

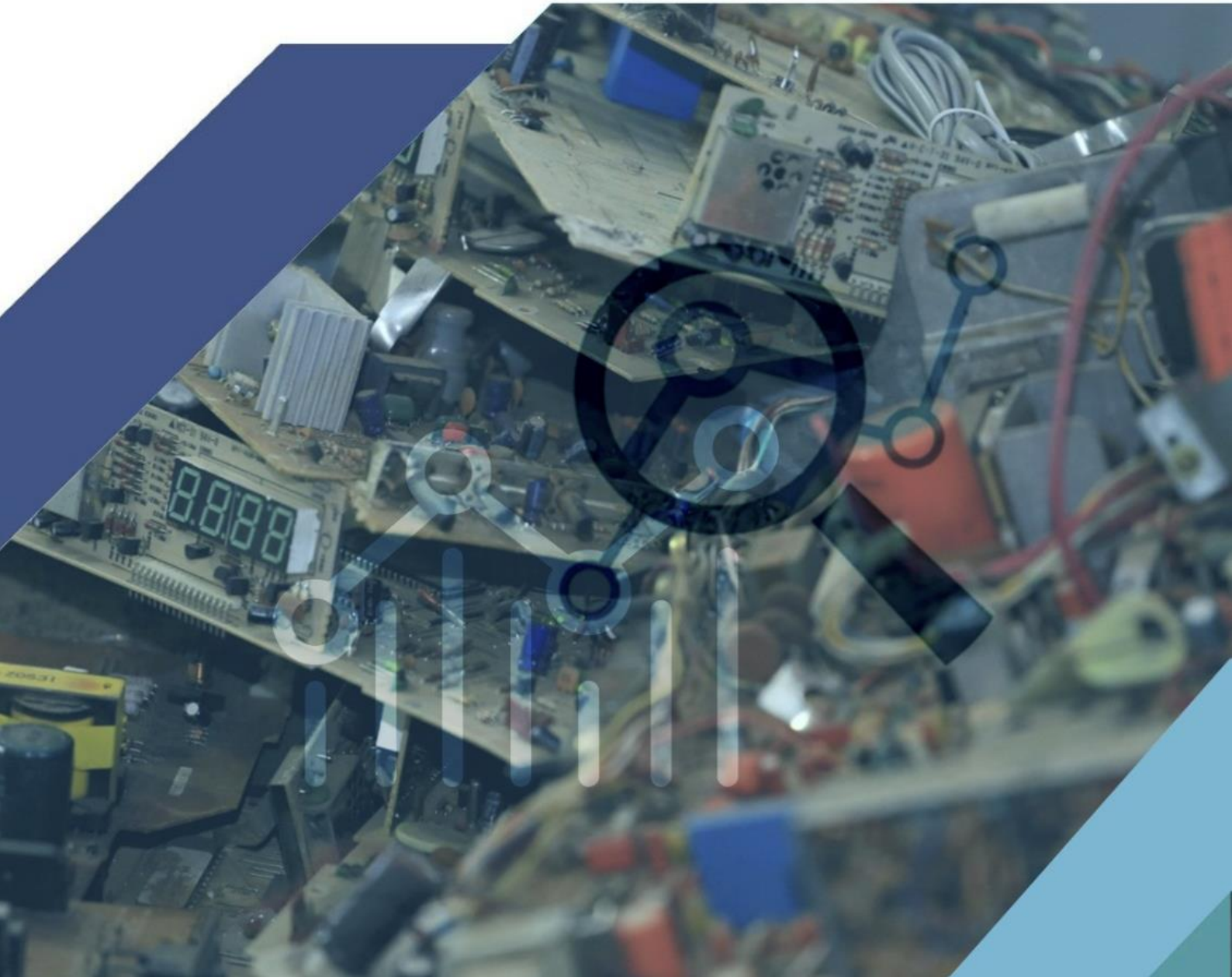


T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



İSTANBUL
KALKINMA
AJANSI

İstanbul İli Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyalardan Kıymetli Metal Geri Kazanım Tesisi Ön Fizibilite Raporu





T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



İstanbul İli

Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyalardan

Kıymetli Metal Geri Kazanım Tesisi

Ön Fizibilite Raporu



2021
ŞUBAT

RAPORUN KAPSAMI

Bu ön fizibilite raporu, Özel Sektör Yatırımcıları İçin Proje Havuzu Çalışması amacıyla İstanbul ilinde Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Kıymetli Metal Geri Kazanım Tesisi kurulmasının uygunluğunu tespit etmek, yatırımcılarda yatırım fikri oluşturmak ve detaylı fizibilite çalışmalarına altlık oluşturmak üzere Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı koordinasyonunda faaliyet gösteren İstanbul Kalkınma Ajansı tarafından hazırlanmıştır.

HAKLAR BEYANI

Bu rapor, yalnızca ilgililere genel rehberlik etmesi amacıyla hazırlanmıştır. Raporda yer alan bilgi ve analizler raporun hazırlandığı zaman diliminde doğru ve güvenilir olduğuna inanılan kaynaklar ve bilgiler kullanılarak, yatırımcıları yönlendirme ve bilgilendirme amaçlı olarak yazılmıştır. Rapordaki bilgilerin değerlendirilmesi ve kullanılması sorumluluğu, doğrudan veya dolaylı olarak, bu rapora dayanarak yatırım kararı veren ya da finansman sağlayan şahıs ve kurumlara aittir. Bu rapordaki bilgilere dayanarak bir eylemde bulunan, eylemde bulunmayan veya karar alan kimselere karşı Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ile İstanbul Kalkınma Ajansı sorumlu tutulamaz.

Bu raporun tüm hakları İstanbul Kalkınma Ajansı'na aittir. Raporda yer alan görseller ile bilgiler telif hakkına tabi olabileceğinden, her ne koşulda olursa olsun, bu rapor hizmet gördüğü çerçevenin dışında kullanılamaz. Bu nedenle; İstanbul Kalkınma Ajansı'nın yazılı onayı olmadan raporun içeriği kısmen veya tamamen kopyalanamaz, elektronik, mekanik veya benzeri bir araçla herhangi bir şekilde basılamaz, çoğaltılamaz, fotokopi veya teksir edilemez, dağıtılamaz, kaynak gösterilmeden iktibas edilemez.

İÇİNDEKİLER

1. YATIRIMIN KÜNYESİ	4
2. EKONOMİK ANALİZ	6
2.1 Sektörün Tanımı	6
2.2 Sektöre Yönelik Sağlanan Destekler	7
2.2.1 Yatırım Teşvik Sistemi	7
2.2.2 Diğer Destekler	8
2.3 Sektörün Profili	10
2.3.1 Sektörün Genel Yapısı	10
2.3.2 Ürün Yelpazesi	12
2.3.3 Dünyada Oluşan Toplam AEEE ve Atık PCB Miktarları	13
2.3.4 Dünyada Önde Gelen Ülkeler ve Firmalar	15
2.3.5 Türkiye’de Piyasaya Sürülen ve Oluşan AEEE Miktarları	17
2.3.6 Türkiye’de Faaliyet Gösteren Firmalar	20
2.4 Dış Ticaret ve Yurt İçi Talep	21
2.5 Üretim, Kapasite ve Talep Tahmini	22
2.6 Girdi Piyasası	23
2.7 Pazar ve Satış Analizi	27
2.7.1 AEEE Geri Dönüşümünün Madencilğe Göre Avantajları	27
2.7.2 Ürünlerin Piyasa Değerleri	28
2.7.3 Hedeflenen Satış Bölgeleri	31
2.7.4 Rekabet Üstünlüğü	32
3. TEKNİK ANALİZ	33
3.1 Kuruluş Yeri Seçimi	33
3.2 Üretim Teknolojisi	36
3.2.1 Metal Tozu Üretim Yöntemleri	36
3.2.2 Makine Teçhizat Özellikleri	38
3.3 İnsan Kaynakları	48
4. FİNANSAL ANALİZ	53
4.1 Sabit Yatırım Tutarı	53
4.2 Sabit Yatırımın Geri Dönüş Süresi	55
5. ÇEVRESEL VE SOSYAL ETKİ ANALİZİ	55
5.1 Çevresel Etkiler	55
5.2 Sosyal Etkiler	56

TABLolar

Tablo 1 - İlgili Diğer Yatırım Destekleri	8
Tablo 2 - PCB'lerden Kıymetli Metal ve Kritik Hammadde Elde Eden Dünyada Önde Gelen Tesisler	16
Tablo 3. Türkiye'de Piyasaya Sürülen EEE Miktarı Öngörüsü (2017)	17
Tablo 4 - AB Ülkelerinde İlgili Veriler (2017)	20
Tablo 5 - İthalatı Yasaklanan AEEE'ler	22
Tablo 6 - 2017-2020 Yılları Arası Atık Baskılı Devre Kartı (PCB) İthalat Rakamları	22
Tablo 7 - Tesisin Yıllara Göre Kapasite Kullanım Oranı.....	23
Tablo 8 - Bazı Atık PCB'lerin Metal içeriği ve Değer Payları	24
Tablo 9 - Farklı AEEE Türlerinin Metal İçerikleri ve 2015 Yılı Değerleri.....	24
Tablo 10 - Bazı Atık PCB'lerin Güncel Alış Fiyatları (21.08.2020).....	25
Tablo 11 - Ekonomik Analizlerde Kullanılan Tesis Girdileri	25
Tablo 12 - Tipik Cevherler ve Atık PCB'lerin Metal İçeriğinin Karşılaştırılması	28
Tablo 13 - Değerli Maden Fiyatları (\$/ton).....	29
Tablo 14 - İstanbul ve Komşu İllerindeki Bazı Metal Tesisleri	31
Tablo 15 - İstanbul'da Kurulu Lisanslı İşleme Tesisleri.....	35
Tablo 16 - Kilit Makine Teçhizatın İsim, Özellik ve Menşei - Örnek 1.....	38
Tablo 17 - Kilit Makine Teçhizatın İsim, Özellik ve Menşei - Örnek	46
Tablo 18 - İstanbul'un Yakalarının Nüfus ve Alanları	49
Tablo 19 - İstanbul'un İlçelerinin Nüfusları	49
Tablo 20 - İstanbul'un Yakalarının Nüfusu	49
Tablo 21 - Anadolu Yakası İlçelerinin Nüfus ve Yüzölçümleri	50
Tablo 22 - Avrupa Yakası İlçelerinin Nüfus ve Yüzölçümleri.....	51
Tablo 23 - Türkiye ve İstanbul'da 15-64 Yaş Grubu İşgücü ve İşsizlik Verileri (milyon kişi)	52
Tablo 24 - İstanbul'da 15+ Yaş Grubunun Eğitim Düzeyi.....	52
Tablo 25 - Türkiye, İstanbul, Silivri ve Tuzla'da 15 ve Üzeri Yaş Grubunun Eğitim Düzeyi (2019)	53
Tablo 26 - PCB İşleme Tesisi Genel Bilgileri ve Sabit Maliyetleri.....	54
Tablo 27 - Geleneksel Madencilik ve Şehir Madenciliği (AEEE Geri Dönüşümü) Enerji Tüketimi Karşılaştırması	56

ŞEKİLLER

Şekil 1: EEE İçinde Bulunan Elementler	11
Şekil 2: PCB'lerin İçinde Bulunan Ortalama Metal Miktarları	12
Şekil 3: AEEE Kategorileri.....	13
Şekil 4: 2019 Yılında Oluşan Küresel AEEE Miktarının Kategorilere Göre Dağılımı (milyon ton)	13
Şekil 5: Küresel AEEE Miktarındaki Artış (milyon ton)	14
Şekil 6: Atık PCB Geri Dönüşümü İle İlgili Uluslararası Patentler	15
Şekil 7 - Kişi Başına Harcama ile Kişi Başına Piyasaya Sürülen EEE İlişkisi	19
Şekil 8 - Türkiye'deki Lisanslı AEEE İşleme Tesislerinin İllere Dağılımı	21
Şekil 9 - Geleneksel Madencilik ve Şehir Madenciliği (AEEE Geri Dönüşümü) Süreçlerinin Karşılaştırması	28
Şekil 10 - Altın Fiyatı (\$/kg)	30
Şekil 11 - Gümüş Fiyatı (\$/kg).....	30
Şekil 12 - İller Arası Rekabet Endeksi 2018-2019	32
Şekil 13 - İstanbul İlçeler Arası Rekabet Endeksi (İÜ, 2012).....	33
Şekil 14 - Türkiye'de Lisanslı AEEE İşleme Tesisleri	34
Şekil 15 - Marmara Bölgesinde AEEE İşleme Tesislerinin Yoğun Olduğu 3 İl: İstanbul, Kocaeli ve Bursa	34
Şekil 16 - İstanbul'da AEEE İşleme Tesisleri	35
Şekil 17 - Kıymetli Metallerin Kazanımına Yönelik Atık PCB İşleme Akışı*	37
Şekil 18 - Mevzuatın Öngördüğü ve Pratikteki AEEE Döngüsü	57

İSTANBUL İLİ ATIK ELEKTRİKLİ VE ELEKTRONİK EŞYALARDAN KIYMETLİ METAL GERİ KAZANIM TESİSİ ÖN FİZİBİLİTE RAPORU

1. YATIRIMIN KÜNYESİ

Yatırım Konusu	Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyalardan Kıymetli Metal Geri Kazanım Tesisi	
Üretilen Ürün/Hizmet	AEEE'lerin ekonomik olarak en değerli bölümleri olan Baskılı Devre Kartlarından (PCB) altın, gümüş, paladyum, platin gibi kıymetli metallerin geri kazanılması	
Yatırım Yeri (İl – İlçe)	Silivri - Tuzla	
Tesisin Teknik Kapasitesi	660 ton/yıl PCB	
Sabit Yatırım Tutarı	5.000.000 \$	
Yatırım Süresi	10 yıl	
Sektörün Kapasite Kullanım Oranı	Mevcut tesis bulunmuyor	
İstihdam Kapasitesi	35	
Yatırımın Geri Dönüş Süresi	4,36 yıl	
İlgili NACE Kodu (Rev. 3)	Atığın toplanması, ıslahı ve bertarafı faaliyetleri; maddelerin geri kazanımı (38, 38.1, 38.2, 38.3)	
İlgili GTİP Numarası	7112 - Kıymetli metallerin veya kıymetli metallerle kaplama metallerin, döküntüleri, artıkları; kıymetli metal veya kıymetli metal bileşikler, içeren ve esas olarak kıymetli metallerin geri kazanılmasında, kullanılan türden olan diğer döküntü ve artıklar	
Yatırımın Hedef Ülkesi	Türkiye (İstanbul)	
Yatırımın Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına Etkisi	Doğrudan Etki	Dolaylı Etki
	Amaç 3: Sağlık ve Kaliteli Yaşam Amaç 6: Temiz Su ve Sanitasyon Amaç 8: İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme Amaç 9: Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı Amaç 11: Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar Amaç 12: Sorumlu Üretim ve Tüketim Amaç 13: İklim Eylemi Amaç 14: Sudaki Yaşam Amaç 15: Karasal Yaşam Amaç 17: Amaçlar için Ortaklıklar	Amaç 1: Yoksulluğa Son Amaç 2: Açlığa Son Amaç 4: Nitelikli Eğitim Amaç 5: Toplumsal Cinsiyet Eşitliği Amaç 7: Erişilebilir ve Temiz Enerji Amaç 10: Eşitsizliklerin Azaltılması Amaç 16: Barış, Adalet ve Güçlü Kurumlar
Diğer İlgili Hususlar		

Subject of the Project	Precious Metal Recovery Facility of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)	
Information about the Product/Service	Recovery of precious metals such as gold, silver, palladium, platinum from Printed Circuit Boards (PCB), which are the most economically valuable parts of WEEE	
Investment Location (Province-District)	Silivri - Tuzla	
Technical Capacity of the Facility	660 tons/year (PCB)	
Fixed Investment Cost (USD)	5.000.000 \$	
Investment Period	10 year	
Economic Capacity Utilization Rate of the Sector	There are no established installments.	
Employment Capacity	35	
Payback Period of Investment	4,36 years	
NACE Code of the Product/Service (Rev.3)	Waste collection, treatment and disposal activities; recovery of materials (38, 38.1, 38.2, 38.3)	
Harmonized Code (HS) of the Product/Service	7112 : Waste and scrap of precious metal or of metal clad with precious metal; other waste and scrap containing precious metal or precious metal compounds, of a kind used principally for the recovery of precious metal.	
Target Country of Investment	Turkey (İstanbul)	
Impact of the Investment on Sustainable Development Goals	Direct Effect	Indirect Effect
	Goal 3: Good Health and Well Being Goal 6: Clean Water and Sanitation Goal 8: Decent Work and Economic Growth Goal 9: Industry, Innovation and Infrastructure Goal 11: Sustainable Cities and Communities Goal 12: Responsible Consumption and Production, Goal 13: Climate Action Goal 14: Life below Water Goal 15: Life on Land Goal 17: Partnerships for the Goals	Goal 1: No Poverty Goal 2: Zero Hunger Goal 4: Quality Education Goal 5: Gender Equality Goal 7: Affordable and Clean Energy Goal 10: Reduced Inequality Goal 16: Peace, Justice and Strong Institutions
Other Related Issues		

2. EKONOMİK ANALİZ

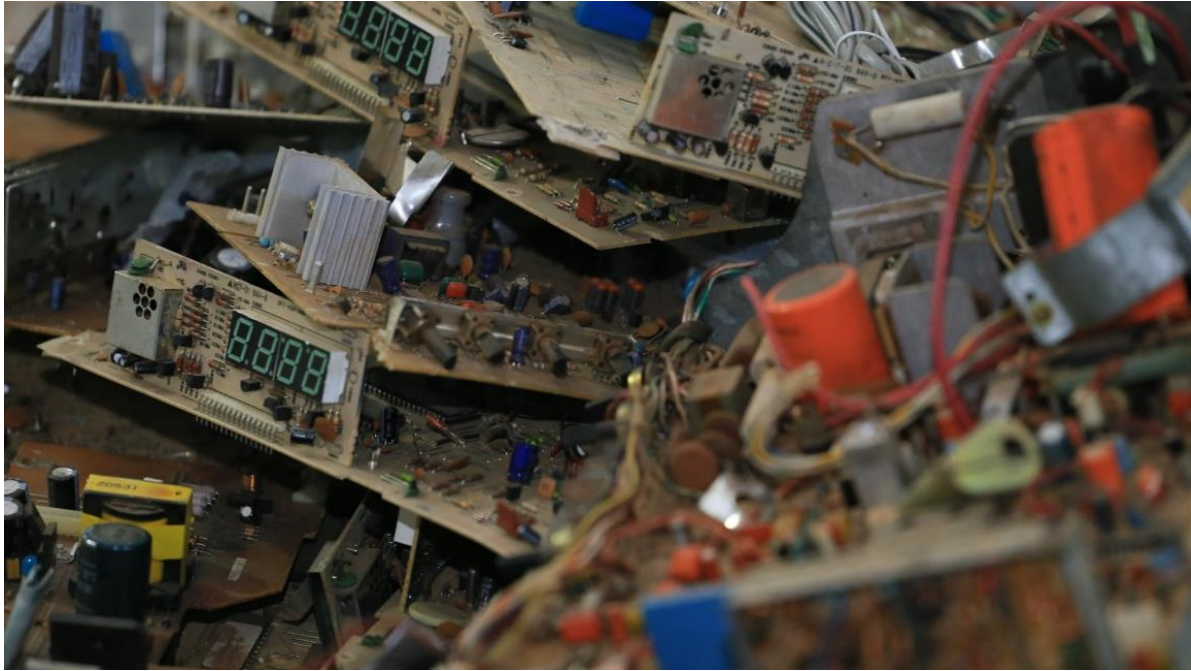
2.1 Sektörün Tanımı

Elektrikli ve Elektronik Eşyalar (EEE) dendiği zaman akla ilk gelen; bilgisayar, cep telefonu, televizyon, beyaz eşyalar ve küçük ev aletleri gibi çok farklı kullanım alanları olan ürünlerdir. Bu ürünlerin kullanım ömrü dolduğu andaki bütün bileşenleri, unsurları ve ihtiva ettiği sarf malzemeleri Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyalar (AEEE)¹ olarak tanımlanmaktadır.

AEEE'ler son yıllardaki teknolojik gelişmeler ve tüketim alışkanlıkları ile dünyada en hızlı artış gösteren tehlikeli atık kollarından birisidir. Günümüzde AEEE'ler küresel ölçekte yönetilmesi gereken önemli bir mesele haline gelmişken birçok fırsatı da beraberinde getirmektedir. AEEE'ler ekonomik açıdan yüksek değer arz eden, önemli bir atık grubudur. Özellikle cep telefonu, sunucu ve bilgisayar gibi elektronik eşyaların içinde bulunan Baskılı Devre Kartları (PCB) altın, gümüş, paladyum, platin gibi kıymetli metallerin yanı sıra kobalt, tungsten, indiyum gibi kritik hammaddeleri de barındırmaktadır.

Çalışmaya konu yatırımların İstanbul'da kıymetli metaller ihtiva eden Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların (AEEE) geri kazanımına yönelik tesislere yönelik olması nedeniyle ilgili NACE kodları "Atığın toplanması, ıslahı ve bertarafı faaliyetleri; maddelerin geri kazanımı (38, 38.1, 38.2, 38.3)" olarak tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında özellikle AEEE'lerin ekonomik olarak en değerli bölümleri olan Baskılı Devre Kartlarından (PCB) kıymetli metallerin geri kazanılmasına odaklanılacağı için ilgili GTİP numarası "Baskılı Devreler (8534)" olarak belirlenmiştir.



¹ AB Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyalar (AEEE) Direktifinde (2012/19/EU) elektrikli ve elektronik eşyalar, çalışması elektrik akımına ve elektromanyetik alanlara bağımlı olan, söz konusu akım ve alanların üretimi, transferi ve ölçümünde kullanılan, alternatif akımla 1000 voltu, doğru akımla ise 1500 voltu geçmeyen kullanımlar içinde tasarlanmış olan eşyalar olarak tanımlanmıştır.

2.2 Sektöre Yönelik Sağlanan Destekler

2.2.1 Yatırım Teşvik Sistemi

2012/3305 sayılı “Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Karar”² uyarınca desteklenebilir konularda belirlenen sabit yatırım tutarlarında yatırım yapan ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından onaylı Yatırım Teşvik Belgesi alan işletmeler aşağıdaki Yatırım Teşvik Uygulamalarından faydalanmaya hak kazanırlar.

AEEE’lerden kıymetli metaller elde edilmesine yönelik olarak 371 US-97 kodu ile “Metal Atık ve Hurdaların Yeniden Değerlendirilmesi” yatırım konusu İstanbul ili içerisinde öncelikli yatırım konuları arasında sıralanmaktadır³. Bu kapsamda aşağıdaki devlet desteklerinden faydalanılabilmektedir.

