routes of electronic waste, ELSEVIER, Accepted 5 November 2017, https://senseable.mit.edu/papers/pdf/20171206_Lee-et-al_Monitour_WasteManagement.pdf (E.T. 04.06.2024)
- LIEBMANN, Andrew, (2015), ICT Waste Handling: Regional and Global End-of-Life Treatment Scenarios for ICT Equipment. Royal Institute of Technology, Master of Science Thesis Stockholm /2015/ , https://files.ifi.uzh.ch/hilty/t/Literature_by_RQs/RQ%20144/2015_Liebmann_ICT_Waste_Handling.pdf (E.T. 01.03.2024)

- Ministerio de Ambiente, V. y D. T. R. de C. (2010). Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. https://www.residuoselectronicos.net/wp-content/uploads/2012/03/Guia_RAEE_MADS_2011-reducida.pdf, (E.T. 09.03.2024)
- MNE, (2021), Sıfır Atık ve Belçika, İtalya ve İspanya Modelleri. Aralık 2021.
- MOKO TECHNOLOGY, (2022), PCB kartı nedir? <https://www.mokotechnology.com/tr/what-is-a-pcb-board/>, (E.T. 05.06.2024)
- MOLONEY, Sıla, (2023), NY Becomes First State to Enact “Right to Repair” Law for Consumers of Digital Electronic Devices. Norwood News. <https://www.norwoodnews.org/ny-becomes-first-state-to-enact-right-to-repair-law-for-consumers-of-digital-electronic-devices/>, (E.T. 09.05.2024)
- MTN Consulting, (2022), 2G/3G Ağ Kesintilerinden Kaynaklanan Enerji Maliyeti Tasarruflarının Niceliksel Olarak Belirlenmesi. <https://www.mtn-c.com/quantifying-the-energy-cost-savings-from-2g-3g-network-shutdowns/>, (E.T. 09.05.2024)
- MURUGESAN, San, (2008), Harnessing Green IT: Principles and Practices. <https://ieeexplore.ieee.org/document/4446673/authors#authors>, (E.T. 15.03.2024)
- MUSTARİ, Nazifa vd., (2024), 1G’den 6G’ye hücrel evrim üzerine kapsamlı bir derleme, Politeknik Dergisi, <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3004658> (E.T. 09.05.2024)
- NJATHI, Ian, (2022), Kenya’s E- Waste Management strategy. <https://tta.co.ke/kenyas-e-waste-management-strategy/>, (E.T. 06.05.2024)
- OFCOM, (2023), Environmental sustainability. <https://www.ofcom.org.uk/about-ofcom/corporate-policies/environmental-policy/>, (E.T. 15.03.2024)
- ÖNER, B. Demir, (2015), Antenler ve Yayılma. <https://silo.tips/download/2-antenler-ve-yayilma-antennas-and-propagation>, (E.T. 09.06.2024)
- ÖNLÜ, M. Veysel, (2022), Diyarbakır İl Merkezindeki Yoğun Yaşam Ortamlarında Yüksek Frekanslı Elektromanyetik Alanların ve Kaynaklarının Araştırılması. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi
- PERSISTENCE MARKET RESEARCH, (2023), Yenilenmiş ve Kullanılmış Cep Telefonları Pazarı, <https://www.persistencemarketresearch.com/market-research/refurbished-and-used-mobile-phones-market.asp>, (E.T. 09.04.2024)

- PRADHAN, Rudra. P. vd., (2018). Information communication technology (ICT) infrastructure and economic growth: A causality evinced by cross-country panel data. IIMB Management Review, 30(1), 91–103. <https://doi.org/10.1016/j.iimb.2018.01.001>, (E.T. 16.03.2024)
- RAPPAPORT, Theodore S., (2002), Wireless Communications Principles and Practice.
- SAYI, Betül Ceylan, (2017), Bayburt Demirözü Beşpınar Beldesi Elektromanyetik Kirlilik Ölçümleri. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi
- SEMTRIO, (2024), Karbon (CO2) Emisyonu Nedir? <https://www.semtrio.com/blog/karbon-co2-emisyonu-nedir>, (E.T. 07.06.2024)
- SGS, (2019), TEHLİKELİ MADDELERİN KISITLANMASI ROHS DİREKTİFİ. <https://www.sgs.com/-/media/sgscorp/documents/corporate/brochures/sgs-crs-rohs-brochure-tr.cdn.en.pdf>, (E.T. 04.03.2024)
- TALENS, Peiro. L. & ARDENTE, Fulvio, (2015), Environmental Footprint and Material Efficiency Support for product policy - Analysis of material efficiency requirements of enterprise servers. European Commission JRC Science and Policy Report, September 2015
- T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI, (2017), Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı (2016-2023). <https://cygm.csb.gov.tr/ulusal-atik-yonetimi-ve-eylem-plani-2016-2023-hazirlandi.-haber-221234>, (E.T. 02.03.2024)
- T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI, (2020), Sıfır Atık Yönetim Sistemi Uygulama Kılavuzu, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/samav--20200914212036-20221014154350.pdf>, (E.T. 21.12.2024)
- T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI, (2021), Atık İstatistikleri Bülteni, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/2021-yili-atik-stat-st-k-bulten--20231225152938.pdf>, (E.T. 15.12.2024)
- T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI, (2015a), Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Yönetimi, https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/Atik_Elektrik_Elkt_Kitabi_Yeni_Baski.pdf, (E.T. 20.12.2024)
- T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI, (2015b), Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planı,

<https://ugds.csb.gov.tr/eylem-izleme-sistemi-kullanım-kilavuzu-duyuru-51971>

(E.T. 23.12.2024)

T.C. ÇEVRE ŞEHİRCİLİK VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI, (2024), Basel Sözleşmesi, <https://onceliklikimyasallar.csb.gov.tr/basel-sozlesmesi-i-5178>, (E.T. 06.05.2024)

T.C. DIŞİŞLERİ BAKANLIĞI AVRUPA BİRLİĞİ BAŞKANLIĞI, Avrupa Birliği'nin Tarihçesi, (2022), https://www.ab.gov.tr/avrupa-birliginin-tarihcesi_105.html , (E.T. 09.07.2024)

T.C. SANAYİ VE TEKNOLOJİ BAKANLIĞI, (2021), Sanayi Tesisleri İçin Elektronik Atık Yönetim Rehberi. <https://www.tevmot.org.tr/wp-content/uploads/2021/09/Atik-Yinetim-Rehberi.pdf> , (E.T. 09.04.2024)

T.C. TİCARET BAKANLIĞI, (2021), CE İŞARETİ, https://ticaret.gov.tr/data/5b88443f13b87711604c92b1/CE_ismareti_ile_ilgili_Soru_ve_Cevaplar.pdf , (E.T. 03.06.2024)

TELEKOMÜNİKASYON KURUMU, (2002), 3.Nesil Haberleşme Sistemleri. <https://www.btk.gov.tr/uploads/pages/slug/3-nesil-mobil-haberlesme-sistemleri.pdf>, (E.T. 03.01.2024)

TOKEL, Turgut Barış, (2022), 5G-Small Cell ve Xhaul, Yeni Nesil Genişbantlı Haberleşme Teknolojileri, Aselsan Dergi, <https://www.pressreader.com/turkey/aselsan-dergi/20220101/282016150824233> , (E.T. 09.04.2024)

Belgian Digital Transformation Office (BOSA), 2024, Tomorrow's Tech Today Conference, <https://bosa.belgium.be/en/events/tomorrows-tech-today>, (06.06.2024)

TRAI, (2017), Approach towards Sustainable Telecommunications , Consultation Paper No:02/2017 Mahanagar Doorsanchar Bhawan Jawahar Lal Nehru Marg, New Delhi – 110002 https://cms.trai.gov.in/sites/default/files/2024-09/Consultation_Paper_16_jan_2017_0.pdf , (E.T. 05.03.2024)

TRAI, (2020), Green Telecommunication. <https://www.trai.gov.in/telecom/other-initiatives/green-telecommunication>, (E.T. 09.02.2024)

TSAI, W. Tien, (2020), Recycling Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) and the Management of Its Toxic Substances in Taiwan-A Case Study. Toxics, 8(3). <https://doi.org/10.3390/toxics8030048>, (E.T. 07.03.2024)