Gümrük Vergisi Muafiyeti: Var

Katma Değer Vergisi İstisnası: Var

Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği: 7 yıl %35 Yatırıma Katkı Oranı

Vergi İndirimi: Vergi İndirim Oranı %80, Yatırıma Katkı Oranı %40

Yatırım Yeri Tahsis: Var

Faiz-Kâr Payı Desteği: TL 5 puan, Döviz 2 puan İndirimli, 1 Milyon 400 Bin TL’yi geçemez.

Katma Değer Vergisi İadesi ve Özel Şartlar: 2017-2022 yıllarında yapılacak yatırım harcamaları için vergi indirimi Yatırıma Katkı Oranına 15 puan ilave edilmekte, vergi indirimi oranı %100 olmakta ve 2017-2021 yılları arası bina-inşaat harcamalarına KDV İadesi uygulanmaktadır.

Yukarıdaki bilgilere ek olarak Yatırım Teşvik Belgesi kapsamında;

İnşa edilen binalar, inşaatlarının sona erdiği tarihi takip eden bütçe yılından itibaren 5 yıl süre ile emlak vergisinden geçici olarak muaftır.

Yapılan yatırımlar için iktisap olunan veya tahsis edilen araziler yatırım teşvik belgesi süresince emlak vergisinden muaftır.

Yer alan yatırım mallarına ilişkin olarak yatırım teşvik belgesi sahibi yatırımcılarla bu malların üreticileri ve tedarikçileri arasında düzenlenen kağıtlar, münhasıran yatırım döneminde belge kapsamındaki yatırıma yönelik gayri maddi hakların kiralanması ve satın alınmasına ilişkin düzenlenen kağıtlar, belge kapsamındaki sabit kıymet yatırımlarının imal ve inşasına yönelik düzenlenen sözleşmeler, taahhütnameler, teminatlar ve bu mahiyetteki kağıtlar ile söz konusu yatırımlara yönelik danışmanlık ve teknik müşavirlik hizmetlerine ilişkin düzenlenen kağıtlar damga vergisinden istisnadır. Ve bu kağıtlarla ilgili işlemler Harçlar Kanunu’nda yer alan harçlardan istisnadır.

Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Kararlarla belirlenen yüksek ve orta-yüksek teknoloji sanayi sınıfında yer alan ürünlerin imalatına ilişkin olarak imalatçılar ile tedarikçileri arasında mal ve hizmet alımı nedeniyle düzenlenen kağıtlar damga vergisinden istisnadır. Ayrıca bu kağıtlarla ilgili işlemler Harçlar Kanunu’nda yer alan harçlardan istisnadır.

İleri teknolojiye sahip ve teknoloji transferi sağlayacak yurt dışında yerleşik şirketlerin satın alınması ile bu alımlara yönelik mali ve hukuki danışmanlık hizmeti alımına ilişkin düzenlenen kâğıtlarla ilgili işlemler Harçlar Kanunu’nda yazılı harçlardan istisnadır.

² https://www.yatirimadestek.gov.tr/pdf/assets/upload/dosyalar/bakanlar_kurulu_karari-yatirim_tesvik_uygulamalari.pdf

³ <https://www.yatirimadestek.gov.tr/tesvik-robotu>

Yatırım Teşvik Belgesi kapsamındaki yukarıdaki devlet desteklerinin detayları ilgili Uygulama Rehberi'ne aşağıdaki bağlantıdan ulaşılabilir.

https://www.yatirimadestek.gov.tr/pdf/assets/upload/dosyalar/adim_adim_uygulama_rehberi-yatirim_tesvik_uygulamaları.pdf

2.2.2 Diğer Destekler

İstanbul'da kıymetli metaller ihtiva eden AEEE'lerin geri dönüşümüne yönelik yapılacak yatırımlar için Yatırım Teşvik Sistemi dışında Ticaret Bakanlığı, TÜBİTAK ve İSTKA'nın da çeşitli destek mekanizmaları bulunmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıdaki tabloda sunulmaktadır.

Tablo 1 - İlgili Diğer Yatırım Destekleri

Teşvik Unsuru	Teşvik Miktarı	Teşvik Süresi	Teşvik Şartları
TÜBİTAK 1505 Üniversite-Sanayi İşbirliği Destek Programı	1 milyon TL'ye kadar	24 Ay	- Sektörüne bakılmaksızın firma düzeyinde katma değer yaratan, Türkiye'de yerleşik ve proje sonuçlarını Türkiye'de uygulamayı taahhüt eden sermaye şirketleri ile Yükseköğretim Kanunu kapsamında yer alan yükseköğretim kurumları, vakıf üniversiteleri, eğitim ve araştırma hastaneleri ve ilgili mevzuatında Ar-Ge yapmakla görevlendirilmiş kamu araştırma merkez ve enstitüleri ortak proje başvurusunda bulunur. - Programa, Müşteri Kuruluş ve Yürütücü Kuruluş ortak başvuru yapılabilecektir. - TÜBİTAK'ın karşılayacağı bütçe oranı, Müşteri Kuruluş KOBİ ise proje bütçesinin %75'i, Büyük ölçekli ise %60'ıdır. Kalan tutar Müşteri Kuruluş tarafından karşılanacaktır. - Proje Giderleri; Personel ve Bursiyer Giderleri, Seyahat Giderleri, Alet/Teçhizat/Yazılım/Yayın Alımları, Hizmet Alımları, Malzeme Alımları, Proje Teşvik İkramesi - Başvuru: eteydeb.tubitak.gov.tr
Ticaret Bakanlığı Pazar Araştırması ve Pazara Giriş Desteği			- Türkiye'de sınai ve/veya ticari faaliyette bulunan 13.01.2011 tarihli ve 6102 sayılı Türk Ticaret Kanunu'nun 124 üncü maddesinde belirtilen kollektif, komandit, anonim, limited ve kooperatif şirketler faydalanabilir. - Rapor, Yurt Dışı Şirket ve Yurt Dışında Yerleşik Şirkete Ait Marka Alım Desteği: Yıllık 500.000 USD'ye kadar hibe, 3 milyon USD'ye kadar kredi - Yurt Dışı Pazar Araştırması Desteği: Yıllık 50.000 USD'ye kadar - Sektörel Ticaret Heyeti ve Alım Heyeti Programları Desteği: 100.000 USD'ye kadar - E-Ticaret Sitelerine Üyelik Desteği: Site başına 2.000 USD'ye kadar - Başvuru: https://ticaret.gov.tr/destekler/ihracat-destekleri

Teşvik Unsuru	Teşvik Miktarı	Teşvik Süresi	Teşvik Şartları
TÜBİTAK 1005 Ulusal Yeni Fikirler ve Ürünler Araştırma Destek Programı	300.000 TL'ye kadar	18 Ay	- Proje ekibinde yer alacak yürütücü ve araştırmacıların; üniversite, kamu kuruluşları veya özel kuruluşlarda çalışmaları ve en az dört yıllık üniversite lisans eğitimi almış olmaları yeterlidir. - Programın amacı; ülkemizde ihtiyaç duyulan, teknolojik dışa bağımlılığımızı azaltacak ve/veya ülkemizin rekabet gücünü artıracak ulusal/uluslararası yeni bir ürün/süreç/yöntem/model geliştirme amacına yönelik uygulamalı araştırma ve/veya deneysel geliştirme projelerinin desteklenmesidir. - Makine ve teçhizat giderleri, sarf giderleri, hizmet alımları, temsil ve tanıtma giderleri, seyahat giderleri, bursiyer ücretleri, geçici işçi ücretleri (yardımcı personel). - Başvuru: http://arbis.tubitak.gov.tr
TÜBİTAK 1071 Uluslararası Araştırma Fonlarından Yararlanma Kapasitesinin ve Uluslararası Ar-Ge İşbirliklerine Katılımın Arttırılmasına Yönelik Destek Programı			- Sektör ve büyüklüğüne bakılmaksızın firma düzeyinde katma değer yaratan ve ticaret sicil belgesi olan Türkiye'de yerleşik sermaye şirketleri (özel kuruluşlar). - Ar-Ge ve Yenilik Projeleri Çağrılarında kapsamında değerlendirilen projelerde temel araştırma niteliği aranmamakta, araştırma ve deneysel geliştirme (Ar-Ge), "teknolojik açıdan yeni veya iyileştirilmiş ürün", "teknolojik süreç yeniliği" odaklı projeler tercih edilmekte ve yeni ürün üretilmesi, ürün kalitesinin veya standardının yükseltilmesi, maliyet düşürücü ve standart yükseltici yeni tekniklerin geliştirilmesi, yeni üretim teknolojilerinin geliştirilmesi hedefleri olan projeler desteklenmektedir. - Büyük firmalar: %60 KOBİ'ler: %75 destek oranı ile desteklenmektedir. - Başvuru: http://uidb-pbs.tubitak.gov.tr/
TÜBİTAK 1509 Uluslararası Sanayi Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı			- Sektör ve büyüklüğüne bakılmaksızın, firma düzeyinde katma değer yaratan, Türkiye'de yerleşik sermaye şirketleri başvurabilir. - Program kapsamında "araştırma ve deneysel geliştirme (Ar-Ge)", "teknolojik açıdan yeni veya iyileştirilmiş ürün", "teknolojik süreç yeniliği" odaklı projeler beklenmektedir. - Bu program kapsamında destek almaya hak kazanan büyük ölçekli firmaların Ar-Ge projelerinin uygun bulunan proje harcamalarına en fazla %60, KOBİ'lerin proje harcamalarına da %75 oranında hibe destek sağlanması öngörülmektedir. - Programa başvuruda bulunacak projelerin destek süresinde ve proje bütçelerinde herhangi bir kısıtlama bulunmamaktadır. - Başvuru: https://eteydeb.tubitak.gov.tr

Teşvik Unsuru	Teşvik Miktarı	Teşvik Süresi	Teşvik Şartları
İSTKA GÜDÜMLÜ PROJELER		2 yıl	- Özel sektör işletmeciliğini güçlendirecek şekilde, üretim ve ihracat kapasitesinin geliştirilmesi, iyi uygulama örneklerinin oluşturulması, sektörel çeşitlenmenin ve ihtisaslaşmanın desteklenmesi, özel bilgi, beceri ve teknolojilerin geliştirilmesi, transferi veya yaygınlaştırılması, yeni finansman modellerinin geliştirilmesi, üniversite-sanayi işbirliğinin desteklenmesi, yeni hizmet ve üretim organizasyonlarının geliştirilmesi, işbirliği ağları ve değer zinciri oluşturulması, kümelenmelerin desteklenmesi, yeni sanayi altyapısı ve organizasyon modellerinin geliştirilmesi ve bölgedeki sektörlerin ihtiyaç duyacağı alanlarda insan kaynaklarının geliştirilmesine yönelik projeler desteklenmektedir. - Ajans yönetim kurulu kararı gereği en fazla %85 oranında mali destek sağlanır. Kalan kısım proje uygulayıcısı ve ortakları tarafından karşılanır. - Başvuru: https://www.istka.org.tr/tr/dosya-arama?tag=8306

2.3 Sektörün Profili

2.3.1 Sektörün Genel Yapısı

AEEE geri dönüşümü ikincil hammadde ve ürün pazarı için önemli bir kaynaktır ve döngüsel ekonomiye geçişte önemli bir aktördür. Dünya üzerindeki rezervleri gitgide azalan kritik hammaddeler (indiyum, paladyum vb.) başta olmak üzere elektrikli ve elektronik eşyaların üretiminde kullanılan tüm hammaddelerin (altın, bakır, nikel vb.) ekonomik değeri, AEEE yönetimine ekonomik boyutu olarak ön plana çıkmaktadır. Metallerin geri dönüşümü, madenlerden işlenmemiş malzemeleri çıkarmaktan çok daha az enerjiye ihtiyaç duymaktadır ve dolayısıyla daha az sera gazı salımı üretmektedir. Örneğin 1 ton akıllı telefonda 1 ton altın cevherinden 100 kat daha fazla altın bulunmaktadır (WEF, 2019).

Materyal tasarımı perspektifinden bakıldığında, EEE'ler çok karmaşıktır. Değerli metaller (ör. altın, gümüş, bakır, platin, paladyum, rutenyum, rodyum, iridyum ve osmiyum), kritik hammaddeler (ör. kobalt, paladyum, indiyum, germanyum, bizmut ve antimon) ve alüminyum ve demir gibi kritik olmayan metaller de dahil olmak üzere periyodik cetvelde bulunan 69 element EEE'ler içinde bulunabilir.

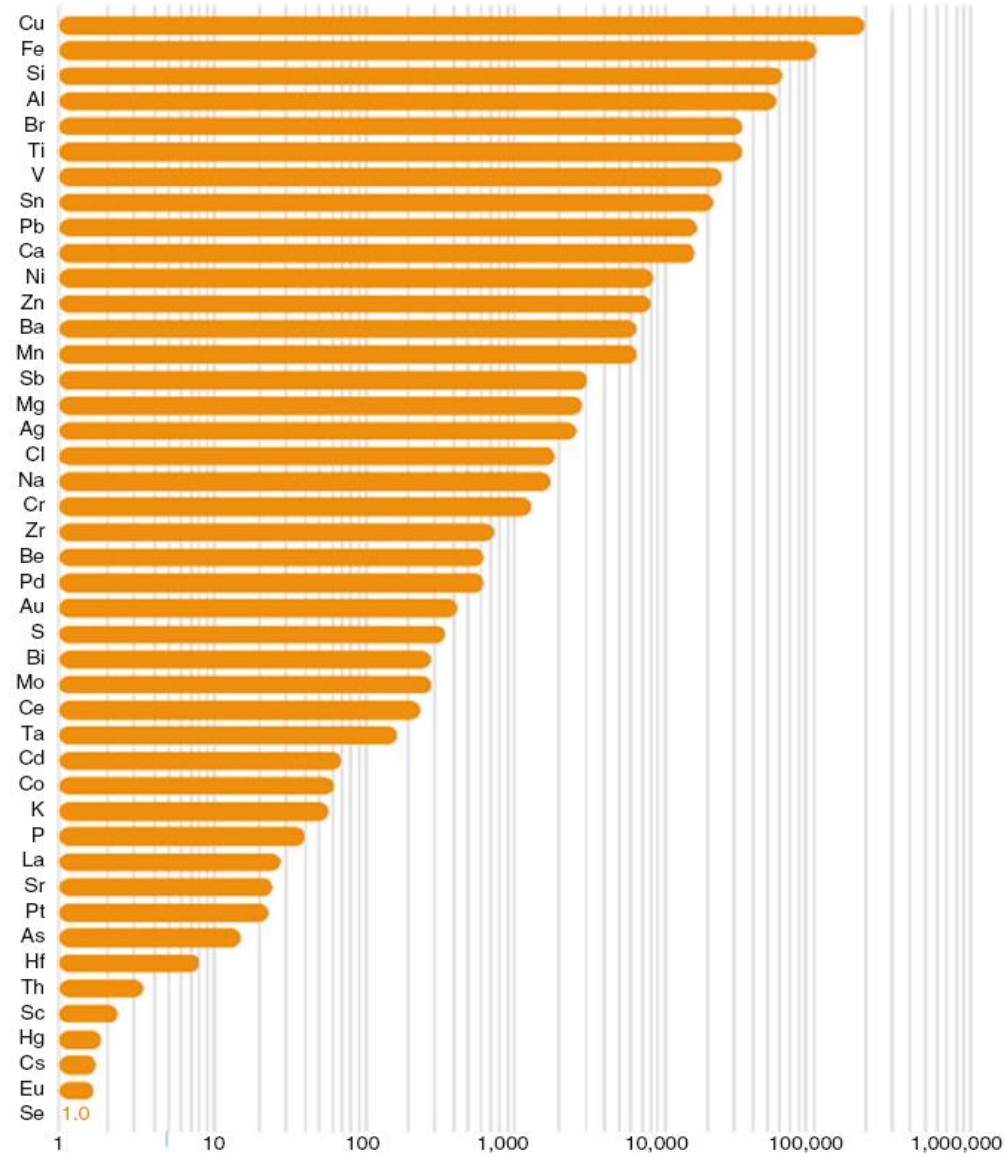
Döngüsel bir ekonomi çerçevesinde AEEE'ler önemli bir ikincil hammadde kaynağı olarak düşünülmelidir. Temel madencilikteki piyasa fiyat dalgalanmaları, malzeme kıtlığı, bulunabilirlik ve kaynaklara erişim ile ilgili sorunlar nedeniyle, ikincil hammaddelerin geri dönüşümünü iyileştirerek birincil hammaddelerin üzerindeki baskıyı azaltmak gerekli hale gelmiştir. AEEE'leri geri dönüştürerek ülkeler en azından malzeme taleplerini güvenli ve sürdürülebilir bir şekilde azaltabilirler.

Diğer taraftan AEEE geri dönüşümü sektörü genellikle yüksek geri dönüşüm maliyetleri ve malzemelerin geri dönüştürülmesinde karşılaşılan zorluklarla karşı karşıyadır. Örneğin, germanyum ve indiyum gibi bazı malzemelerin geri kazanımı, malzemelerin günlük kullanımları ve ürünlerin geri dönüşüm prensipleri dikkate alınmadan tasarlanması ve üretilmesi nedeniyle zordur.

Şekil 1: EEE İçinde Bulunan Elementler

Kaynak: UNU, 2020

Öte yandan, cep telefonu ve bilgisayar gibi bazı cihazlarda kullanılan kıymetli metaller nispeten yüksek bir konsantrasyona sahiptir (ör. AEEE tonu başına 280 gr altın) (bkz. Şekil 2). AEEE'lerin ayrı toplanması ve geri dönüştürülmesi bu nedenle yüksek konsantrasyonlarda ve kıymetli metal içerikleri içeren ürünler için ekonomik olarak uygun olabilir. AEEE'leri işlemek ve geri dönüştürmek için kullanılan yöntemler, özellikle malzeme kayıplarının %5'in altında olduğu manuel olarak gerçekleştiriliyorsa ekonomik olarak daha uygulanabilir olabilir. Bununla birlikte, çoğu kritik hammaddenin geri dönüşüm oranı hala çok düşüktür (UNU, 2020).

Şekil 2: PCB'lerin İçinde Bulunan Ortalama Metal Miktarları

Kaynak: M. Kaya, 2019.

2.3.2 Ürün Yelpazesi

AEEE'ler kendi içinde birçok farklı alt kategoriye ayrılan atık türleridir (bkz. Şekil 3). Avrupa Birliği (AB) AEEE Direktifi kapsamına giren AEEE'ler geri dönüşüm ve geri kazanım hedeflerine göre 6 kategoriye ayrılmaktadır (EC, 2012). Bu çalışmada özellikle 4. Kategori altında yer alan cep telefonu, sunucu ve bilgisayar gibi elektronik eşyaların içinde bulunan Baskılı Devre Kartlarının (PCB) geri dönüşümünden elde edilen kıymetli metaller ve kritik hammaddelerin eldesine yönelik yatırımlar irdelenmektedir.

Şekil 3: AEEE Kategorileri



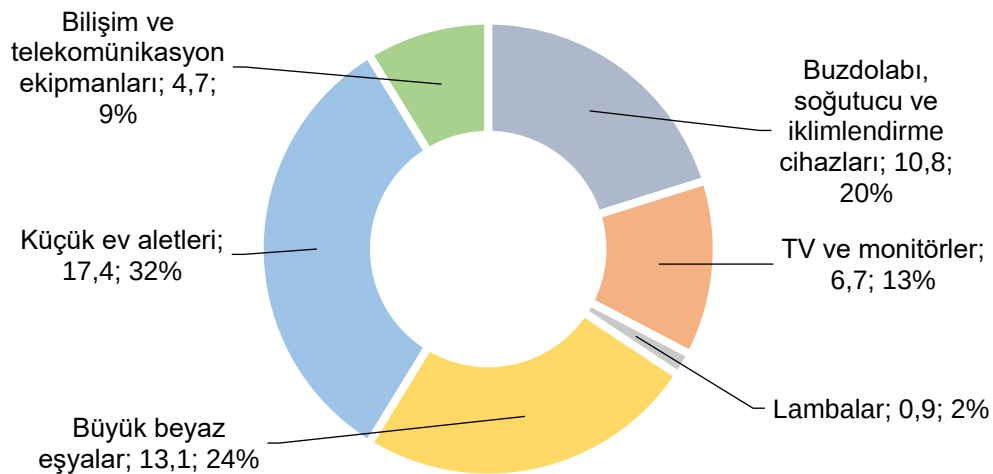
Kaynak: REC, 2016

2.3.3 Dünyada Oluşan Toplam AEEE ve Atık PCB Miktarları

Oluşan AEEE Miktarı

2020 Global E-Waste Monitor raporuna göre, 2019 yılında küresel ölçekte 53,6 milyon ton AEEE oluşmuştur. Bu rakamın AEEE kategorilerine dağılımı Şekil 4'te gösterilmektedir. 2019 yılındaki toplam miktar kişi başı yaklaşık 7,3 kg AEEE anlamına gelmektedir. Avrupa Birliği ülkeleri ve Amerika Birleşik Devletleri bu miktarın yaklaşık yarısından sorumludur. Aynı yıl 9,3 milyon ton AEEE toplandığı ve geri dönüştürüldüğü belgelenmiştir, bu da oluşan toplam AEEE'nin sadece %17,4'üne karşılık gelmektedir. Geri dönüştürülen bu miktardan 10 milyar dolar değerinde hammadde elde edilmiş, geri dönüştürülemeyen kısım ise 57 milyar dolarlık bir hammadde kaybına neden olmuştur.

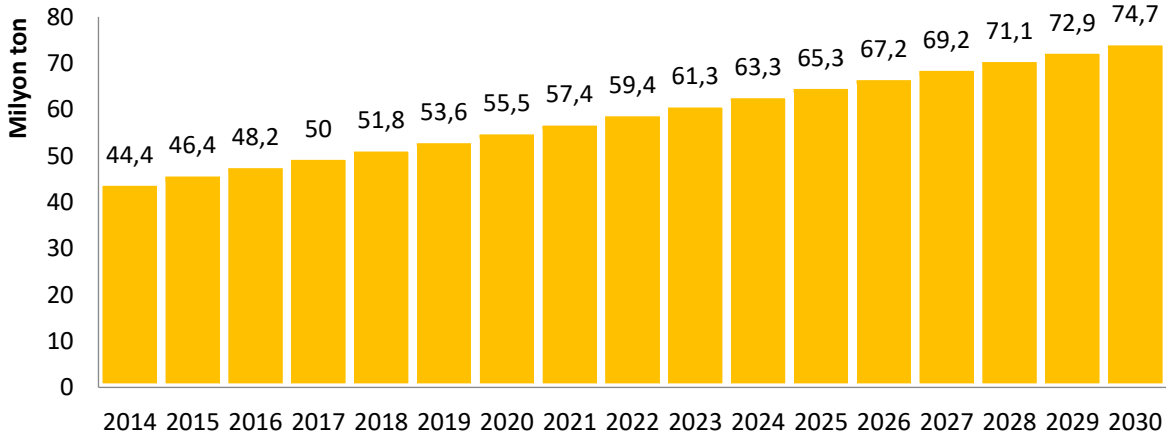
Şekil 4: 2019 Yılında Oluşan Küresel AEEE Miktarının Kategorilere Göre Dağılımı (milyon ton)



Kaynak: UNU, 2020

2014 yılında 44,4 milyon ton oluşan toplam AEEE miktarının %70'e yakın bir oranda artarak 2030 yılında 74,7 milyon tona ulaşması beklenmektedir. Bu da kişi başı 9 kg AEEE anlamına gelmektedir (UNU, 2020).

Şekil 5: Küresel AEEE Miktarındaki Artış (milyon ton)



Kaynak: UNU, 2020

Her ne kadar birçok ülkede mevzuata dayalı çeşitli toplama sistemleri mevcut olsa da bu tür sistemler aracılığıyla geri dönüştürülebilen AEEE miktarı üretilen toplamın çok altındadır. Mevzuatla düzenlenmiş ülkelerin dahi AEEE'lerin karışık evsel atıklarla birlikte bertaraf edilmesi, yurtdışına ihraç edilmesi ve/veya uygunsuz koşullarda işlenmesi ile mücadele etmesi gerekmektedir.

Oluşan Atık PCB Miktarı

2016 yılında 1,57 milyon ton atık baskılı devre kartları (PCB) oluştuğu öngörülmektedir (toplam oluşan AEEE'nin yaklaşık %3'ü). 2017 yılından 2027 yılına %7,3'lük bir yıllık bileşik büyüme oranı ile 3,40 milyon tona ulaşması öngörülmektedir.

Küresel atık PCB pazarı;

- AEEE üretim kaynağı,
- atık PCB türü ve
- atık PCB'den çıkarılan malzeme

temelinde olmak üzere 3 farklı segmente ayrılmıştır.

Pazar AEEE üretim kaynağı segmentinde, ev aletleri, bilgi teknolojileri ve telekomünikasyon ürünleri, eğlence aletleri ve diğerleri olarak sınıflandırılır. 2016 yılında, atık ev aletlerinden atık PCB pazarı hacminin yaklaşık %45'i ile en büyük payı oluşturmuştur. Ayrıca, evlerde çeşitli elektronik ekipmanların yüksek oranda kullanılması nedeniyle, segmentin birim bazında 2017-2027 döneminde sürdürülebilir büyüme göstermesi beklenmektedir.

Atık PCB türü açısından pazar, telekomünikasyon devre kartları, ağ iletişim kartları, devre paketleri, PC anakartları ve diğerleri şeklinde segmentlere ayrılmıştır. 2016 yılında, telekomünikasyon devre kartları segmenti, atık PCB pazarında hacim olarak %33 ile, değer yaklaşık %43 ile en büyük paya sahip olmuştur. Üstelik 2017-2027 yılları arasında piyasaya hâkim olması beklenmektedir.

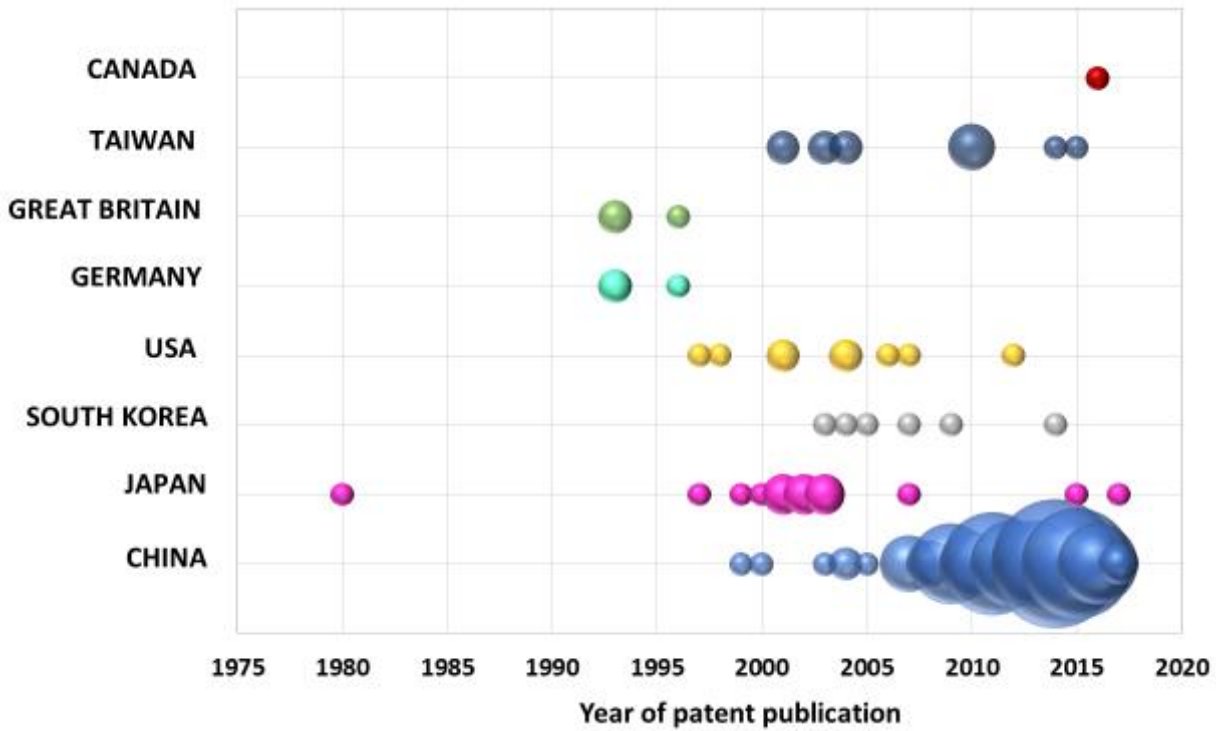
Atık PCB'lerden çıkarılan malzeme açısından pazar, demir içeren bileşenler, metaller (bakır, alüminyum, kalay) ve kıymetli metaller (altın, gümüş, paladyum, platin) olarak segmentlere ayrılmıştır. 2016 yılında,

bakır, alüminyum ve kalay gibi metaller segmenti, 2017 yılında PCB e-hurda pazarında %63 ile en büyük hacim payına ve %78 ile en büyük değer payına sahip olmuştur (TMR, 2018).

2.3.4 Dünyada Önde Gelen Ülkeler ve Firmalar

2018 yılında gerçekleştirilen bir akademik çalışmada 1990'lardan bu yana alınan atık PCB geri dönüşümü ile ilgili görülen 200'den fazla uluslararası patent derlenmiştir. Çalışma kapsamında mekanik işlemler, metal geri kazanımı ve saflaştırma ile metal olmayan fraksiyonların kullanımına yönelik temel teknolojiler tanımlanmış ve gözden geçirilmiştir (Rocchetti vd., 2018). Daire büyüklüklerinin patent sayısı ile doğru orantılı olduğu Şekil 6 incelendiğinde özellikle son yıllarda Çin'de konuya dair çalışmaların yoğunlaştığı görülmektedir. Ancak atık PCB geri dönüşümü konusunda uzmanlaşan köklü ve büyük kapasiteli şirketlerin ağırlıklı olarak Avrupa ülkelerinde tesisleştikleri tespit edilmiştir (bkz. Tablo 2).

Şekil 6: Atık PCB Geri Dönüşümü İle İlgili Uluslararası Patentler



Kaynak: Rocchetti, 2018

Aşağıdaki tabloda PCB'lerden kıymetli metal ve kritik hammadde eldesi gerçekleştiren dünyada önde gelen tesislere ilişkin bilgilere yer verilmiştir. Bu firmalar genellikle bakır, çinko gibi maden cevherlerini işlemek üzere kurulmuş daha sonra PCB geri dönüşümü konusunda uzmanlaşmış oldukça köklü uluslararası şirketlerdir. Bu tesislerin yatırım maliyetleri çok yüksektir. Ülkemizde ise her ölçekte uygulanabilir, farklı cevherlere ihtiyaç duyulmadan yalnızca AEEE'lerden kıymetli metalleri geri kazanabilecek tesislere ihtiyaç vardır.

Tablo 2 - PCB'lerden Kıymetli Metal ve Kritik Hammadde Elde Eden Dünyada Önde Gelen Tesisler

Firma	Ülke	Hammadde İşleme Kapasitesi	Kaynak
GLENCORE www.glencore.com	İsviçre Kanada	840.000 ton/yıl (100.000 ton/yıl AEEE geri dönüşümü için ayrılmış)	Rocchetti vd., 2018 Kaya, 2019
Aurubis www.aurubis.com	Almanya	700.000 ton/yıl	Rocchetti vd., 2018
umicore www.umicore.com	Belçika	500.000 ton/yıl 50 ton Platin Grubu Metalleri (PGM) (dünyadaki üretimin % 7'si), 100 ton Altın ve 2400 ton Gümüş Endüstriyel yan ürünler hacimce %86 (gelirin %75'i) ve AEEE geri dönüşümleri hacimce %14 (gelirin %25'i)	Rocchetti vd., 2018 Kaya, 2019
BOLIDEN www.boliden.com	İsveç	200.000 ton/yıl (120.000 ton/yıl AEEE geri dönüşümü için ayrılmış)	Rocchetti vd., 2018 Boliden, 2020
MITSUBISHI MATERIALS www.mmtc.co.jp	Japonya	140.000 ton/yıl	NA, 2017
STENA www.stenametal.com	İsveç	90.000 ton/yıl	SM, 2020
DOWA www.dowa.co.jp	Japonya	50.000 ton/yıl	DOWA, 2016
Cimelia 希世环保 www.cimeliaglobal.com	Singapur	30.000 ton/yıl	RT, 2013
Wm Weee Metallica www.weeemetallica.com	Fransa	25.000 ton/yıl (tamamı AEEE geri dönüşümü için ayrılmış)	Kaya, 2019
ATTERO www.attero.in	Hindistan	12.000 ton/yıl (tamamı AEEE geri dönüşümü için ayrılmış)	Kaya, 2019
sepro www.seprosystems.com	Kanada	-	-
MONTANWERKE BRIXLEGG www.montanwerke-brixlegg.com	Avusturya	-	-

Firma	Ülke	Hammadde İşleme Kapasitesi	Kaynak
 MITSUI KINZOKU www.mitsui-kinzoku.com	Japonya	-	-
 JX Nippon Mining & Metals www.nmm.jx-group.co.jp	Japonya	-	-
 LS-Nikko Copper www.lsnikko.com	Güney Kore	-	-
 DMT DONALD MCARTHY TRADING www.donaldmcarthy.com	Singapur	-	-

Kaynak: REC Turkey, 2017

2.3.5 Türkiye’de Piyasaya Sürülen ve Oluşan AEEE Miktarları

Çalışma kapsamında ülkemizde 2017 yılında toplam 956.952 ton, İstanbul’da ise 233.747 ton EEE piyasaya sürüldüğü hesaplanmıştır (Tablo 3). Piyasaya Sürülen EEE’nin %76,5⁴ AEEE’ye dönüşür varsayımı ile 2017 yılında ülkemizde oluşan AEEE miktarı yaklaşık 731.787 ton, İstanbul’da ise 178.748 ton olarak öngörülebilir. Atık PCB’lerin toplam AEEE içindeki ağırlık bazında payının %3-6 aralığında olduğu literatürden tespit edilebilir (TUCN, 2019). Bu durumda İstanbul’da aynı yıl 5 bin ila 10 bin ton arasında PCB atığı ortaya çıktığı tahmin edilmektedir.

Tablo 3. Türkiye’de Piyasaya Sürülen EEE Miktarı Öngörüsü (2017)

Piyasaya Sürülen Toplam ve Kişi Başına EEE Miktarı İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflaması Düzey 2 2017								
	Nüfus	Toplam Tüketim Harcaması (SGP €)	Türkiye Toplamında Payı %	Kişi Başına Tüketim Harcaması (SGP €)	Piyasaya Sürülen EEE Miktarı (t)	Kişi Başına Piyasaya Sürülen		
						EEE Miktarı (kg)	Sıra	Türkiye 100 İse
TR Türkiye	79.814.871	1.159.856	100	14.532	956.952	11,99	-	100
TR1 İstanbul	14.804.116	287.644	25	19.430	233.747	15,79	1	134
TR2 Batı Marmara	3.442.229	49.874	4	14.489	40.098	11,65	6	100
TR3 Ege	10.265.111	176.298	15	17.174	141.070	13,74	2	118

⁴ Piyasaya Sürülen EEE’nin %65’i ile oluşan AEEE’nin %85’inin birbirine eşit olması varsayımı = 0,65/0,85=0,765

Piyasaya Sürülen Toplam ve Kişi Başına EEE Miktarı
İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflaması Düzey 2
2017

	Nüfus	Toplam Tüketim Harcaması (SGP €)	Türkiye Toplamında Payı %	Kişi Başına Tüketim Harcaması (SGP €)	Piyasaya Sürülen EEE Miktarı (t)	Kişi Başına Piyasaya Sürülen		
						EEE Miktarı (kg)	Sıra	Türkiye 100 İse
TR4 Doğu Marmara	7.684.187	125.264	11	16.302	100.077	13,02	3	112
TR5 Batı Anadolu	7.753.431	124.105	11	16.006	99.161	12,79	4	110
TR6 Akdeniz	10.182.776	132.224	11	12.985	108.130	10,62	7	89
TR7 Orta Anadolu	3.948.240	48.714	4	12.338	40.290	10,20	9	85
TR8 Batı Karadeniz	4.551.366	57.993	5	12.742	47.613	10,46	8	88
TR9 Doğu Karadeniz	2.645.584	39.435	3	14.906	31.619	11,95	5	103
TRA Kuzeydoğu Anadolu	2.201.368	18.558	2	8.430	17.661	8,02	11	58
TRB Ortadoğu Anadolu	3.827.576	33.636	3	8.788	31.391	8,20	10	60
TRC Güneydoğu Anadolu	8.508.887	67.272	6	7.906	66.098	7,77	12	54

Kaynak: REC Turkey, 2017.

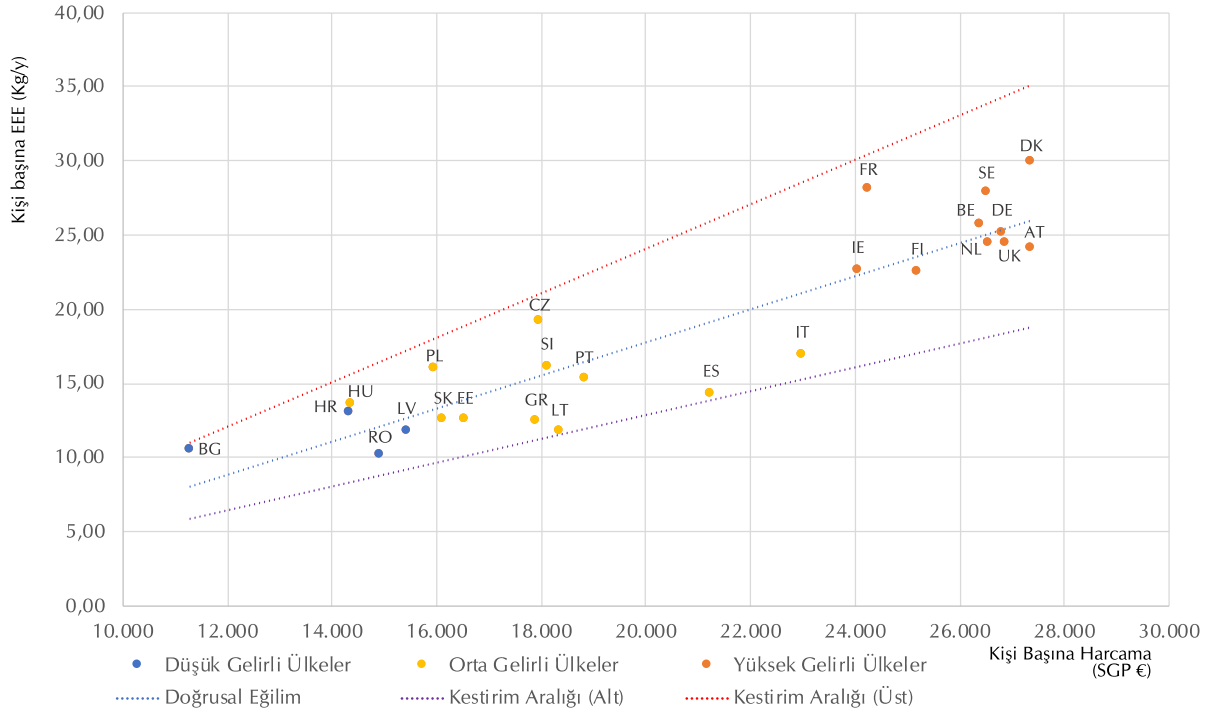
Türkiye’de oluşan AEEE miktarı, AB ülkelerinin oldukça altında gerçekleşmektedir. AB ülkelerinde kişi başına hane halkı tüketim harcamaları ile kişi başına piyasaya sürülen EEE miktarı arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu veri setleri arasındaki ilişki grafiği

Şekil 7’de 2017 yılı için gösterilmektedir. Grafikte yatay eksenle kişi başına tüketim harcamaları satınalma gücü paritesine göre Avro para cinsinden yer almaktadır. Dikey eksenle ise kişi başına piyasaya sürülen EEE miktarına yer verilmiştir. Grafikteki her bir nokta bir AB üye devletine işaret etmektedir.^{5,6}

⁵ Hesaplama sırasında, AB ülkeleri ve Türkiye için veri kaynağı olarak EUROSTAT verileri kullanılmıştır

⁶ Çalışmada kullanılan Eurostat verileri, AEEE için en güncel ve en kapsamlı verilerdir.

Şekil 7 - Kişi Başına Harcama ile Kişi Başına Piyasaya Sürülen EEE İlişkisi



Kaynak: Eurostat, 2017.

2017⁷ yılı için bu iki veri seti arasındaki korelasyon katsayısı (r) 0,91 olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kullanılan veriler **Hata! Yer işareti başvurusu geçersiz.**'te paylaşılmaktadır. Tabloda görüleceği üzere, Türkiye'de piyasaya sürülen EEE miktarı, AB ülkelerinin oldukça altındadır. Bu açıdan, Türkiye'de, ekonomik büyümeye bağlı olarak, piyasaya sürülen EEE miktarının ve dolayısıyla oluşan AEEE miktarının önümüzdeki yıllarda artması beklenmektedir. Bu durumda yatırımı olumlu olarak etkileyecektir.

⁷ EUROSTAT'da en güncel veri seti 2018 yılına ait olmakla birlikte; bazı üye ülke verilerinin halen eksik olduğu görülmüştür. Çalışmanın isabetini arttırmak için 2017 yılı verileri kullanılmıştır.

Tablo 4 - AB Ülkelerinde İlgili Veriler (2017)

Ülke	
Almanya	Avusturya
Belçika	Bulgaristan
Çekya	Danimarka
Estonya	Finlandiya
Fransa	GKRC
Hırvatistan	Hollanda
İngiltere	İrlanda
İspanya	İsveç
İtalya	Letonya
Litvanya	Lüksemburg
Macaristan	Malta
Polonya	Portekiz
Romanya	Slovakya
Slovenya	Türkiye
Yunanistan	

Gelir Düzeyi	
Düşük-Gelirli Ülkeler	
Orta-Gelirli Ülkeler	
Yüksek-Gelirli Ülkeler	

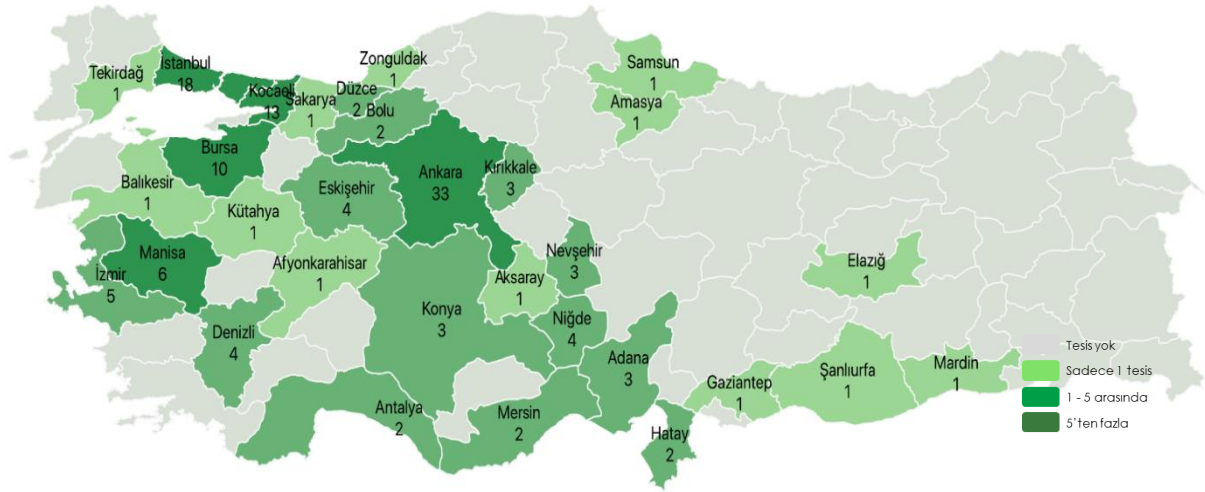
	Kişi Başına GSYH (SGP €)	Kişi Başına Tüketim Harcaması (SGP €)	Kişi Başına Piyasaya Sürülen EEE (kişi başı / kg)	Toplama Oranı (%)
Düşük-Gelirli Ülkeler				
Bulgaristan	14.881	11.276	10,54	79%
Hırvatistan	18.461	14.328	13,09	82%
Letonya	19.759	15.425	11,81	50%
Romanya	18.955	14.917	10,22	28%
Türkiye	19.767	14.532	11,99	Veri bulunmuyor
Orta-Gelirli Ülkeler				
Çekya	27.181	17.968	19,24	58%
Estonya	23.584	16.547	12,57	59%
İspanya	27.598	21.249	14,34	48%
İtalya	29.073	22.991	16,95	42%
Litvanya	23.391	18.352	11,79	42%
Macaristan	20.544	14.352	13,64	61%
Polonya	20.999	15.959	15,99	45%
Portekiz	23.020	18.822	15,32	54%
Slovakya	21.539	16.123	12,56	52%
Slovenya	25.529	18.113	16,18	39%
Yunanistan	20.232	17.907	12,48	42%
Yüksek-Gelirli Ülkeler				
Almanya	37.147	26.804	25,22	45%
Avusturya	38.155	27.361	24,09	62%
Belçika	35.397	26.369	25,74	46%
Danimarka	38.454	27.362	29,93	45%
Finlandiya	33.109	25.188	22,59	53%
Fransa	31.242	24.253	28,14	45%
Hollanda	38.656	26.538	24,44	50%
İngiltere	32.120	26.878	24,52	50%
İrlanda	55.268	24.052	22,67	57%
İsveç	36.956	26.513	27,89	56%
AB 28	30.150	22.800	20,83	47%

Kaynak: Eurostat, 2017

2.3.6 Türkiye’de Faaliyet Gösteren Firmalar

Ülkemizde 2011 yılında 13 olan lisanslı AEEE işleme tesisi sayısı 2020 yılına gelindiğinde 132’ye ulaşmıştır. İstanbul’daki lisanslı tesis ise sayısı 18’dir (bkz. Şekil 8). Ülke genelinde 29, İstanbul’da ise 2 tesisin “PCB Arındırma Lisansı” bulunmasına rağmen, AEEE’lerin içinde bulunan kıymetli metallerin elde edilmesine yönelik ise henüz bir tesisleşme bulunmamaktadır. Tesislere ilişkin bilgiler 3.1. Kuruluş Yeri Seçimi bölümünde detaylandırılmıştır.