- UK, (2021), Net Zero Strategy: Build Back Greener. <https://www.gov.uk/government/publications/net-zero-strategy>, (E.T. 07.03.2024)
- ÜNVERDİ, Özlem N., & UNVERDİ Aydın N., 2013, Taşıtlardaki Haberleşme Sistemlerinin Analizi, V. İletişim Teknolojileri Ulusal Sempozyumu – Sürdürülebilir Kentlerde İletişim Teknolojileri, 16-17 Mayıs 2013 Yaşar Üniversitesi Konferans Salonu, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İzmir Şubesi
- UYSAL, Ercan, (2015), Elektronik Ürünlerde Geri dönüşüm ve Avrupa Birliği'nin RoHS/WEEE Direktifleri. Antrak. <https://antrak.org.tr/genel/elektronik-urunlerde-geridonu%C5%9Fum-ve-avrupa-birli%C4%9Finin-rohsweee-direktifleri/>, (E.T. 07.03.2024)
- VAIJA, Samuli & PHILIPOT, Éric, (2020), L'importance des métaux rares pour le secteur des technologies de l'information et de la communication, le cas d'Orange. Annales Des Mines - Responsabilité et Environnement, N° 99(3), 24–28. <https://doi.org/10.3917/re1.099.0024>, (E.T. 08.04.2024)
- WCEE, (2016), An Interview with Ines Temimi, Collectun D3E Recyclage, a Woman-Owned Recycling Business in Tunisia. https://www.wcee.org/page/5_2016_Summer/An-Interview-with-Ines-Temimi-Collectun-D3E-Recyclage-a-Woman-Owned-Re.htm, (E.T. 09.04.2024)
- WeLOOP, (2020), A Situational Analysis Of A Circular Economy In The Data Centre Industry. Circular Economy For the Data Center Industry, April 2020, https://www.weloop.org/wp-content/uploads/2021/09/2020_04_16_CEDaCI_situation_analysis_circular_economy_report_VF.pdf, (E.T. 07.05.2024)
- WU, Jingjin vd., (2015), Energy-Efficient Base-Stations Sleep-Mode Techniques in Green Cellular Networks: A Survey. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2, 803–826. <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2403395>, (E.T. 10.04.2024)
- XIA, Wenfeng vd., (2016), A Survey on Data Center Networking (DCN): Infrastructure and Operations. IEEE İletişim Anketleri ve Eğitimleri PP(99):1-1
- YCICT CO., LIMITED, 2024, AAU,RRU,BBU. <https://www.ycict.net/tr/aau,rru,bbu/>, (E.T. 19.12.2024)
- YEŞİLKAYA, Muammer, (2012), Elektronik Atık Yönetimi, Uygulamaların Analizi ve Öneriler. BTK, İdari Uzmanlık Tezi, Şubat 2012
- YILMAZ, Abdullah & BOZKURT, Yavuz, (2010), Türkiye'de Kentsel Katı Atık Yönetimi Uygulamaları ve Kütahya Katı Atık Birliği (KÜKAB) Örneği.

Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi
Y.2010, C.15, S.1 s.11-28

YILMAZ, Esra, (2006), Elektrikli ve Elektronik Atıkların Geri Kazanımı ve Muğla İli Pilot Uygulaması. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Haziran 2006

ZWAI, (2024), Sıfır Atık Tanımı. <https://zwia.org/zero-waste-definition/>, (E.T. 09.06.2024)

ÖZGÜNLÜK BİLDİRİMİ

Uzmanlık tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlardan her seferinde değinme yaparak yararlandığımı ve Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu Meslek Personeli Sınav, Görev, Çalışma Usul ve Esasları Hakkında Yönetmeliğe uygun olarak hazırladığımı belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Tubay BÜKÜM

ÖZGEÇMİŞ

1991 yılında Diyarbakır'da doğdu. İlkokul, orta ve lise öğrenimini Diyarbakır'da tamamladı. 2017 yılında Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Bölümünden mezun oldu. 2020 yılında Bilgi Teknolojileri ve İletişim kurumunda Bilişim Uzman Yardımcısı olarak göreve başladı. BTK Diyarbakır Bölge Müdürlüğünde görevine devam etmektedir.