Şekil 8 - Türkiye'deki Lisanslı AEEE İşleme Tesislerinin İllere Dağılımı



Kaynak: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020.

2.4 Dış Ticaret ve Yurt İçi Talep

Coğrafi olarak, Asya Pasifik atık PCB için en büyük pazardır. Asya Pasifik'in de 2017-2027 döneminde en hızlı büyümeye tanık olması beklenmektedir. Çin, Hindistan, Japonya, Avustralya ve Güney Kore, Asya Pasifik bölgesindeki en büyük atık PCB pazarları arasında yer almaktadır. 2017'de 19,43 milyar USD olarak değerlendirilen Asya Pasifik pazarının %6,2'lik bir yıllık bileşik büyüme oranı ile 2027 yılında 35,47 milyar USD olarak değerlendirilmesi beklenmektedir. Çin, Asya Pasifik'teki en büyük, küresel ölçekte ise ABD'den sonra ikinci ulusal atık PCB pazarıdır.

Kuzey Amerika'daki atık PCB pazarının da 2017-2027 döneminde orta dereceli bir büyüme göstereceği tahmin edilmektedir. Diğer taraftan Avrupa, 2017 yılında atık PCB pazarında ikinci en büyük hacim payına sahip olmuştur. 2017'de 13 milyar USD değerinde ve hızla büyümekte olan Avrupa pazarının, bölgedeki imalat sanayinin büyümesi ve elektronik ekipmana yönelik hanelerden artan talep nedeniyle büyümesini sürdürmesi beklenmektedir.

Ayrıca, Latin Amerika ile Orta Doğu ve Afrika'daki atık PCB pazarının yakın gelecekte sürdürülebilir büyümeye tanık olması beklenmektedir. Orta Doğu ve Afrika atık PCB pazarının 2017-2027 döneminde %5,8'lik bir yıllık bileşik büyüme oranı sergilemesi muhtemeldir. Bu bölgelerdeki pazarın büyümesini besleyen en önemli faktör, Suudi Arabistan, BAE, İsrail ve Türkiye gibi ülkelerde elektronik ekipman ve cep telefonlarının artan şekilde kullanımıdır (TMR, 2018).

Atık PCB'lerde bulunan birçok değerli metal Türkiye'de maden cevheri olarak bulunmamaktadır. Bu açıdan bu metallerin işlenmesi kritik bir öneme sahiptir ve Türkiye'nin dış ticaret dengesini olumlu olarak etkileyecektir.

Ülkemizde AEEE'lerin ithalatı Ticaret Bakanlığı'nın "Çevrenin Korunması Yönünden Kontrol Altında Tutulan Atıkların İthalat Denetimi Tebliği" kapsamında yürütülmektedir.

İthalatçı tanımında aşağıdaki ifade yer almaktadır;

"MADDE 4 – (1) Ek-1'deki listede yer alan atıkları, Çevre ve Şehircilik Bakanlığından Geçici Faaliyet Belgesi veya Çevre İzin ve Lisans Belgesi alan geri kazanım tesislerine sahip sanayiciler bu belgelere istinaden Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca belirlenecek usul ve esaslar çerçevesinde ithal edebilir."

Tebliğde; “Dahili İşleme İzin Belgesi” alan işletmelerin atık ithalatı yapmaları halinde “Çevre İzin ve Lisans Belgesi” alma şartı aranmamaktadır.

Aynı tebliğde yer alan ilgili diğer bir ifade;

“İthalı yasak atıklar MADDE 9 ile tebliğin Ek-2/A ve Ek-2/B'deki listelerde yer alan atıkların, serbest bölgeler dahil, Türkiye gümrük bölgesine girişi yasaktır.”

Bu bağlamda Ek-2/A'da yer alan aşağıdaki atık türlerinin ülkemizde ithalatı yasaklanmıştır.

Tablo 5 - İthalatı Yasaklanan AEEE'ler

Atık Kodu	Madde İsmi
20 01 21*	Flüoresan Lambalar ve diğer civa içeren atıklar
20 01 23*	Kloroflorokarbonlar içeren ısıkartaya çıkartılmış ekipmanlar
20 01 35*	20 01 21 ve 20 01 23 dışındaki tehlikeli parçalar içeren ve ısıkartaya çıkmış elektrikli ve elektronik ekipmanlar
20 01 36	20 01 21, 20 01 23 ve 20 01 35 dışındaki ısıkarta elektrikli ve elektronik ekipmanlar

Kaynak: Çevrenin Korunması Yönünden Kontrol Altında Tutulan Atıkların İthalat Denetimi Tebliği.

Yalnızca ekonomik değere haiz baskılı devre kartlarının (PCB) ithaline kontrollü bir biçimde izin verilmektedir. 2017-2020 yılları arası ithalat rakamları aşağıda yer almaktadır.

Tablo 6 - 2017-2020 Yılları Arası Atık Baskılı Devre Kartı (PCB) İthalat Rakamları

Atık Türü	Türkiye Geneli Tesis Sayısı	2017 İthalat Miktarı (ton)	2018 İthalat Miktarı (ton)	2019 İthalat Miktarı (ton)	2020 İthalat Miktarı (ton) (ilk 9 ay)
Atık PCB	113	132	957	689	386

Kaynak: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020.

Ülkemizde oluşan AEEE'lerin ihracatı 22.05.2012 tarihli ve 28300 sayılı Resmi Gazete ile yürürlüğe giren “Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği” ile yönetilmektedir. Her yıl ihraç edilen AEEE miktarları piyasaya sürenler tarafından Bakanlığa rapor edilmektedir.

Ayrıca Atık Yönetimi Yönetmeliği'nin 23. maddesi çerçevesinde AEEE ihracat izinleri düzenlenmektedir. 2020 yılında büyük bir kısmının atık PCB olduğu tahmin edilen yaklaşık 46.000 tonluk 49 adet elektronik atık ihracat izni verilmiştir. Verilen izinler 1 yıl boyunca yapılacak ihracatı kapsamakta olup fiili ihracat rakamı değildir. Fiili ihracat rakamları Ticaret Bakanlığı'ndan talep edilebilir (ÇŞB, 2020).

2.5 Üretim, Kapasite ve Talep Tahmini

Tesisin baskılı devre kartı temini, tesisin kapasitesinin belirlenmesinde en büyük sorun olarak öne çıkmaktadır. Bu alanda şimdiye kadar yatırım yapılmamış olmasının ana sebeplerinden biri bu baskılı devre kartlarına erişimde yaşanan sıkıntılardır. Çalışmada, işlenen devre kartı miktarının yıllar içinde artması öngörülmüştür. Tesisin kurulmasıyla, ilk yılda istenilen düzeyde karta erişilemeyeceği düşünülmektedir. Tesisin günlük üç ton baskılı devre kartı işleme kapasitesine sahip olması öngörülmüştür. Tesisin resmî tatiller, pazar günleri ve diğer olası aksaklıklar dikkate alınarak yılda 220

gün çalışması öngörülmüştür. Yıllar içerisinde bu miktarın artması ve %90'ın üzerinde bir kapasite kullanımı ile tesiste 7. yıl sonunda 600 ton/yıl atık PCB işlenmesi varsayılmıştır.

Tablo 7 - Tesisin Yıllara Göre Kapasite Kullanım Oranı

Açıklama/Yıl	Birim	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kapasite Kullanım Oranı	[%]		8	15	30	45	61	76	91	91	91	91
İşlenen Atık PCB Miktarı	[ton/yıl]		50	100	200	300	400	500	600	600	600	600

Kaynak: REC Turkey, 2020.

Tesisin çıktısı değerli metallerdir. Bu metallere olan talep çok yüksektir. Tesisin tüm üretimini satabilmesi beklenmektedir. Ancak, bu noktada talep miktarından çok, serbest piyasada oluşan metal fiyatlarının karlılık üzerindeki etkisi yatırıma ilişkin önemli bir parametre olarak ortaya çıkmaktadır. Bu konu Bölüm 2.7.2'de tartışılmaktadır.

2.6 Girdi Piyasası

Atık PCB'ler değerlerine göre düşük, orta ve yüksek değerli olmak üzere üçe ayrılmaktadır ve değerleri ton başına yaklaşık 1.000 ila 25.000 avro arasında değişmektedir. PCB'nin altın içeriği genellikle sınıflandırma için kullanılır. Altın içeriği 100 ppm'den az ise düşük değerli; altın içeriği 100 ile 400 ppm arasındaysa orta değerli ve altın içeriği 400 ppm'den fazlaysa yüksek değerli olarak kabul edilmektedir.



TV kartları (CRT olmayanlar), ses sistemleri, hesap makineleri, güç kaynağı birimleri, transformatörler ve ısı emiciler düşük değerli atık PCB'ler içermekte olup fiyatları 1000 avro/tonun altında değişmektedir. Pimler, klavyeler, PWB'ler, araç elektroniği, CRT'ler, ICT atıkları, PC kartları, dizüstü bilgisayarlar, el bilgisayarları, kenar konektörleri orta değerli atık PCB'ler içermekte olup fiyatları 1.000-8.000 avro/ton arasında değişmektedir. İntegre kartlar (ICs), optoelektronik cihazlar, cep telefonları, çok katmanlı seramik kapasitörler (MLCC'ler), ve merkezi bilgisayar sistemleri yüksek değerli atık PCB'ler içermekte olup fiyatları 8.000-25.000 avro/ton arasında değişmektedir. Yüksek kaliteli ve yüksek değerli atık PCB'lerin toplam atık PCB'lerin yaklaşık %15'i olduğu tahmin edilmektedir (Kaya, 2019). Tablo 8 bazı atık PCB'lerin metal içeriği ve değer paylarını göstermektedir.

Tablo 8 - Bazı Atık PCB'lerin Metal İçeriği ve Değer Payları

Kıymetli Metaller				Temel Metaller	Kıymetli Metaller içindeki Değer Payı
Atık PCB	Altın (ppm)	Gümüş (ppm)	Paladyum (ppm)	Bakır (%)	
PC Kartı	200-250	900-1000	80-110	15-25	86
CRT Monitör	15	280	10	10	47
LCD Monitör	123	1100	14	20	
Cep Telefonu	340-980	1380-5540	120-285	13-25	93
TV Kartı	20	280	10	10	
Taşınabilir Ses Ekipmanı	10	150	4	21	21
DVD	15	115	4	5	52

Kaynak: M. Kaya, 2019.

Bir diğer çalışma (Tickner vd. 2016) kapsamında araştırılan farklı AEEE türlerinin metal içerikleri ve bu metallerin 2015 yılındaki toplam değerleri Tablo 9'da sunulmaktadır. Farklı AEEE kollarının kıymetli metal içeriği çok değişken olduğundan, toplam metal değerinin de 10 kata kadar değişkenlik gösterdiği görülmektedir.

Tablo 9 - Farklı AEEE Türlerinin Metal İçerikleri ve 2015 Yılı Değerleri

Element	Cep Telefonu Atığı		Bilgisayar Atığı		Televizyon Atığı	
	Ağırlık (%)	Değer (%)	Ağırlık (%)	Değer (%)	Ağırlık (%)	Değer (%)
Bakır	12,8	3,0	20,0	6,9	10,0	23,2
Alüminyum	-	-	5,0	0,5	10,0	6,9
Demir	6,5	0,1	7,0	0,2	28,0	4,8
Kurşun	0,6	<0,1	1,5	0,2	1,0	0,7
Nikel	1,5	0,7	1,0	0,6	0,3	1,3
Kalay	1,0	0,7	2,9	2,6	1,4	9,0
Gümüş	0,363	7,6	0,1	2,8	0,028	5,8
Altın	0,0347	54,3	0,025	53,2	0,0017	26,3
Paladyum	0,0151	33,5	0,011	33,0	0,0010	22,0
Toplam Değer/ton		23.000\$		16.900\$		2.300\$

Kaynak: Tickner, 2016.

Daha güncel bir örneklem olması adına bu ön fizibilite çalışması kapsamında farklı kalitedeki atık PCB'lerin satın alınmasına yönelik yurt dışından fiyat teklifi alınmıştır. Bazı atık PCB'lerin değerlerinin yer yer 25.000 avro/ton'un üzerine çıkabildiği görülmüştür (bkz. Tablo 10).

Tablo 10 - Bazı Atık PCB'lerin Güncel Alış Fiyatları (21.08.2020)

Devre Kartları	
Eklenti Kartı (soğutucu ve fan olmadan)	7380 €/ton
Devre Kartı Kat. 1 - TFT (ince film transistörü)	7730 €/ton
Devre Kartı Kat. 2 - TFT (ince film transistörü)	3130 €/ton
Devre Kartı Kat. 3 - TFT (ince film transistörü)	900 €/ton
Devre Kartı Kat. 1 - Anakart	6330 €/ton
Devre Kartı Kat. 2 - Röle	980 €/ton
Devre Kartı - Sunucu	6780 €/ton
Bilgisayarlar	
Dizüstü Bilgisayar	1720 €/ton
İşlemciler	
Rastgele Erişimli Hafıza (RAM) - Gümüş ve Kalay içeren	13.980 €/ton
Rastgele Erişimli Hafıza (RAM) - Altın Kontaklar	31.980 €/ton
Plastik CPU(Merkezi İşlemci Ünitesi)	9480 €/ton
Plastik CPU(Merkezi İşlemci Ünitesi) - Bakır Kaplı	9980 €/ton
Plastik CPU(Merkezi İşlemci Ünitesi) - Pentium 2	30.980 €/ton
Plastik CPU(Merkezi İşlemci Ünitesi) - Yeşil/Kahverengi	32.980 €/ton
Plastik CPU(Merkezi İşlemci Ünitesi) - Siyah	79.980 €/ton
Seramik CPU(Merkezi İşlemci Ünitesi) - Alüminyum Kaplı	54.980 €/ton
Seramik CPU(Merkezi İşlemci Ünitesi) - Kaplamasız MMX	41.980 €/ton
Telefonlar	
Telefon (ISDN)	240 €/ton
Cep Telefonu	9630 €/ton

Kaynak: Henneman, 2020.

Tablo 11 - Ekonomik Analizlerde Kullanılan Tesis Girdileri

No	Açıklama	Birim	Değer	Not
I	TESİS DEĞİŞKEN MALİYETLERİ			
II	PCB Alım Maliyeti	[t / \$]	3.000	= Ortalama III + IV + V
III	1. Sınıf	[t / \$]	5.000	
IV	2. Sınıf	[t / \$]	3.000	
V	3. Sınıf	[t / \$]	1.000	
VI	Elektrik maliyeti	[t / \$]	163,395	= VII x VIII

No	Açıklama			Birim	Değer	Not
VII	Elektrik Fiyatı			[\$ / kWh]	0,069	
VIII	Güç tüketimi			[kWh / t]	2.383	
IX	Kimyasal Tüketimi			[t / \$]	400	
X	Diğer Tesis Değişken Maliyetleri			[t / \$]	10,00	
XI	MATERYAL ORTALAMA ORAN VE PİYASA FİYATLARI					
XII	Materyal	Birim	Oran	Birim	Değer	
XIII	Plastik (%30)	[%]	30,000%	[\$ / t]	-100	
XIV	Plastik ve Metal Dışı	[%]	30,000%	[\$ / t]	-100	
XV	Bakır	[%]	20,000%	[\$ / t]	5.710	
XVI	Demir	[%]	10,000%	[\$ / t]	260	
XVII	Alüminyum	[%]	3,000%	[\$ / t]	1.584	
XVIII	Kalay	[%]	2,000%	[\$ / t]	15.435	
XIX	Kurşun	[%]	2,000%	[\$ / t]	1.543	
XX	Nikel	[%]	0,725%	[\$ / t]	12.978	
XXI	Çinko	[%]	2,000%	[\$ / t]	2.179	
XXIII	Antimon	[%]		[\$ / t]		
XXIV	Altın	[%]	0,015%	[\$ / t]	62.629.564	
XXV	Gümüş	[%]	0,250%	[\$ / t]	828.524	
XXVI	PGM	[%]	0,010%	[\$ / t]	76.872.324	
XXVII	Kobalt	[%]		[\$ / t]	27.279	
XXVIII	Diğer Metal	[%]		[\$ / t]		

Kaynak: İstanbul Borsası, Londra Metal Borsası, Üretim Tesislerinin Web Sayfaları, 2020.

Atık PCB piyasa fiyatları dışında tesisin kârlılığının büyük oranda bağlı olduğu bir diğer değişken de PCB'ler içinde yer alan materyallerin oranı ve bu materyallerin birim satış maliyetleridir. Hammaddelerin piyasa fiyatları büyük değişiklikler göstermektedir. Bölüm 2.7.2'de görüldüğü üzere, örneğin altının kg fiyatı Kasım 2015 - Kasım 2020 arasında en düşük 33.784 \$/t ve en yüksek 66.553 \$/t olarak gerçekleşmiştir. Bu fiyattaki değişiklikler tesisin kârlılığını birinci derecede etkileyecektir. Ayrıca çok geniş bir yelpazede PCB'ler bulunmaktadır. İçerdikleri materyaller çok büyük değişiklikler

göstermektedir. Sadeleştirerek ön fizibilite çalışmasını mümkün kılmak için, literatür çalışmaları incelenmiş ve ortalama değerler dikkate alınmıştır. Ön fizibilite çalışması, bu açıdan yatırımcılara kaynak teşkil edebilecektir. Materyallerin fiyatlarının bulunmasında farklı kaynaklardan yararlanılmıştır. Altın, paladyum, gümüş fiyatları İstanbul Borsasından temin edilmiştir. Diğer metallerin fiyatları için Londra Metal Borsası ve Türkiye’de faaliyet gösteren çeşitli web siteleri kullanılmıştır. Tesiste kullanılacak önemli bir maliyet kalemi değerli metallerin elde edilmesi için kullanılacak çeşitli kimyasal maddelerin sarfiyatıdır. Buna ilişkin varsayımlara ekipmanları satan şirketleri web sitelerinden ulaşılmıştır.

2.7 Pazar ve Satış Analizi

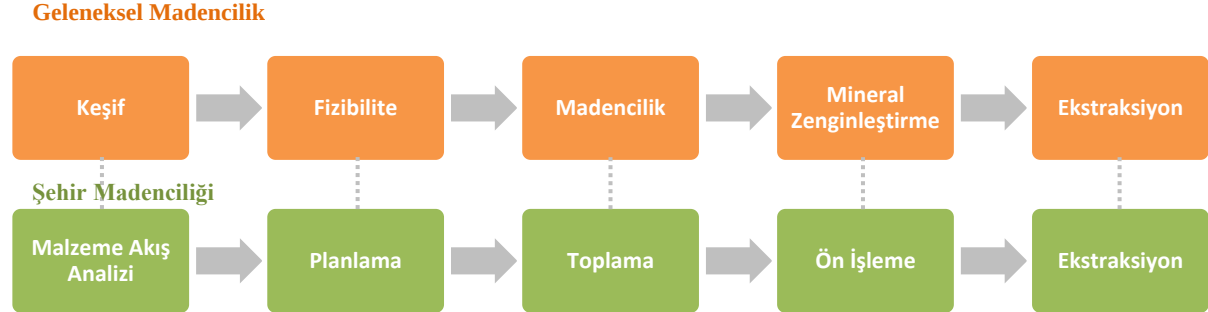
Atık PCB geri dönüşüm tekniklerinin değerlendirilmesi ekonomik, çevresel ve pazarlanabilirlik perspektiflerine dayanmaktadır. Ürün geri kazanım hızı veya saflığı nedeniyle uygun maliyetli ve çevre dostu geri dönüşüm teknikleri uygulanabilir olmayabilir. Bazı teknikler için, ürün geri kazanımı çok yüksek olabilir (>% 90 gibi), ancak saflık düşük olabilir, bu da ürünün doğrudan endüstride satılmasını veya kullanılmasını engellenmektedir. Metallerin piyasa fiyatı, saflığından ciddi şekilde etkilenmektedir. Saflıktaki küçük düşüşler, metal fiyatlarında keskin düşüşlere neden olacaktır. Bu nedenle, pazara açılabilme, ekonomik ve çevresel parametrelerden bağımsız bir kriterdir ve sürecin uygulanabilirliğinin değerlendirilmesinde önemli bir rol oynar. Tek bir basit geri dönüşüm tekniğiyle bu üç kriteri aynı anda sağlamak veya karşılamak imkânsızdır. Bu nedenle, atık PCB geri dönüşümünün gelecekteki araştırma yönü, birkaç tekniğin kombinasyonuna ya da seri geri dönüşüme odaklanmalıdır. Bu şekilde bir sürecin eksikliğinin çeşitli tekniklerden biriyle çözülme şansı olabilecektir. Ürünler pazar standardını karşılayana kadar değerlendirme tüm süreç üzerinde yapılmalıdır.

2.7.1 AEEE Geri Dönüşümünün Madencilğe Göre Avantajları

Geleneksel cevher madenciliği ile AEEE geri dönüşümü, bir diğer deyişle “Şehir Madenciliği” karşılaştırılması, şehir madenciliğinin önemli avantajlarını göstermektedir. Azalan cevher kaliteleri, artan cevher karmaşıklıkları ve daha büyük derinliklerde ve/veya ekolojik hassas alanlarda (arktik bölgeler, okyanuslar, yağmur ormanları vb.) madencilik yapma ihtiyacı birincil hammaddeleri kıt hale getirmektedir. Metaller, özellik kaybı olmaksızın sonsuza kadar geri dönüştürülebilir. Jeolojik kaynaklardan antropojenik kaynaklara büyük bir geçiş söz konusudur. Küresel Cu, Sn, Sb, In, Ru ve nadir toprak elementlerinin yıllık maden üretiminin %40’ından fazlası EEE’lerde kullanılmaktadır. Cep telefonu ve bilgisayarlarda kullanılan Au ve Ag küresel maden üretiminin %4’ünü ve Pd and Co %20’sini oluşturmaktadır. Enerji ihtiyaçları ve buna bağlı iklim ve çevre etkisi nedeniyle, geleneksel madenciliğinin karbon ayak izi çok yüksektir. Hâlihazırda, arz kısıtlamaları (politik, ticari, spekülasyonlar, bölgesel veya şirket oligopolleri, yan ürün zorlukları, vb.), ikame limiti ve talep artışı gibi piyasa dengesizlikleri geçici daralmalara neden olmaktadır (Kaya, 2019).

Şekil 9’da Geleneksel Madencilik ile Şehir Madenciliği, süreçlerinin karşılaştırması şematize edilmiştir. Süreçler benzer olmasına rağmen AEEE geri dönüşümü, madenlerden işlenmemiş malzemeleri çıkarmaktan çok daha az enerjiye ihtiyaç duymaktadır ve dolayısıyla daha az sera gazı salımı üretmektedir. AEEE geri dönüşümü ile elde edilecek metaller için gereken zaman ve maliyet, madenlerin işlenmesi için gerekene kıyasla çok daha düşüktür.

Şekil 9 - Geleneksel Madencilik ve Şehir Madenciliği (AEEE Geri Dönüşümü) Süreçlerinin Karşılaştırması



Kaynak: Nakamura, 2018.

AEEE'lerin içinde bulunan elementlerin yoğunluğu maden cevherinden elde edilecekler göre daha fazladır. Örneğin PCB'lerdeki bakır ve altın konsantrasyonları tipik cevher yataklarındakine kıyasla sırasıyla bir ve iki kat daha yüksektir (Tickner vd. 2016). 2016 yılında küresel ölçekte oluşan AEEE'lerin içerdiği altın miktarı toplam 500 ton civarındadır (UNU, 2017). Bu rakam aynı yıl madenlerden üretilen altının (3.256 ton) yaklaşık %15'ine denk gelmektedir. Tablo 12'te tipik cevherler ve atık PCB'lerin metal içeriğinin karşılaştırılması verilmektedir.

Tablo 12 - Tipik Cevherler ve Atık PCB'lerin Metal İçeriğinin Karşılaştırılması

	Tipik Cevher (%)	Atık PCB (%)
Bakır	0,5 - 3,0	12,0 - 29,0
Çinko	1,7 - 6,4	0,1 - 2,7
Kalay	0,2 - 0,85	1,1 - 4,8
Kurşun	0,3 - 0,75	1,3 - 3,9
Demir	30 - 60	0,1 - 11,4
Nikel	0,7 - 2,0	0,3 - 1,6
Altın	<5 ppm	29 - 1120 ppm
Gümüş	<500 ppm	100 - 5200 ppm

Kaynak: Tickner, 2016.

2.7.2 Ürünlerin Piyasa Değerleri

Tesisin faaliyetleri sonucu ortaya çıkacak ürünler bizzat hammaddelerdir. Hammadde fiyatları da piyasa koşulları içerisinde oluşmaktadır. Bu fiyatlarda da çok büyük dalgalanmalar olabilmektedir. Örneğin, son beş yıl içerisinde altın ve gümüş fiyatları çok büyük bir artış göstermiştir. (Şekil 10 ve Şekil 11) Yine PCB'lerde bulunan bir diğer değerli maden paladyum fiyatları da çok yüksek bir artış trendi göstermektedir. Çalışmada kullanılan güncel fiyatlar aşağıdaki gibidir:

Tablo 13 - Değerli Maden Fiyatları (\$/ton)

Materyal	Birim	Değer	Kaynak
Bakır	[\$ / ton]	5.710	LME
Demir	[\$ / ton]	260	LME
Alüminyum	[\$ / ton]	1.584	LME
Kalay	[\$ / ton]	15.435	LME
Kurşun	[\$ / ton]	1.543	LME
Nikel	[\$ / ton]	12.978	LME
Çinko	[\$ / ton]	2.179	LME
Altın	[\$ / ton]	62.629.564	BİST
Gümüş	[\$ / ton]	828.524	BİST
PGM	[\$ / ton]	76.872.324	BİST
Kobalt	[\$ / ton]	27.279	LME

Materyallerin güncel fiyatları için Borsa İstanbul (BİST) ve Londra Metal Borsası (LME) fiyatları takip edilebilir.



Altının Amerikan Doları karşısında değeri son 1 yıl içinde %29, son 5 yıl içinde de %74 artış göstermiştir (bkz. Şekil 10).

Şekil 10 - Altın Fiyatı (\$/kg)

Kaynak: Goldprice.org, 2020.

Gümüşün Amerikan Doları karşısında değeri son 1 yıl içinde %45, son 5 yıl içinde de %74 artış göstermiştir (bkz. Şekil 11).

Şekil 11 - Gümüş Fiyatı (\$/kg)

Kaynak: Goldprice.org, 2020.

2.7.3 Hedeflenen Satış Bölgeleri

Elde edilen kıymetli metallerin çeşitli sektörlerde kullanılmak üzere alım satımının yapıldığı ya da hammaddeye dönüştürüldüğü işletmeler hâlihazırda ülkemizin çeşitli bölgelerinde bulunmaktadır. Lojistik olarak uygun mesafelerdeki, İstanbul ve komşu illerindeki bazı tesisler Tablo 14'te listelenmektedir.

Tablo 14 - İstanbul ve Komşu İllerindeki Bazı Metal Tesisleri

Malzeme	Satış Bölgesi	Şirket	Web Sitesi
Bakır Çinko	Kocaeli	Sarkuysan	http://www.sarkuysan.com/
	Kocaeli	Ormetsan	http://www.ormetsan.com/
	Tekirdağ	Özel Bakır	http://www.ozelbakir.com/
	İstanbul Tekirdağ	Pireks	http://www.pireks.com/
Alüminyum	Kocaeli	Assan	https://www.assanaluminyum.com/
	Kocaeli	End	http://www.endaluminyum.com/
	Tekirdağ	Alcas	https://alcas.com.tr/
	İstanbul	Uzuner	http://uzuneraluminyum.com/
	İstanbul	Almet	https://www.almetaluminyum.com.tr/
Demir	Kocaeli	Asil Çelik	http://asilcelik.com.tr/
	Kocaeli	Çolakoğlu	https://www.colakoglu.com.tr/
	Kocaeli	Diler	http://www.dilerhld.com/
	Kocaeli	Kroman	https://www.kromancelik.com.tr/
	Kocaeli	Sıddık Kardeşler	http://www.siddikkardesler.com/
	Tekirdağ	Kaptan	http://www.kaptandemir.com.tr/
	İstanbul	Efesan	http://www.efesandemircelik.com/
Kurşun	İstanbul	İstanbul Kurşun ve Metal Sanayi	http://www.istanbulkursunvemetalisanayi.com.tr/
	Eskişehir	Kudret Metal	http://www.kudretmetal.com/
	Kocaeli	Mirman Kurşun	https://www.mirmankursun.com/
	Kocaeli	Mutlu Akü	https://www.mutlu.com.tr/
	Tekirdağ	Deniz Metal	https://denizmetaldokum.com/
	Ankara	Gökhan Akü	http://www.gokhanaku.com/
Nikel Kalay	Kocaeli	Sarkuysan	http://www.sarkuysan.com/
	Kocaeli	Ormetsan	http://www.ormetsan.com/
Altın Gümüş Paladyum	İstanbul	İstanbul Altın Rafinerisi	http://www.iar.com.tr/
	İstanbul	Nadir Metal Rafineri	https://www.nadirmetal.com.tr/
	İstanbul	Onsa Rafineri	https://www.onsarafineri.com/

Kaynak: REC Turkey, 2020.

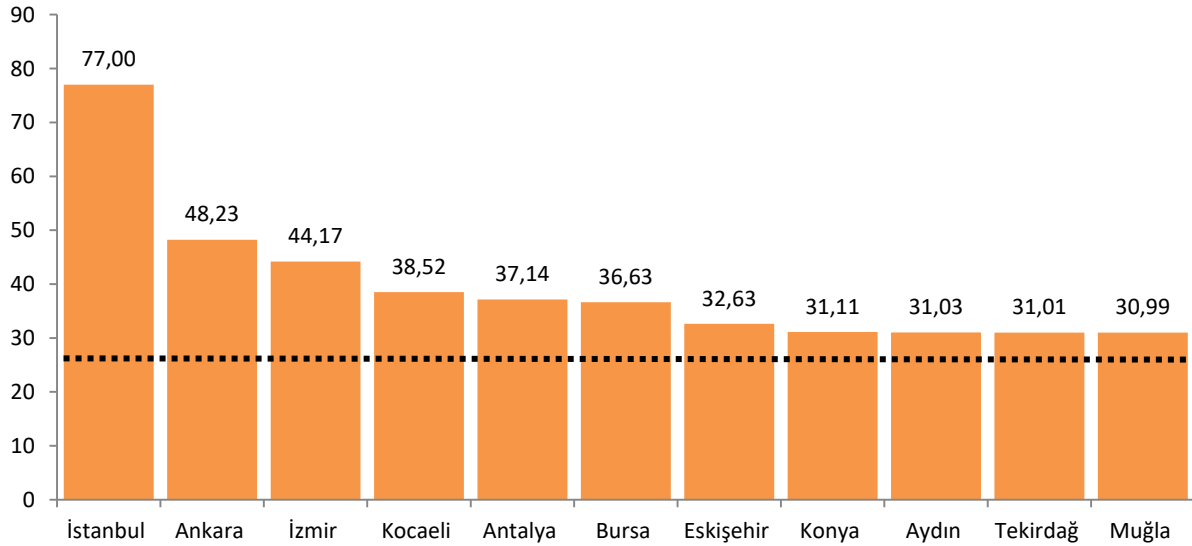
2.7.4 Rekabet Üstünlüğü

UN HABITAT 2019-2020 Küresel Kent Rekabetçilik Raporu'nda, kentlerin ekonomik güçleri esas alınmış ve bu kapsamda bir değerlendirme yapılmıştır. Değerlendirmeye göre, en rekabetçi 20 kentin 10'u ABD'de yer almıştır. Sıralamada en rekabetçi ilk beş kent New York, Londra, Tokyo, Paris ve Singapur olmuştur. 200 kentin değerlendirildiği raporda İstanbul 41. sırada yer almıştır (UN HABITAT, 2020).

İstanbul Üniversitesi Şehir Politikaları Uygulama ve Araştırma Merkezi tarafından Ocak 2020'de yayımlanan "İller Arası Rekabet Endeksi", 2018-2019 dönemi verileri kullanılarak 81 il düzeyinde rekabet endeksi skorlarını ortaya koymaktadır. İstanbul, önceki yıllarda hazırlanan endekslerde olduğu gibi yine sıralamada zirvede yer almıştır. Ankara, İzmir, Kocaeli Antalya, Bursa, Eskişehir ve Konya bu illeri takip ederken, Aydın ve Tekirdağ önceki dönemlere göre rekabetçi gücünü artırarak ilk 10 il arasına girmiştir. Önceki dönemlerde ilk 10'da yer alan Muğla bu yıl 11. sıraya, Adana ise 12. sıraya gerilemiştir. Balıkesir, Mersin, Çanakkale, Trabzon, Denizli, Kayseri, Sakarya ve Samsun rekabetçi özelliklerini devam ettirmiştir (bkz. Şekil 12).

Rekabet endeksinin bileşenlerinden biri olan ekonomik yapı incelendiğinde; ilde gerçekleştirilen ihracatın ülke ihracatı içindeki payı bakımından İstanbul %51 ile ilk sırada yer almaktadır. İstanbul'u sırasıyla %6,6 ile Bursa, %6,0 ile İzmir ve %5,4 ile Kocaeli takip etmektedir. Türkiye'deki sanayi işletmelerinin %24'ü İstanbul'da iken, Ankara ve İzmir sanayinin en fazla yoğunlaştığı diğer iki ildir. Sanayi çalışanları açısından bakıldığında ise İstanbul'dan sonra Bursa en fazla sanayi çalışanın olduğu şehirdir. Bursa, Ar-Ge birimi olan firma oranı açısından da İstanbul'un ardından ikinci sırada gelmiştir. Yüksek teknolojiye dayalı ihracatta ise İstanbul'u Manisa takip etmiştir. (İÜ, 2020).

Şekil 12 - İller Arası Rekabet Endeksi 2018-2019

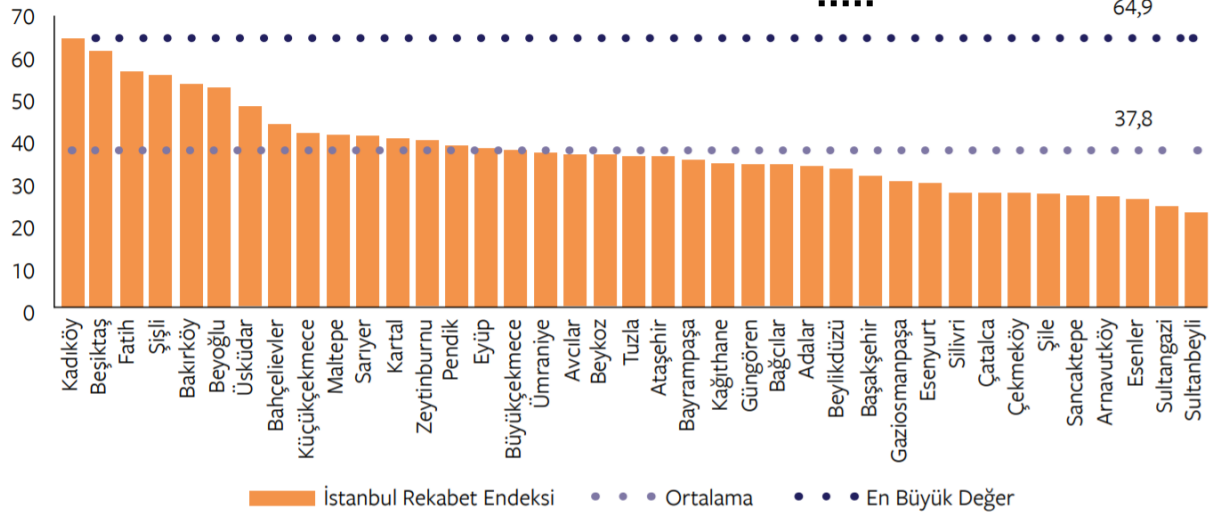


Kaynak: İstanbul Üniversitesi, 2020.

İstanbul'daki ilçelerin rekabet düzeylerinin karşılaştırıldığı 2012 İstanbul Rekabet Endeksi'nde ilk 5 sırada Kadıköy, Beşiktaş, Fatih, Şişli ve Bakırköy yer almıştır (bkz. Şekil 13). 2017 yılında güncellenen çalışma sonucunda ise en rekabetçi ilçeler Şişli, Kadıköy, Beşiktaş, Bakırköy ve Üsküdar olurken Arnavutköy, Sultangazi, Çatalca, Şile ve Sultanbeyli ise rekabet gücü en düşük ilçeler olarak sıralanmıştır. Aynı çalışmada ticari hayat ve girişimciliğin en yoğun olduğu ilçeler ise Şişli, Başakşehir, Ataşehir, Beşiktaş ve Ümraniye olarak belirlenmiştir. Finansal yapı endeksinde Kadıköy, Şişli, Beşiktaş, Ümraniye ve Fatih ilçeleri rekabetçi ilçeler olarak öne çıkmıştır. 2012-2017 rekabet endeksleri arasında

endeksteki sırasını artıran ilçelerin başında Başakşehir, Ataşehir, Beylikdüzü, Bayrampaşa ve Ümraniye gelmiştir (İSTKA, 2017).

Şekil 13 - İstanbul İlçeler Arası Rekabet Endeksi (İÜ, 2012)



Kaynak: İstanbul Üniversitesi, 2012.

Lisanslı AEEE işleme tesisi sayısı olarak İstanbul 18 tesis ile Ankara'yı takiben ikinci sırada gelmektedir. Bu tesislerin Bahçelievler, Çekmeköy, Esenyurt, Silivri, Sultangazi, Tuzla ve Ümraniye ilçelerine dağıldığı görülmektedir. Bu ilçeler sadece İstanbul'da değil ülke genelinde sanayi yatırımlarının yoğun olduğu bölgelerdir. Bu tesisler arasında PCB arındırma lisansı olan sadece 2 tesis bulunmaktadır ve bu tesisler de bu yönde aktif olarak çalışmamaktadır. Bu tesislerin dışında kalan diğer tesisler içinde de PCB'leri ülke içinde işleyerek kıymetli metalleri elde etme konusunda fizibilite, Ar-Ge ya da pilot düzeyde çalışmaları olanlar tespit edilmiştir.

3. TEKNİK ANALİZ

3.1 Kuruluş Yeri Seçimi

Tesiste yakma ünitesi olacağı için, yerleşim alanlarından belli bir mesafede, güvenlik, nakliye ve diğer sebeplerle de diğer sanayi kuruluşlarına yakın kurulması önerilmektedir. Çalışmada öngörülen ölçekte kurulacak bir tesis için kamulaştırma ihtiyacı doğmayacak olup özel mülkiyette bu yatırım gerçekleştirilebilir. Bu açıdan kamulaştırma ihtiyacı bulunmamaktadır.

PCB işleme tesislerinin, AEEE işleme tesislerine yakın olarak kurulması, atık PCB'lere erişimin maliyetini düşürecektir. Bunun da ötesinse, atık PCB tesislerinin, AEEE işleme tesisleri tarafından kurulması, başta nakliye olmak üzere, birçok maliyetten tasarruf sağlayacaktır.

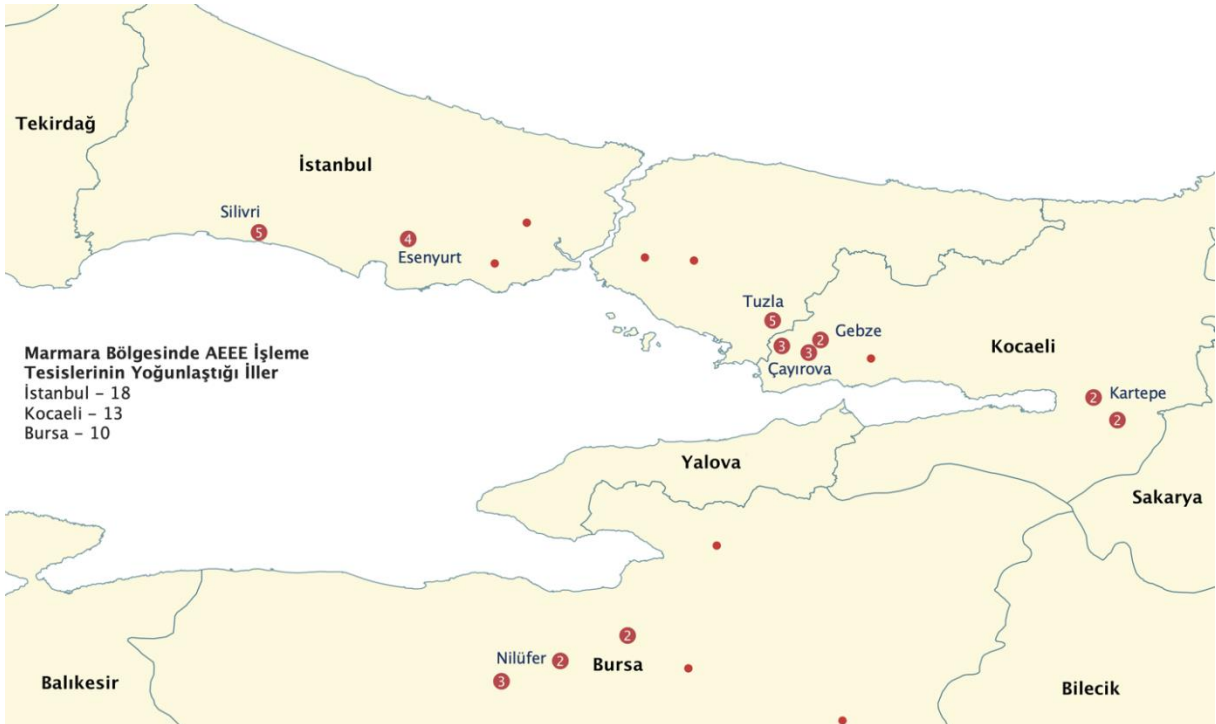
İstanbul bu açıdan şanslı bir bölge olarak öne çıkmaktadır. Türkiye'de AEEE İşleme Tesisleri Marmara Bölgesinde yoğunlaşmış bulunmaktadır.

Şekil 14 - Türkiye'de Lisanslı AEEE İşleme Tesisleri



Kaynak: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ekim, 2020.

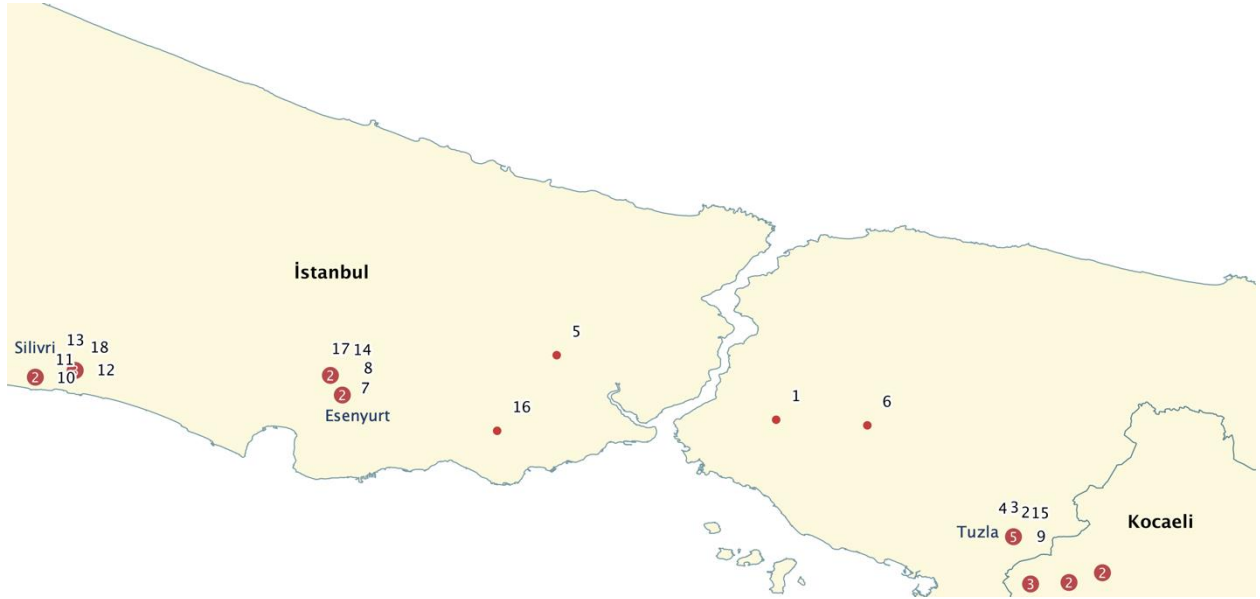
Şekil 15 - Marmara Bölgesinde AEEE İşleme Tesislerinin Yoğun Olduğu 3 İl: İstanbul, Kocaeli ve Bursa



Kaynak: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ekim, 2020.

İstanbul'da da en fazla tesis Tuzla ve Silivri ilçelerinde bulunmaktadır.

Şekil 16 - İstanbul'da AEEE İşleme Tesisleri



Kaynak: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ekim, 2020.

Yapılacak yatırımların, hâlihazırda AEEE işleme tesisi bulunan ilçelerde gerçekleşmesi, kurulacak tesisin girdiye daha ucuz ulaşmasını sağlayacaktır. Bu açıdan, Tuzla, Silivri ve Esenyurt öne çıkmaktadır. İstanbul'da Kurulu Lisanslı İşleme Tesislerine ilişkin aşağıda paylaşılmaktadır. Tablo 15'da yer alan numaralar, Şekil 16'da yer alan haritada verilen numaralarla uyumludur.

Alan kirasının tespitinde, Sahibinden.com ve Hürriyetemlak.com siteleri incelenmiştir. Atık PCB geri kazanım tesisine uygun bir alan bulmak için iki ana kriter kullanılmıştır; tesisin içerisinde hazır kapalı alan bulunması ve tesisin tır girişi ve konteynır depolamaya uygun olması.

Tablo 15 - İstanbul'da Kurulu Lisanslı İşleme Tesisleri

No	Çevre Kimlik No	İşleme Tesis	Tesis Adresi	Onay Tarihi	Sertifika Süresi
1	228373094	Adres Geri Dönüşüm İnşaat Elektronik Eğitim ve Danışmanlık Hizmetleri San. ve Tic. Ltd. Şti.	Saray Mah. Site Yolu Cad. Ak Sanayi Sitesi 2.Kısım No:8 A/ 83,84,85,86, İstanbul	23.03.2017	23.03.2022
2	225612110	Akademi Çevre Entegre Atık Yönetimi Endüstri A.Ş.	Orta Mahallesi, Demokrasi Cad., No: 92 /1, Tuzla İstanbul	11.04.2019	21.02.2024
3	281605912	Alburdan Market Elektronik Hizmetleri Bilişim İnşaat San. Tic. A.Ş.	Orta Mahallesi Erk Sokak No: 5 B-7 Tuzla / İstanbul	30.01.2020	31.01.2021
4	287852204	Cometal Değerli Madenler Geri Dönüşüm Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi	Orta Mahallesi Erk Sokak No:7/23, Tuzla İstanbul	09.03.2020	09.03.2021
5	223176292	EAG Geri Dönüşüm Sanayi Ticaret Aş.	Esentepe Mah., 2951. Sok., 9. Blok No: 28-A Sultangazi İstanbul	31.07.2019	31.07.2024
6	233143286	EFS Elektronik Dayanıklı Tüketim Mal İnş. ve Eml. San. Tic. Ltd. Şti.	Kirazlıdere Mah., Kışla Cad., No:36-, Çekmeköy / İstanbul	19.08.2019	19.08.2024

No	Çevre Kimlik No	İşleme Tesisi	Tesis Adresi	Onay Tarihi	Sertifika Süresi
7	226576974	Emre Metal Dış Ticaret Ltd. Şti.	Osmangazi Mahallesi, Barış Manço Cadde, No: 9-, Esenyurt İstanbul	16.04.2020	16.04.2021
8	228575986	Ermetal Endüstri Geri Dönüşüm Taşımacılık San. ve Tic. A.Ş.	Akçaburgaz Mahallesi, 1566. Sokak, No: 7-1, Esenyurt, İstanbul, Türkiye	17.04.2017	17.04.2022
9	272821338	Eroğlu Çevre Endüstriyel Atık Yönetimi Ltd. Şti.	Orta Mah. Aslı Ne Mutlu Sanayi Sitesi Erk Sk. No:7/20 Tuzla İstanbul	06.03.2020	06.03.2025
10	228871288	GCL Geri Kazanım ve Rafineri San. Tic. A.Ş.	Kavaklı Mahallesi, Kible Sokak, No: 8-1, Silivri, İstanbul, Türkiye	01.05.2016	01.05.2021
11	227299944	İstanbul Gümüş Rafinerisi A.Ş.	Kavaklı Mahallesi, Vakar Sokak, No: 7-, Silivri, İstanbul, Türkiye	30.09.2015	30.09.2020
12	225251850	Karaman Kardeşler Metal Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.	Selimpaşa Mah., 6205. Sok., No:25, Silivri / İstanbul	23.07.2020	27.07.2025
13	280096342	Karaman Kardeşler Metal Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. - Selimpaşa Şubesi	Selimpaşa Mah., 6205. Sok., No: 24, Silivri / İstanbul	05.06.2020	05.07.2021
14	250199040	NMG Geri Dönüşüm Sanayi ve Ticaret A.Ş.	Akçaburgaz Mah. 1575. Sokak No:3/C-6 Esenyurt İstanbul	13.05.2019	05.12.2022
15	277899002	Osman Köktaş Emre Metal Tuzla Şubesi	Orta Mahallesi Erk Sokak No: 7-26, Tuzla / İstanbul	15.05.2020	15.05.2025
16	229372016	Özçelik Motor Geri Dönüşüm San. ve Dış Tic. Ltd. Şti.	Yenibosna Merkez Mahallesi, Prof.Dr.M.Nevzat Pisak Cadde, No: 4 /4-14, Bahçelievler, İstanbul Türkiye	10.09.2017	10.09.2022
17	274296640	Sarmet San. Plastik Metal İnş. Kâğıt San. ve Tic. Ltd. Şti.	Akçaburgaz Mahallesi 3030. Sokak No: 7-1 Esenyurt / İstanbul	25.02.2020	25.02.2021
18	227239544	Urmet Metal Geri Dönüşüm İnş. Tic. Ltd. Şti.	Selimpaşa Mah. 6162. Sokak No:13 Silivri İstanbul	31.05.2019	28.12.2021

Kaynak: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020.

3.2 Üretim Teknolojisi

Bu bölümde çalışma konusu ürünün üretim tekniği, kullanılacak makine teçhizatın isimleri, özellikleri ve menşesine ilişkin detaylı bilgiler erilmektedir.

3.2.1 Metal Tozu Üretim Yöntemleri

Atık PCB'lerin içinde barındırdığı kıymetli metallerin kazanımına yönelik üretim akış şeması Şekil 17'de sunulmaktadır. Öncelikle PCB içeren AEEE'ler bir ön gruplama sürecinden geçer. Ön gruplamanın

ardından atık cep telefonu, bilgisayar ve televizyon gibi AEEE'ler, PCB elde edilmek üzere bir ön işlem sürecine girer. Pil, kapasitör, kartuş gibi bileşenler bu aşamadan önce çıkarılır.

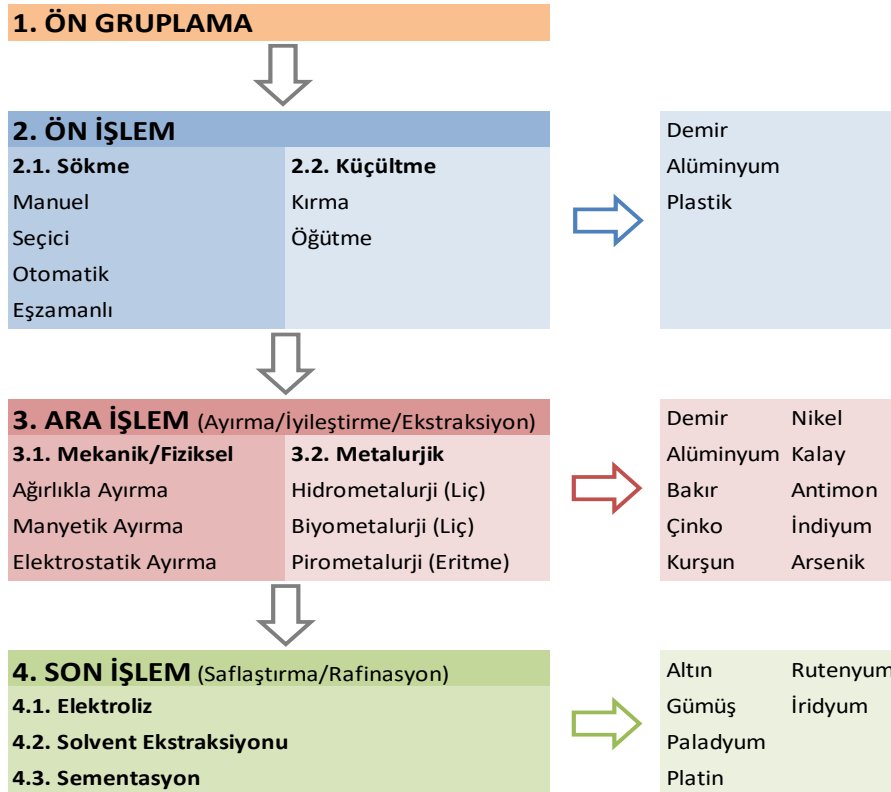
Ön işlem aşamasında sökülen PCB'lerin metalleri, mekanik ve kimyasal süreçlere hazırlamak üzere kırma ve öğütme işlemlerinden geçer. Fiziko-mekanik işlem, metallerin geri kazanılması için en çevre dostu yöntem olarak kabul edilir. Ara işlem sürecinde ağırlıklı ayırma, manyetik ayırma ve elektrostatik ayırma gibi fiziko-mekanik işlemler uygulanabilir. Ancak bu işlemlerin en önemli dezavantajı temel metaller ve kıymetli metallerin geri kazanımında kayıplar yaşanmasıdır. Bu nedenle farklı metalleri birbirinden ayırabilmek için büyüklük, yoğunluk, manyetik ve elektrostatik özelliklerinin dışında termodinamik özelliklerinden de faydalanılır.

Ara işlem olarak kullanılabilecek eritme, kimyasal reaksiyonlar ve yüksek sıcaklıklar (bazen 2000oC'nin üzerinde) kullanan bir pirometalurji işlemidir. Ancak metaller benzer termodinamik özelliklere sahip olduğunda ısıya dayalı işleme teknolojisi onları tam olarak ayıramaz, bu da sınırlı değere sahip olan veya hiç değeri olmayan, saf olmayan karışık alaşımlara neden olur. Bu gibi durumlarda hidrometalurji gereklidir. Eritme pirometalurjik, liç ise hidrometalurjik bir işlemdir.

Piro ve hidrometalurji, kıymetli metalleri elde etmek için yaygın olarak birlikte kullanılır. Birçok metalurji tesisi metale bağlı olarak pirometalurji ile ilk kaba ayırmayı gerçekleştirir ve hidrometalurji ile nihai yüksek kaliteli metalleri ve diğer değerli ürünleri üretir.

Saflaştırma ve rafinasyon, saf malzeme üretimi için metalurjik son işlemlerdir. Hidro ve elektrometalurjik rafinasyon; semantasyon, çöktürme, solvent ekstraksiyonu veya elektro-kazanım/ elektroliz/elektro-birikirme işlemlerini içerir. Çöktürmede bakır; Fe, Zn veya Al ile ve gümüş ise; Zn tozu veya NaCl ile belirli pH değerlerinde çöktürülebilir. Sementasyon, bir metalin daha elektropozitif olan diğer metaller tarafından çöktürülmesidir. Elektroliz yöntemi ile ise %99'dan fazla metal saflığı elde edilebilir.

Şekil 17 - Kıymetli Metallerin Kazanımına Yönelik Atık PCB İşleme Akışı*



Kaynak: Electronic Waste and Printed Circuit Board Recycling Technologies (Kaya, 2019) kaynağından uyarlanmıştır.

3.2.2 Makine Teçhizat Özellikleri

PCB'lerden kıymetli metallerin kazanımına yönelik "küçük ölçekli" temel bir tesis için gerekli kilit makine teçhizatın isim, özellik ve menşei Tablo 16 ve Tablo 17'de iki farklı örnek sistem olarak sunulmuştur. Makine teçhizat aşağıdaki işlemlere göre sınıflandırılmıştır.

1. Ön Gruplama
2. Ön İşlem (sökme, küçültme)
3. Ara İşlem (ayırma, iyileştirme, ekstraksiyon)
4. Son İşlem (safılaştırma, rafinasyon)

Tablo 16 - Kilit Makine Teçhizatın İsim, Özellik ve Menşei - Örnek 1



(1) İşlem (2) Makine Teçhizat (3) Menşei	Makine Teçhizat Özelliği
 (1) Ön İşlem (2) Besleme Konveyörü Besleme Haznesi Kırıcı (3) Umwelt- und Recyclingtechnik GmbH (URT), Almanya	Besleme konveyörü band tipi I RHSTV 120 Uzunluk: Ön sınıflandırma için besleme masası ile 4.000 mm eksenel mesafe Girdi: küçük elektrikli aletler; bilgisayarlar Taşıma açısı: yaklaşık 3° Çerçeve: 400 mm yapı yüksekliğine sahip kafes tipi konstrüksiyon Konveyör bant: kauçuk kayış, düz bant genişliği: 900 mm Destek istasyonları: 89 mm çapında silindirler, yaklaşık 330 mm mesafede bilyeli yatak Sürücü: Movimot takılabilir dişli motor 0,75 kW 400 volt, 50 Hz, şasinin yanına inşa edilmiş IP 55 motor, doğru hat hızını yaklaşık 0,05-0,20 m/s, kontrol edilebilir Elektrik sistemi: her iki tarafta kablo kontrolü acil durdurma, marka Kiepe, tip LRS 004 taşıma kontrolü, marka IFM 24 V beslemeli yerel kontrol noktası ayarlayıcı, yerleşik MLG11A Tahrik kasnağı: 320 mm çap, konik kilit ve bilyeli yatak bloklu kauçuk kaplı Ters tambur: konik kilitli ve bilyeli yatak bloklu 240 mm çap Temizleyici: iç bant temizleyici

(1) İşlem (2) Makine Teçhizat (3) Menşei	Makine Teçhizat Özelliği
	Ek donanım: şerit sızdırmaz yan şeritler, besleme bunkeri, kapasite yaklaşık 3-4 m³, taşıma bandı 2'ye aktarma kutusu, yanlarda çerçeve kapağı, alçak doldurma kenarı Besleme konveyörü band tipi II RHSTV 120 Uzunluk: 6.000 - 7.000 mm eksenel mesafe Taşıma açısı: yaklaşık 30 ° Çerçeve: 300 mm yapı yüksekliğine sahip kafes tipi konstrüksiyon Konveyör bant: yaklaşık 500 mm mesafede T60 pabuçlu kauçuk kayış Bant genişliği: 800 mm Net genişlik: yaklaşık 750 mm Destek istasyonları: 50 mm çapında silindirler, yaklaşık 500 mm'lik bir mesafede bilyeli yatak Dönüş silindirleri: 50 mm çapında silindirler, yaklaşık 2.000 mm'lik bir mesafede bilyeli yatak Sürücü: elektrikli takılabilir dişli motor 1.5 kW 400 volt, 50 Hz, IP 55 çerçevenin yanına inşa edilmiş motor, yaklaşık 0,3 m/s doğru hat hızı (malzemelerin ayrılması için) Elektrik sistemi: her iki tarafta kablo kontrolü acil durdurma, marka Kiepe, tip LRS 004 taşıma kontrolü, marka IFM Tahrik kasnağı: konik kilitli ve flanşlı bilyalı yataklı 200 mm çap Ters tambur: konik kilitli ve bilyeli yatak bloklu 200 mm çap Temizleyici: iç bant temizleyici Ek donanım: üç tarafta şerit contalı yan şeritler, güçlendirilmiş besleme noktalı besleme kutusu QR ile menteşeli alt çerçeve kapağı, kayış desteği Kırıcı RS40-4-S Girdi: baskılı devre kartları Çıktı: yaklaşık 1.000 kg / saat Çıktı: yaklaşık 25 mm <u>Makine detayları:</u> Makine tipi: RS 40-4-S Sürücü: 2 x 22 kW Kırıcı ünitesi açıklığı: 1.000 x 700 mm Kırıcı mili sayısı: 4 Ana kırıcı ünitesi: 29 mm genişlik / 1 diş / sertleştirilmiş çelik İkincil kırıcı ünitesi: 29 mm genişlik / 4 diş / sertleştirilmiş çelik Aşınma plakaları: kesim odasında, kolayca değiştirilebilir Yağlama: el pompalı merkezi yağlama sistemi Ekran: Ø 25 mm Hazne: sağlam çelik yapı Makine çerçevesi: sağlam çelik çerçeve konstrüksiyonu Makine bloğu: tamamen kaplı Çalışma voltajı: 400 V 50 Hz Ağırlık: 2800 kg <u>Makine açıklaması:</u> Makine muhafazası: Sağlam çelik çerçeve konstrüksiyonu Katı döküm çerçeve yapısında makine bloğu Yüksek sertlik ve yüksek iç sönümlenme Modüler tasarım Güçlü boyutlara sahip hareketli yatak plakaları

(1) İşlem (2) Makine Teçhizat (3) Menşei	Makine Teçhizat Özelliği
	Sürüş sistemi: İki ayrı kontrollü elektrik motoru Az bakım gerektiren 3 aşamalı helisel dişli kutusu Kesme ünitesi: Kırıcı ünitesi, ana ve ikincil kesme ünitesinden oluşur Çok sağlam, dayanıklı malzeme Kırıcı diskleri sıcak dövme malzemeden imal edilmiştir. Kırıcı diskleri, 4 altıgen şafta pozitif olarak dişlidir Ana ve ikincil kesme ünitesinin tüm kesme diskleri sertleştirilmiştir Ekran: Güçlendirilmiş versiyon Izgara alanı "tümü" 4 kırıcı miline dağıtılmıştır 4 elek tabanı ile çok yüksek verim kapasitesi Granül boyutu elektteki deliklerle belirlenir. Temizlemek için ekranın kolay sökülmesi Bir çeker ocak veya burğu montajı mümkündür Dişli kutusu: Güvenilir ve düşük bakım 3 kademeli helisel dişli kutusu Dişli bir yağ banyosunda döner Düzgün çalışma Helisel dişli ile şanzımanın korunması Mekanik salmastralarla mühürlenmiştir Çift milli yatak
 (1) Ön İşlem (2) Toz Aspiratörü (3) Umwelt- und Recyclingtechnik GmbH (URT), Almanya	Parçalayıcı haznesi için toz aspirasyonu: Türü: DUSTOMAT-16 Fan: 1,1 kW, nominal, hacim akımı 1,140 m³/h, saf hava taraflı fan, gürültü korumalı 67 dB(A). Yerleşim: emiş ağızlı çelik sac gövde, kilitli frenle hareket ettirilebilir Filtre: Kartuş filtre, üst eğilebilir muhafaza içinde 10 m² filtre yüzeyine sahip "C" uygulama kategorisi, sinyal alıcılı ayarlanabilir basınç kontrol cihazı ile filtre tahsisinin izlenmesi Toz toplama haznesi: Üst muhafaza için 30 litre içerik, PE'den yapılmış toplama torbası takılarak boşaltılması azaltılmış toz Filtrenin tozdan arındırılması: pnömatik filtrenin tozdan arındırılması, entegre döner nozullar (manuel olarak) aracılığıyla yapılır. Boyutlar: Uzunluk/Genişlik/Yükseklik: 1.150 x 670 x 1.470 mm, ağırlık: 110 kg Antistatik filtre kartuşu dahil Komple boru tesisatı (çeşitli kemerler, boru bölümleri, gaz kelebeği valfi, bağlantı parçaları dahil)
 (1) Ön İşlem (2) Çıkış Konveyörü	Konveyör bant tipi RHST 80 Uzunluk: yaklaşık 10.000 mm eksenel mesafe 3.500; 0°; yaklaşık 7.000; 30° Girdi: parçalanmış malzeme Taşıma açısı: yaklaşık 30° Çerçeve: 300 mm yapı yüksekliğine sahip kafes tipi konstrüksiyon Konveyör bant: yaklaşık 400 mm'lik bir mesafede T40 pabuçlu lastik bant, her iki tarafta 60 mm yüksekliğinde şaft kenarı, kenar ile aynı hizada bant genişliği 800 mm

(1) İşlem (2) Makine Teçhizat (3) Menşei	Makine Teçhizat Özelliği
(3) Umwelt- und Recyclingtechnik GmbH (URT), Almanya	net genişlik 700 mm Destek istasyonları: 50 mm çapında silindirler, yaklaşık 500 mm'lik bir mesafede bilyeli yatak Dönüş silindirleri: 50 mm çapında silindirler, yaklaşık 2.000 mm'lik bir mesafede bilyeli yatak Sürücü: elektrikli takılabilir dişli motor 2,2 kW 380 volt, 50 Hz, IP 55 Çerçevenin yanına inşa edilmiş motor, yaklaşık 0,8 m / s doğru hat hızına çekin Elektrik sistemi: kablo kontrolü acil durdurma, her iki tarafta Kiepe marka, LRS 004 tipi taşıma kontrolü, IFM marka Tahrik kasnağı: konik kilitli ve flanşlı bilyalı yataklı 200 mm çap Ters tambur: konik kilitli ve bilyeli yatak bloklu 200 mm çap Temizleyici: iç bant temizleyici Yan taraflardaki ek ekipman besleme kutusu, çerçeve kapağı sıkı, alt çerçeve kapağı QR kayış desteği ile menteşeli
 (1) Ön İşlem (2) Manuel Fe/Al Ayırma Konveyörü (3) Umwelt- und Recyclingtechnik GmbH (URT), Almanya	Fe ve Al Fraksiyonları için Manuel Toplama Konveyör Bandı <u>Bant Üzeri Manyetik Ayırıcıdan sonra, fraksiyon: Fe</u> Uzunluk: yaklaşık 4.000 mm eksenel mesafe Girdi: parçalanmış malzeme Taşıma açısı: 0 ° Çerçeve: 300 mm yapı yüksekliğine sahip kafes tipi konstrüksiyon Konveyör bandı: lastik kayış, bant genişliği 300 mm Destek istasyonları: 50 mm çapında silindirler, yaklaşık 500 mm'lik bir mesafede bilyeli yatak Dönüş silindirleri: 50 mm çapında silindirler, yaklaşık 2.000 mm'lik bir mesafede bilyeli yatak Sürücü: elektrikli takılabilir dişli motor 2,2 kW 400 volt, 50 Hz, IP 55 Çerçevenin yanına inşa edilmiş motor, yaklaşık 0,8 m/s doğru hat hızı Elektrik sistemi: kablo kontrolü acil durdurma, her iki tarafta Kiepe marka, LRS 004 tipi taşıma kontrolü, IFM marka Tahrik kasnağı: konik kilitli ve flanşlı bilyalı yataklı 200 mm çap Ters tambur: konik kilitli ve bilyeli yatak bloklu 200 mm çap Temizleyici: iç bant temizleyici Ek donanım: Yanlardaki besleme kutusu çerçeve kapağı sıkı, alt çerçeve kapağı QR kayış desteği ile menteşeli <u>Eddy Akımından sonra, fraksiyon: Al/Cu</u> Uzunluk: yaklaşık 4.300 mm eksenel mesafe Giriş: parçalanmış malzeme Taşıma açısı: 0° Çerçeve: 300 mm yapı yüksekliğine sahip kafes tipi konstrüksiyon Konveyör bant: lastik kayış, bant genişliği 300 mm Destek istasyonları: 50 mm çapında silindirler, yaklaşık 500 mm'lik bir mesafede bilyeli yatak Dönüş silindirleri: 50 mm çapında silindirler, yaklaşık 2.000 mm'lik bir mesafede bilyeli yatak Sürücü: elektrikli takılabilir dişli motor 2,2 kW 400 volt, 50 Hz, IP 55 Çerçevenin yanına inşa edilmiş motor, yaklaşık 0,8 m / s doğru hat hızına çekin Elektrik sistemi: her iki tarafta kablo kontrolü acil durdurma marka Kiepe, tip LRS 004 taşıma kontrolü, marka IFM Tahrik kasnağı: konik kilitli ve flanşlı bilyalı yataklı 200 mm çap

(1) İşlem (2) Makine Teçhizat (3) Menşei	Makine Teçhizat Özelliği
 (1) Ön İşlem (2) Çıkış Helezonu (3) Umwelt- und Recyclingtechnik GmbH (URT), Almanya	Ters tambur: konik kilitli ve bilyeli yatak bloklu 200 mm çap Temizleyici: iç bant temizleyici Ek donanım: Yanlardaki besleme kutusu çerçeve kapağı sıkı, alt çerçeve kapağı QR kayış desteği ile menteşeli Çıkış Helezonu Yumuşak çelikten TS370 vida Taşıma uzunluğu: 5.500 mm Hat kılavuzu: eğimli / 30° Giriş açıklığı: 400 x 400 mm Çıkış açıklığı: 400 x 400 mm Sürücü: Düz dişli motor SEW Tahrik gücü: 3,0 kW Enerji verimlilik sınıfı: IE 2 Kalınlık: 5 mm Vida çapı: d = 350 mm Vidalı kanat uçları: 6 mm (hardox)
 (1) Ön İşlem (2) Çekiçli Kırıcı ve Dağıtım Baypası (3) Umwelt- und Recyclingtechnik GmbH (URT), Almanya	Kırıcı II (malzeme girişi: yaklaşık 35 kg / saat; giriş: 0-25 mm; çıkış: 0-3 mm) <u>Teknik veriler</u> Çekiçli kırıcı, tip: HM 1 Daha büyük besleme muhafazalı Besleme miktarı: 35 kg / saat Tane boyutu: maks. kenar uzunluğu 25 mm Nihai tane boyutu: % 95 <3 mm (0-3 mm) <u>Fonksiyon</u> Çekiçli kırıcının en önemli bileşeni asılı çekiçli (sallanan) rotordur. Kırma işlemi, esas olarak rotor alanında ve pas sepetinde döşeme ve darbe aşınmasıyla gerçekleşir. Öğütme malzemesi, gerekli tane boyutuna ulaşana ve boşaltma ızgarasını geçene kadar öğütme odasında kalır. Son ürünün nihai tane boyutu, ızgara açıklığının ve çevresel hızın modifikasyonundan etkilenir. <u>Tasarım</u> Çekiçli kırıcı temelde aşağıdaki parçalardan oluşur: - kontrol açıklığına sahip bölünmüş makine muhafazası - yük kancalı makine taban çerçevesi - koruma başlıklı disk volan - St rotor ve aşınmaya dayanıklı özel çelikten çekiçler - aşınmaya dayanıklı özel çelikten bölünmüş pas sepeti, boşluk genişliği 10 mm - St'de değiştirilebilir aşınma plakalı freze odası - koruma başlıklı fan kayışı tahriki - gergi çubuklarını içeren üç fazlı motor <u>Teknik veri</u> Tahrik gücü: yaklaşık 5,5 kW Ağırlık: yaklaşık 600 kg
	Parçalama işleminden sonra numune alma sistemi (giriş 700 kg; tane boyutu 0 - 25 mm, bazı aşırı uzunluklar mümkündür) Giriş fraksiyonundan numune alırken (örnekleme I), Fe ve Al kalıntıları mümkündür. Mıknatıs sürücülü taşıma şut tipi ZR 4 (PT1000 için)

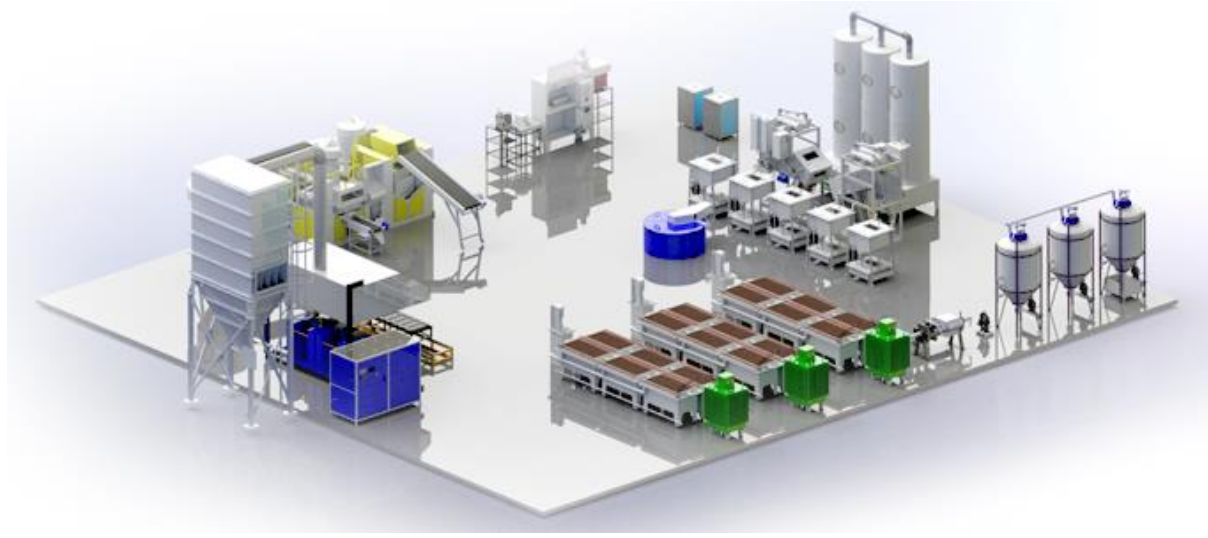
(1) İşlem (2) Makine Teçhizat (3) Menşei	Makine Teçhizat Özelliği
 (1) Ön İşlem (2) Numune Alma Sistemi (3) Umwelt- und Recyclingtechnik GmbH (URT), Almanya	Sürücü, yine teslim edilen bir kontrol aracılığıyla kontrol kabininde kurulum seti olarak sürekli olarak ayarlanabilir. Sürücü verileri: 230 volt, 60 Hz, yaklaşık 0,62 Amp., Kapasite 35 W. Toz geçirmez pleksi cam kapaklı, paslanmaya karşı dayanıklı 1.4571 tasarımında yapılmış oluk kulübesi. Ölçümler: orta içten orta çıkışa kadar yaklaşık 1.250 mm uzunluğunda; yaklaşık 120 mm genişliğinde ve yaklaşık 70 mm yüksekliğinde, giriş ve çıkış tırnakları Ø 110 mm (yaklaşık 2.000 kg giriş; tane boyutu 0 - 25 mm, bazı uzunluklar mümkündür) Tork borulu ayırıcı tip PT100, maks. Tanecik boyutunda dökme ürünlerin ardışık olarak ayrılması için. 60 mm Numune yuva açıklığı, 0-200 mm arasında sürekli olarak ayarlanabilir. Ø 200 mm'lik tork tüpü, paslanmaya karşı dayanıklı çelikten yapılmıştır ve üç fazlı akım dişli motoru 0,18 kW, koruma sınıfı IP55, 400 V, 60 Hz, SEW marka, dakikada 14 dönüş hızıyla tahrik edilir . Muhafaza, toz geçirmez tasarıma sahip sağlam bir kaynaklı çelik yapıdır. Ayırma oranı sürekli olarak ayarlanır. Malzemenin tane boyutuna ve akış davranışına göre belirlenir. 0 - 25 mm tane büyüklüğünde ayırma oranı: 1: 10 - 1:35 (ayarlanabilir) Fraksiyon kapasitesi I: yaklaşık 665 kg / saat Örnek I: yaklaşık 35 kg / saat Fraksiyon kapasitesi I, kesme kırıcıyı beslemek için bir konveyör vidasına geçirilir
 (1) Ön İşlem (2) Kesme Kırıcı (3) Umwelt- und Recyclingtechnik GmbH (URT), Almanya	Kesme Kırıcı RS 45060 Rotor kesme dairesi: 450 mm Ekleme bütün (standart): 625 x 620 mm Kesme uzunluğu: 600 mm Bıçak uzunluğu: 300 mm Rotor bıçak sayısı: 3 x 2 Stator bıçak sayısı: 2 Kesme türü: makas kesim Rotorun dönme hızı: yaklaşık 420 dak-1 Tahrik gücü: 45 kW Elek perforasyonu: 4 mm yuvarlak perforasyon Verim: 700 kg / saat (elek ve malzemenin delinmesine bağlı olarak) Elektrik bağlantısı: 3 x 400 V + N, 50 Hz Açma mekanizması: manuel hidrolik (huni, elek taşıyıcı) RS 4500 serisi, plastik parçaların ekonomik olarak parçalanması için merkezi bir kırıcı olarak yapılmıştır. Avantajlar: - o sofistike standart makine - o modüler tasarım sayesinde bireysel ayar • rotor • hazne • çerçeve - o bıçakların temizlenmesi ve değiştirilmesi için mükemmel erişilebilirlik - o elek halkasının elek ile açılması ve huninin manuel hidrolik ile açılması - o elek kutusu makaralı makineden çıkarılabilir - o önceden ayarlanabilir bıçaklar - o parçalı rotor

(1) İşlem (2) Makine Teçhizat (3) Menşei	Makine Teçhizat Özelliği
 (1) Ara İşlem (2) Bantüstü Mıknatıs (3) Umwelt- und Recyclingtechnik GmbH (URT), Almanya	5 bıçaklı rotor Bu kapsamdaki 3 bıçaklı standart rotor, 5 bıçaklı bir rotor ile değiştirilecektir. Bu versiyondaki rotor bıçak sayısı: 5 x 2 3. stator bıçağı Ayarlama ve sabitleme civataları dahil, freze muhafazasının geçme kısmına takılan 3. stator bıçağı için taşıma parçası olarak kabul parçası. Ayar civatalı ve kapak plakalı bıçak.
 (1) Ara İşlem (2) Vibrasyon Tablası (3) Umwelt- und Recyclingtechnik GmbH (URT), Almanya	Bantüstü mıknatıs ayırıcı Türü: IMP Y-100 Kullanım koşulu: montaj için, taşıma bandı üzerinden, poz. 30'u Taşıma genişliği: 800 mm <u>Teknik veri:</u> Mıknatıs bloğu boyutu: 940 x 540 x 215 mm Sürücü: takılabilir dişli motor 2,2 kW, marka: SEW 230/400 Volt, 50 Hz, IP 54 Sürücü yatar durumda. Bant hızı: 1,6 m / s Kayış kasnakları: mil sabitleme olarak gergi setli Rulman: SKF rulmanlar Tahliye kayışı: sabit lastik kayış EP 400/3, 4: 2 mm kapak, boşaltma bandı genişliği 650 mm 40 mm yüksekliğinde blok pabuçlu Koruma: istek üzerine astarlanmış ve kaplanmış RAL koruma ekipmanı talep üzerine RAL Acil durdurma: çerçeveye takılı Kaza önleme: kasnaklar ve makaralarda parmak koruması paslanmaz çelik V2a'dan parmak koruması Makine kılavuzu: üretici beyanı Dokümantasyon: talimat ve bakım kılavuzu, yedek parça listesi Ağırlık: yaklaşık 921 kg dönüş izleme için kam anahtarı dahil IFM IGS204 kontrol tekniği ve başlatıcı
 (1) Ara İşlem (2) Vibrasyon Tablası (3) Umwelt- und Recyclingtechnik GmbH (URT), Almanya	Vibrasyon motorlu konveyör tablası Konveyörün kesit alanı: 750 x 100 mm Taşıma uzunluğu: yaklaşık 3.500 mm Güç: 2 x 0.7 kW kalıcı manyetik ayırıcı için kesikli. Paslanmaz çelik tepsi. Yay çeliğinden yapılmış sarmal baskı yayları. Normal çelik tasarımda yapısal çelik konstrüksiyondan yapılmış konveyör şutunun desteği Titreşimli oluk tamamen akrilik cam veya paslanmaz çelik sac ile kaplanmıştır. (toz / emiş gücünün en aza indirilmesi) Ek olarak, elektrikli aletlerin tozunu toplamak için daha fazla toz tahliyesi planlanmaktadır.
 (1) Ara İşlem (2) Demirdışı Metal Separatörü	Demir içermeyen metal seperatörü Türü: RCS C - 75 Veri sayfası: RCS 2005/02 NEODYM - En güçlü manyetik malzeme. Kompakt ve sağlam yapı. Gergili özel kayış kılavuzu. Basit bakım ve çalıştırma işi. Teknik veri

(1) İşlem (2) Makine Teçhizat (3) Menşei	Makine Teçhizat Özelliği
(3) Umwelt- und Recyclingtechnik GmbH (URT), Almanya	Çalışma genişliği: 750 mm. Eksenel mesafe: 2.000 mm. Konveyör bant: Özel PVC bant. Çift yivli profiller ile sızdırmazlık olarak her iki tarafta. 1 adet çapraz kesim bağlantılı. Kayış için tahrik kasnağı: D = 270 mm, şafta sabitleme olarak kelepçe setleri ile. Tahrik kayışı: takılabilir dişli motor 2.2 KW. Marka SEW 380 volt, 50 Hz IP 54. frekans dönüştürücü çalışması için 3 adet sıcaklık sensörlü (TS). hat hızı elektronik olarak ayarlanabilen 1,0 - 2,5 m / sn. Kutup Tamburu Manyetik sistem: Merkezi kutup sistemi olarak yapılmıştır. Tahrik kutup tamburu: takılabilir dişli motor 4.0 KW. Marka SEW 380 volt, 50 Hz IP 54. frekans dönüştürücü çalışması için 3 adet sıcaklık sensörlü (TS). direk tamburunun hızı (manyetik sistem) elektronik olarak ayarlanabilir Kasa: Her iki tarafta çelik sac kasalı. Segmentler, bakım amacıyla çıkarılabilir. Çerçeve: Yerinde bir alt yapıya kurulum için taban çerçevesi ile. Elektrik sisteminin arayüzleri, ayrı elektrik bileşenlerinin terminal kutularında bulunur. Kaza önleme: Tamburlarda ve silindirlerde parmak koruyucu. Ağırlık: yaklaşık 1.800 kg Toz toplama bandı Demir içermeyen metal ayırıcı altında toz toplama bandı. Bant genişliği: 800 mm. Eksenel mesafe: 3.000 mm. Yatay taşıma. <u>Teknik veri</u> Tahrik tamburu: takılabilir dişli motor 0.37 KW. Marka SEW. 230/380 volt, 50 Hz. IP 54. Konveyör hızı: 0,1 m / s. Konveyör bandı: PVC kayış Tamburlar: D = 78 mm dışbükey döndürülmüş. Rulmanlar: Bakım gerektirmeyen SKF oynak bilyalı rulmanlar. Malzeme kılavuzu: Her iki tarafta 100 mm yükseklikte malzeme kılavuzu. PVC sızdırmazlık dudağı ile kapatılmıştır.

Kaynak: URT, 2020.

Tablo 17 - Kilit Makine Teçhizatın İsim, Özellik ve Menşei - Örnek



(1) İşlem (2) Makine Teçhizat (3) Menşei	Makine Teçhizat Özelliği
 (1) Ara İşlem (2) Kırıcılar ve Separatörler (3) Emak Refining & Recycling, Türkiye	Her türlü AEEE'yi kırmak ve ayırmak için özel olarak tasarlanmıştır. Normal PCB'leri 1 mm'ye kadar kırabilir. Tane boyutu ayarlanabilir. Malzemenin hacmi küçültülerek ve yüzey alanı artırılarak geri dönüşüme hazır bir hale getirir. Ayırma Sistemleri, öğütülmüş taneleri özgül ağırlıklarına göre belirler ve malzemeyi geri dönüşüme hazırlar. Plastik, Demir ve Demir Dışı Metalleri tam olarak hurdadan ayırır. Sistem, değerli metalleri kaçırmamak için tüm önlemlere sahiptir. PCB'ler için 500 kg/gün'den 1.000 kg/saat'e kadar makine üretilmektedir. Mekanik sistem; kırıcılar, parçalayıcılar, özel seperatör sistemleri, toz oplayıcıları ve konveyörleri içerir.
 (1) Ara İşlem (2) Bakır Zenginleştirme (3) Emak Refining & Recycling, Türkiye	Mekanik ayırmadan sonra, demir dışı metaller bakır zenginleştirme sistemine beslenir. Kurşun ve Kalay metalleri burada ayrılır. Bakır zenginleştirme sistemi kapasiteleri 200 kg/gün'den başlar ve 10.000 kg/gün ve üzeri olabilir. Çevresel önlemler dahil gerekli tüm sistemler eklenebilir. Bakır ön işleme sistemi fuel oil, doğalgaz veya elektrik ile çalışabilir.
 (1) Ara İşlem	Bakır zenginleştirme sisteminden sonra ihtiyaca göre Bakır, Altın, Gümüş ve Platin grubu metaller gibi ayrıştırılmış metaller satış için çubuk veya elektroliz işlemi için anot olarak dökülebilir.

(1) İşlem (2) Makine Teçhizat (3) Menşei	Makine Teçhizat Özelliği																																				
(2) Anod Döküm	Döner fırın 1300°C'ye kadar, 1 ton metal cevherini/cürufunu eritme kapasitesine sahiptir.																																				
(3) Emak Refining & Recycling, Türkiye	Çevresel filtrasyon önlemleri dahil gerekli tüm sistemler eklenebilir.																																				
	Bakır Elektroliz Sistemleri, bakır zenginleştirme ve anot döküm eritme sisteminden gelen yüksek saflıktaki bakır ve değerli metal balçıklarının geri kazanılmasında kullanılır.																																				
(1) Son İşlem	Anot hazırlama sistemi ile üretilen anotlar, Elektroliz hücrelerine asılır. İşlemden sonra katotların üzerine yüksek saflıkta bakır kaplanır.																																				
(2) Elektroliz	Otomatik redresörler, kimyasal reaksiyon için kararlı ve güvenli elektrik sağlar. Ayrıca sistemin sabit sıcaklık ve akışa ihtiyacı vardır. Bu noktada ısıtma ve sirkülasyon sistemleri bu ihtiyaçları karşılar. Günlük 200kg ve üzeri kapasite sağlanabilir.																																				
(3) Emak Refining & Recycling, Türkiye	Titanyum reaktör malzemesi Yarı otomatik sistem Hızlı Çalışma (sistemi aynı gün içinde 3 operasyon) Asit dozlama sistemi Otomatik Sıvı Transferli Dahili Çöktürme Sistemi Otomatik dökme mekanizması Aside Dayanıklı Zemin Paspasları Dahili emisyon ve NOx arıtma sistemleri Ayarlanabilir kapasite (2, 7, 25, 50, 100 kg ve üzeri)																																				
	<table><tr><th>Model</th><th>Kapasite</th><th>Boyutlar</th><th>Güç</th><th>Ağırlık</th><th>Sıvı Kapasitesi</th></tr><tr><td>RRM 2</td><td>2 kg/parti</td><td>220x150x230 cm</td><td>3 kW</td><td>425 kg</td><td>9 lt</td></tr><tr><td>RRM 7</td><td>7 kg/parti</td><td>400x250x230 cm</td><td>5 kW</td><td>780 kg</td><td>50 lt</td></tr><tr><td>RRM 25</td><td>25 kg/parti</td><td>500x300x250 cm</td><td>9 kW</td><td>930 kg</td><td>100 lt</td></tr><tr><td>RRM 50</td><td>50 kg/parti</td><td>500x500x250 cm</td><td>12 kW</td><td>1540 kg</td><td>150 lt</td></tr><tr><td>RRM 100</td><td>100 kg/parti</td><td>600x600x250 cm</td><td>17 kW</td><td>2200 kg</td><td>200 lt</td></tr></table>	Model	Kapasite	Boyutlar	Güç	Ağırlık	Sıvı Kapasitesi	RRM 2	2 kg/parti	220x150x230 cm	3 kW	425 kg	9 lt	RRM 7	7 kg/parti	400x250x230 cm	5 kW	780 kg	50 lt	RRM 25	25 kg/parti	500x300x250 cm	9 kW	930 kg	100 lt	RRM 50	50 kg/parti	500x500x250 cm	12 kW	1540 kg	150 lt	RRM 100	100 kg/parti	600x600x250 cm	17 kW	2200 kg	200 lt
Model	Kapasite	Boyutlar	Güç	Ağırlık	Sıvı Kapasitesi																																
RRM 2	2 kg/parti	220x150x230 cm	3 kW	425 kg	9 lt																																
RRM 7	7 kg/parti	400x250x230 cm	5 kW	780 kg	50 lt																																
RRM 25	25 kg/parti	500x300x250 cm	9 kW	930 kg	100 lt																																
RRM 50	50 kg/parti	500x500x250 cm	12 kW	1540 kg	150 lt																																
RRM 100	100 kg/parti	600x600x250 cm	17 kW	2200 kg	200 lt																																
(1) Son İşlem	Metalin saflık yüzdesini belirlemek için en eski ve en çok kullanılan yöntem, olan Kupelasyon yöntemidir. Bu yöntem, diğer tüm yöntemler arasında daha fazla kesinlik sağlar.																																				
(2) Safılık Analizi Cihazı	İşlemden önce ve sonra malzemelerin/metallerin içeriğini kontrol etme fırsatı verir.																																				
(3) Emak Refining & Recycling, Türkiye	Dahili küpelasyon fırını, mettler terazisi, sütun matkap, ayırma kabini ve davlumbaz, laminat kırıcı Tür: FAA-L Kapasite: 2500 Analiz Gaz Kırıcı: 600 m³ / H 550W Selonoid Fand Güç (W): 4 kW Boyutlar (L * W * H): 150 cm X 60 cm X 220 cm Ağırlık:300 kg																																				
	Elektroliz ve ekstraksiyon süreçlerindeki kimyasal reaksiyonlar için asitler kullanılır. İşlemden sonra tüm atıksu nötralizasyon sistemine aktarılır.																																				

(1) İşlem (2) Makine Teçhizat (3) Menşei	Makine Teçhizat Özelliği
(1) Son İşlem	Atıksu içinde kalan metal geri kazanılır ve sıvının geri kalanı deşarj edilebilir pH7-8 seviyesine nötralize edilir. Metal çöktürme sayesinde değerli metal kaybı olmayacaktır.
(2) Atıksu Arıtma/ Nötralizasyon	Atık su deşarj edilebilir standartlarda arıtılırken, çamur susuzlaştırılarak bertaraf edilir. Sistemin kimyasal ve enerji kullanımı tamamen kapasitesine göre optimize edilmiştir.
(3) Emak Refining & Recycling, Türkiye	Sistem PH ayarlama ünitesi, koagülasyon-flokülasyon tankı, kimyasallar için hazırlama ünitesi, otomatik dozaj sistemi, sedimantasyon tankları ve filtre presini içerir. Kapasite: 1000 lt ve üzeri Malzeme: PE Güç (Kw): 3,5 (1000 lt için) Otomatik Dozajlama Tank: 3 (ayarlanabilir) Yapı: ST37

Kaynak: EMAK, 2020.

3.3 İnsan Kaynakları

Bu alandaki tesisleşmenin istihdamı olumlu etkileyeceği düşünülmektedir. Tesiste nitelikli işgücüne ihtiyaç bulunmaktadır. Tesiste en az 20 işçinin çalışması beklenmektedir. Ayrıca en az 5 de güvenlik çalışanına ihtiyaç olacaktır. Diğer pozisyonlarda da yaklaşık 10 kişilik bir istihdam oluşacaktır. Hesaplanan bu tesis başına 35 kişi, sadece bir tesis için hesaplanmış olup tesisin doğrudan ilgili personelini kapsamaktadır. Bunun yanında atık PCB'lerin toplanması ve nakliyesi alanında daha fazla istihdam oluşması beklenmelidir. Ayrıca tesise ekipman sağlayan ve bakım onarımı sağlayan şirketlerde de istihdam artacaktır. Bu açıdan kullanılacak ekipmanların da yerli üretim olması istihdamı olumlu etkileyecektir.

Tesiste farklı eğitime sahip personele ihtiyaç duyulacaktır. Hassas cihazlarla yoğun tehlikeli kimyasal madde kullanımı olacak tesiste, yüksek okul ve fakülte mezunu çalışanlara ihtiyaç olacaktır. Tesiste çalışacak güvenlik personelinin en az lise mezunu olması gerekecektir. Diğer taraftan, bazı parçaların ayrıştırılması ve taşıt kullanımları için en az ilköğretim mezunu personel istihdamı da olması gerekecektir.

İstanbul'da her yıl 5 bin ila 10 bin ton arası baskılı devre kartı olduğu tahmin edilmektedir. Sadece İstanbul'un baskılı devre kartlarını yönetmek için bu raporda çalışılan 600 t/yıl işleyecek bir tesisten şehirde 8 ila 17 arasında kurulmasına ihtiyaç vardır. Her tesisin 35 kişi istihdam etmesi durumunda, 280 ila 595 kişilik bir istihdam sadece bu tesislerde gerçekleşecektir. Oluşacak istihdam içerisinde makine ve kimya mühendisleri, çevre mühendisleri, dış ticaret uzmanları, muhasebe ve finans uzmanları ve yöneticilere de ihtiyaç duyulacaktır. Belirtildiği üzere, bu piyasanın oluşmasıyla birlikte, özellikle PCB'lerin toplanması ve nakliye için daha yüksek bir istihdam oluşması beklenmektedir.

PCB işleme tesislerinin, operasyonel yapıları düşünüldüğü zaman, yerleşim yerlerine belli bir mesafe olmaları faydalı olacaktır. Aşağıda açıklandığı üzere, İstanbul'un mevcut nüfus yapısı düşünüldüğünde, bu tesislerin kurulumu için Anadolu'da Çekmeköy ve Tuzla ile Avrupa yakasında Çatalca, Silivri, Arnavutköy, Eyüpsultan, Büyüçekmece ve Sarıyer öne çıkmaktadır.

Atık PCB'lere erişimin kolay olması ve nakliye masraflarının düşük olması için de, mevcut AEEE işleme tesislerinin yoğunlaştığı Anadolu yakasında Tuzla ve Avrupa yakasında Silivri ilçeleri öne çıkmaktadır.

Nüfus ve Nüfus Yoğunluğu

İstanbul'un toplam nüfusu 2019 yılı için 15 milyon 520 bindir. Nüfusun %35'ine denk düşen 5 milyon 450 bin kişi Anadolu yakasında ve %65'ine denk düşen 10 milyon 70 bin kişi Avrupa yakasında yaşamaktadır. Alan olarak da Anadolu yakası ilin toplam nüfusunun %35'ini, Avrupa yakası %65'ini kapsamaktadır. İstanbul Türkiye'nin nüfus yoğunluğu en yüksek ilidir. Nüfusu yüksek olan ilin, yüzölçümü sadece 5.343 km²'dir. Yüzölçümü ve nüfusun örtüşmesi sonucu, iki yakada da nüfus yoğunluğu hemen hemen aynıdır ve ilin ortalama nüfus yoğunluğu 2.905 kişi/km²'dir.

Tablo 18 - İstanbul'un Yakalarının Nüfus ve Alanları

Yaka	Sayı	Nüfus	Oran	Yüzölçümü (km ²)	Oran	Nüfus Yoğ. Kişi/km ²
Anadolu Yakası	14	5.451.650	35%	1.869	35%	2.917
Avrupa Yakası	25	10.067.617	65%	3.474	65%	2.898
Toplam	39	15.519.267	100%	5.343	100%	2.905

Kaynak: TÜİK, 2019.

Tablo 19 - İstanbul'un İlçelerinin Nüfusları

Açıklama	Avrupa Yakası	Anadolu Yakası	Toplam
n>1.000.000	0	0	0
500.000<n<1.000.000	5	4	9
100.000<n<500.000	19	8	27
50.000<n<100.000	1	0	1
25.000<n<50.000	0	1	1
10.000<n<25.000	0	1	1
Toplam	25	14	39

Kaynak: TÜİK, 2019.

Tablo 20 - İstanbul'un Yakalarının Nüfusu

Açıklama	Avrupa Yakası	Anadolu Yakası	Toplam
n>1.000.000	0	0	0
500.000<n<1.000.000	3.638.149	2.467.315	6.105.464
100.000<n<500.000	6.355.750	2.931.405	9.287.155
50.000<n<100.000	73.718	0	73.718
25.000<n<50.000	0	37.692	37.692
10.000<n<25.000	0	15.238	15.238
Toplam	10.067.617	5.451.650	15.519.267
İstanbul Nüfusuna Oranı %	65	35	100

Kaynak: TÜİK, 2019.

Anadolu yakasında nüfus yoğunluğu en düşük 5 ilçe sıralı olarak Şile, Beykoz, Adalar, Çekmeköy ve Tuzla ilçeleridir. Bu ilçelerin nüfus yoğunlukları, Anadolu yakasında bulunan diğer ilçelerden çok daha düşüktür. İstanbul ilçelerinin detaylı korunan alan listesine erişilememiştir. Bu veri, ilçelerdeki kullanılabilir alanın tespiti açısından önemlidir. Beykoz ilçesinin yarısından büyük bölümünün koruma altında olduğu bilinmektedir. İstanbul ilçelerinin Şile ve Adalar belediyelerinin nüfusları 38 bin ve 15 bindir. Bütün bu veriler düşünüldüğü zaman nüfus kriteri açısından Anadolu yakasında işleme tesisi kurmaya en elverişli iki ilçe Çekmeköy ve Tuzla'dır.

Tablo 21 - Anadolu Yakası İlçelerinin Nüfus ve Yüzölçümleri

No	İlçe	Nüfus	Oran	Yüzölçümü (km ²)	Oran	Nüfus Yoğ. kişi/km ²
Anadolu Yakası						
1	Şile	37.692	0,2%	781,7	14,6%	48
2	Beykoz	248.260	1,6%	310,4	5,8%	800
3	Adalar	15.238	0,1%	11,1	0,2%	1.379
4	Çekmeköy	264.508	1,7%	148,1	2,8%	1.786
5	Tuzla	267.400	1,7%	123,6	2,3%	2.163
6	Pendik	711.894	4,6%	180,0	3,4%	3.955
7	Sancaktepe	436.733	2,8%	62,4	1,2%	6.997
8	Maltepe	513.316	3,3%	53,0	1,0%	9.691
9	Sultanbeyli	336.021	2,2%	29,1	0,5%	11.547
10	Kartal	470.676	3,0%	38,5	0,7%	12.213
11	Üsküdar	531.825	3,4%	35,3	0,7%	15.053
12	Ümraniye	710.280	4,6%	45,3	0,8%	15.676
13	Ataşehir	425.094	2,7%	25,2	0,5%	16.869
14	Kadıköy	482.713	3,1%	25,1	0,5%	19.239
Alt Toplam		5.451.650	35,1%	1.869	35,0%	2.917

Kaynak: TÜİK, 2019.

Avrupa yakasında nüfus yoğunluğu en düşük ilçeler sıralı olarak Çatalca, Silivri, Arnavutköy, Eyüpsultan, Büyükçekmece ve Sarıyer'dir. Korunan alan verileri, bu yaka için de temin edilemediği için, bu 6 ilçe de işleme tesisi kurmaya elverişli olarak düşünülebilir.

Tablo 22 - Avrupa Yakası İlçelerinin Nüfus ve Yüzölçümleri

No	İlçe	Nüfus	Oran	Yüzölçümü (km2)	Oran	Nüfus Yoğ. kişi/km2
Avrupa Yakası						
1	Çatalca	73.718	0,5%	1115,1	20,9%	66
2	Silivri	193.680	1,2%	869,5	16,3%	223
3	Arnavutköy	282.488	1,8%	450,4	8,4%	627
4	Eyüpsultan	400.513	2,6%	228,4	4,3%	1.753
5	Büyükçekmece	254.103	1,6%	139,2	2,6%	1.826
6	Sarıyer	347.214	2,2%	175,4	3,3%	1.980
7	Başakşehir	460.259	3,0%	104,3	2,0%	4.413
8	Bakırköy	229.239	1,5%	29,6	0,6%	7.734
9	Beylikdüzü	352.412	2,3%	37,8	0,7%	9.328
10	Beşiktaş	182.649	1,2%	18,0	0,3%	10.142
11	Avcılar	448.882	2,9%	42,0	0,8%	10.685
12	Sultangazi	534.565	3,4%	36,3	0,7%	14.726
13	Küçükçekmece	792.821	5,1%	37,5	0,7%	21.119
14	Esenyurt	954.579	6,2%	43,1	0,8%	22.133
15	Esenler	450.344	2,9%	18,4	0,3%	24.435
16	Zeytinburnu	293.574	1,9%	11,6	0,2%	25.330
17	Şişli	279.817	1,8%	10,7	0,2%	26.127
18	Beyoğlu	233.323	1,5%	8,9	0,2%	26.187
19	Fatih	443.090	2,9%	15,6	0,3%	28.421
20	Bayrampaşa	274.735	1,8%	9,6	0,2%	28.588
21	Kağıthane	448.025	2,9%	14,9	0,3%	30.129
22	Bağcılar	745.125	4,8%	22,4	0,4%	33.324
23	Bahçelievler	611.059	3,9%	16,6	0,3%	36.766
24	Güngören	289.441	1,9%	7,2	0,1%	40.144
25	Gaziosmanpaşa	491.962	3,2%	11,8	0,2%	41.834
Alt Toplam		10.067.617	64,9%	3.474	65,0%	2.898

Kaynak: TÜİK, 2019.

İşgücü ve İşsizlik

Türkiye ve İstanbul'da son 5 yıl içerisinde işsizlik artmaktadır. İstanbul'da 2014 yılında 685 bin kişi olan işsiz sayısı, 2019'da 1 milyona ulaşmıştır. Yatırımın yapılması bu işsizliğin azaltılmasına katkı sağlayacaktır.

Tablo 23 - Türkiye ve İstanbul'da 15-64 Yaş Grubu İşgücü ve İşsizlik Verileri (milyon kişi)

Coğrafya	Açıklama	2014	2015	2016	2017	2018	2019
İstanbul	İşgücü	5.738	6.041	6.371	6.519	6.633	6.706
	İşsiz	685	782	861	909	831	1.005
	İşsizlik Oranı	12%	13%	14%	14%	12%	15%
Türkiye	İşgücü	28.098	28.929	29.773	30.822	31.400	31.672
	İşsiz	2.839	3.039	3.310	3.437	3.513	4.442
	İşsizlik Oranı	10%	11%	11%	11%	11%	14%

Kaynak: TÜİK, 2019.

Eğitim Durumu

İstanbul'un eğitim düzeyi son 2014-2019 yılları arasında olumlu gelişme göstermiştir. Doktoralı, yüksek lisanslı ve lisanslı insan sayısı önemli artış göstermiştir. Yüksekokul veya fakülte derecesi sahiplerinin oranı, 2014 yılında %15'den 2019 yılında %20'ye yükselmiştir. Aynı dönemde lise ve dengi meslek okullarının oranı da %24'ten %26'ya çıkmıştır.

Tablo 24 - İstanbul'da 15+ Yaş Grubunun Eğitim Düzeyi

Eğitim Durumu	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Doktora	0,39%	0,39%	0,40%	0,46%	0,46%	0,46%
Yüksek Lisans (5 veya 6 Yıllık Fakülteler Dahil)	1,7%	1,8%	1,9%	2,3%	2,6%	2,7%
Yüksekokul veya Fakülte	15%	17%	18%	18%	19%	20%
Lise ve Dengi Meslek Okulu	24%	24%	24%	24%	25%	26%
Ortaokul veya Dengi Meslek Ortaokul	9%	11%	13%	13%	14%	19%
İlköğretim	18%	15%	14%	14%	14%	9%
İlkokul	23%	22%	21%	21%	18%	18%
Okuma Yazma Bilen Fakat Bir Okul Bitirmeyen	4%	4%	3%	3%	3%	3%
Okuma Yazma Bilmeyen	3%	3%	3%	2%	2%	2%
Bilinmeyen	2%	1%	1%	1%	1%	1%
Toplam	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Kaynak: TÜİK, 2019.

İstanbul'un eğitim düzeyi Türkiye ortalamasının üzerinden bulunmaktadır. Türkiye'de 2019 yılında Yüksekokul veya fakülte derecesi sahiplerinin oranı %16 iken, aynı oran İstanbul için %20'dir. Lise ve dengi meslek okullarının oranı da Türkiye için %25, İstanbul için %26'dır. Bu veri, İstanbul'un, yüksekokul ve fakülte eğitimi gerektiren nitelikli işlere uygun bir şehir olduğunu göstermektedir.

Çalışmada önerilen ilçelerden Tuzla Türkiye ve İstanbul ortalamalarının üzerinde bir eğitim durumuna sahipken, Silivri'de lise ve üzeri eğitime sahip insanların oranı Türkiye ortalamasının altında kalmıştır.

PCB işleme tesisinde ihtiyaç duyulan işgücünün büyük bir bölümü eğitim sahibi kişiler oluşmalıdır. Tesiste yoğun bir kimyasal madde kullanımı olacak olup, ayrıca tesisteki ekipmanların bir bölümü oldukça hassas olup, lisans mezunu kişilerin çalışmasına daha uygundur. İşleme tesislerinin, elde edilen platin grubu, altın ve gümüş gibi kıymetli madenleri korumak üzere silahlı güvenlik görevlisi çalıştırması gerekecektir. Bu görevlilerin de sertifika alabilmek için en az lise mezunu olmaları şarttır.

Tablo 25 - Türkiye, İstanbul, Silivri ve Tuzla'da 15 ve Üzeri Yaş Grubunun Eğitim Düzeyi (2019)

Eğitim Durumu	Türkiye	İstanbul	Silivri	Tuzla
Doktora	0,34%	0,46%	0,21%	0,44%
Yüksek Lisans (5 veya 6 Yıllık Fakülteler Dahil)	1,7%	2,7%	1,6%	2,9%
Yüksekokul veya Fakülte	16%	20%	15%	22%
Lise ve Dengi Meslek Okulu	25%	26%	23%	28%
Ortaokul veya Dengi Meslek Ortaokul	20%	19%	22%	19%
İlköğretim	9%	9%	11%	10%
İlkokul	20%	18%	22%	14%
Okuma Yazma Bilen Fakat Bir Okul Bitirmeyen	4%	3%	3%	2%
Okuma Yazma Bilmeyen	3%	2%	1%	2%
Bilinmeyen	1%	1%	1%	1%
Toplam	100%	100%	100%	100%

Kaynak: TÜİK, 2019.

4. FİNANSAL ANALİZ

Yürütülen ön fizibilite çalışması, atık baskılı devre kartları geri dönüşümü alanında Türkiye'de ve İstanbul'da büyük bir tesis açığı olduğunu ve bu alanda yapılacak yatırımların oldukça karlı olduğunu öne sürmektedir. Çalışmada tesisin on yıllık döngüsü çalışılmıştır.

Türkiye'de halihazırda faal PCB tesisi olmaması, raporda yer alan hesaplamaların varsayımlara dayalı olarak oluşturulmasını zorunlu tutmuştur. Bu bağlamda raporda çok sayıda varsayım kullanılmıştır. Bu varsayımların belirlenmesinde uluslararası ve yerel kaynaklarla uzman görüşlerinden faydalanılmıştır.

Amortisman hesabı tesisin vergi yükünün hesaplanması açısından oldukça önemlidir. Yatırımcıların her bir ekipmanlarının amortisman süresini ayrı hesaplayarak dikkate almaları gerekmektedir. Bu çalışmada ortalama amortisman süresi yedi yıl kabul edilmiştir.

4.1 Sabit Yatırım Tutarı

Tesis için 5.000.000 \$ yatırım yapılması öngörülmektedir. Bu yatırımlar:

- o Ön İşlem Ekipmanı
- o Ara İşlem Ekipmanı
- o Son İşlem Ekipmanı

- o Atık Su Arıtımı Ünitesi
- o Analiz Ünitesi
- o Diğer Ekipman

Ekipmanları olarak sıralanabilir. İlgili ekipmanlara ilişkin bilgilere Bölüm 3.2.2’de yer verilmektedir.

Finansal hesaplamada kurulacak tesis için kiralanacak alanın, kurulacak tesise uygun kapalı alanının bulunması ve tır girişine uygun olması dikkate alınmıştır. Tesis için sabit bir alanın satın alınarak, inşaat projesi yürütülmesi de bir yöntem olabilir. Bu tesislerin, mevcut AEEE işleme tesislerinin kendi tesisleri içerisinde kurması da söz konusu olabilir ve en maliyet etkin çözüm olabilir. Bu açıdan bir inşaat maliyeti öngörülmemiştir ve bu yer gideri hesaplamaya dahil edilmek için kiralama maliyeti dikkate alınmıştır.

Tablo 26 - PCB İşleme Tesis Genel Bilgileri ve Sabit Maliyetleri

No	Açıklama	Birim	Değer	Not
I	GENEL			
II	Yıllık Kapasite	[t / yıl]	660	= III x IV
III	Günlük Kapasite	[t / gün]	3	
IV	Yıllık Çalışılan Gün	[t / yıl]	220	Tesisin yılda 220 gün çalışacağı varsayılmıştır.
V	Tesisin Faydalı Ömrü	[yıl]	10	
VI	Makine ve Ekipman Yatırımı	[\$]	5.000.000 ⁸	
VII	Ön İşlem Ekipmanı	[\$]		Tesisin toplam fiyatı alınmış, münferit makina/teçhizat için detaylı fiyat bilgisine ulaşılamamıştır.
VIII	Ara İşlem Ekipmanı	[\$]		
IX	Son İşlem Ekipmanı	[\$]		
X	Atık Su Arıtımı Ünitesi	[\$]		
XI	Analiz Ünitesi	[\$]		
XII	Diğer Ekipman	[\$]		
XIII	Yıllık Amortisman Bedeli	[\$ / yıl]	714.286	= VI / XIV
XIV	Varsayılan Ortalama Amortisman Yılı	[yıl]	7	
XV	TESİS SABİT MALİYETLERİ			
XVI	Yıllık Bakım Maliyeti	[\$ / yıl]	250.000	= VI x XVII
XVII	Bakım oranı	[%]	5%	
XVIII	Toplam İşçilik maliyetleri	[\$ / yıl]	214.118	= XIX x XX x 13 (Yıllık 13 ay olarak hesaplanmıştır; 12 ay + 1 ay kıdem)

⁸ Pazar Araştırması Sonucu

No	Açıklama	Birim	Değer	Not
XIX	Aylık işçi maliyeti	[\$ / ay]	824	Ortalama işçi maliyeti, asgari ücretli işçi maliyetinin 2 katı olarak dikkate alınmıştır.
XX	İşçi sayısı	[kişi]	20	Günde 2 vardiya, her vardiyada 10 işçi
XXI	Diğer tesis yıllık sabit maliyetleri	[\$ / yıl]	10.000	

Kaynak: REC Turkey, 2020.

4.2 Sabit Yatırımın Geri Dönüş Süresi

Yatırımın iskontolu geri dönüş süresi olarak 4,36 yıl olarak hesaplanmıştır. Yatırımın karlılığı kıymetli metal fiyatları ile son derece ilişkili olarak oluşmaktadır. Kıymetli metal fiyatları olarak, son 5 yılın en düşük değerlerinin dikkate alınması durumunda, yatırımın iskontolu geri dönüş süresi 8 yıla çıkacak, karlılık endeksi de 1,5'e düşecekti. Bu hesaplamada herhangi bir teşvik dikkate alınmamıştır.

5. ÇEVRESEL VE SOSYAL ETKİ ANALİZİ

5.1 Çevresel Etkiler

Bu raporda odaklanılan atık PCB'lerin içerdiği metallerin ekonomik değeri dışında bu atıkların doğru yönetilmesini zorunlu kılan farklı boyutlar bulunmaktadır. Bunların başında çevre ve insan sağlığı gelmektedir. Atık PCB'ler uygun şekilde bertaraf edilmediği durumlarda, içerdikleri zararlı kimyasallar ve ağır metaller (kurşun, cıva, kadmiyum vb.), su, hava ve toprak kirliliğine yol açmakta dolayısıyla toplum sağlığı için tehdit oluşturmaktadır. EEE'lerde yaygın olarak kullanılan kurşun, cıva, kadmiyum ve alev geciktirici maddeler, EEE'lerde izin verilen ve uygun görülen limit değerleri aştığı zaman, söz konusu atıkların "tehlikeli atık" statüsüne geçmesine sebep olmaktadır.

Ayrıca bertaraf edilmediğinde ya da uygunsuz bertaraf sonucu ortaya çıkan sera gazları ve ozon tabakasını incelten maddeler, iklim değişikliği ve ozon tabakası üzerindeki olumsuz etkiyi artırmaktadır.

AEEE geri dönüşümü, madenlerden işlenmemiş malzemeleri çıkarmaktan çok daha az enerjiye ihtiyaç duymaktadır ve dolayısıyla daha az sera gazı salımı üretmektedir (bkz. Tablo 27). Örneğin 1 kg altını edebilmek için, yaklaşık 214 bin MJ enerjiye ihtiyaç duyulurken, aynı miktarda altını geri dönüşümden elde etmek için yaklaşık 8 bin MJ enerji yeterlidir. Bu madende ihtiyaç duyulan enerjinin yaklaşık %4'ü kadardır. 2015 yılında dünyada elektronik atıkların geri dönüştürülmesinden yaklaşık 157.250 Terajoule enerji tasarrufu ve 7,85 milyon ton CO2 azaltımı sağlanmıştır (MC365, 2020).

Tablo 27 - Geleneksel Madencilik ve Şehir Madenciliği (AEEE Geri Dönüşümü) Enerji Tüketimi Karşılaştırması

	Ürünler	Geleneksel Madencilik (MJ/Kg)	Şehir Madenciliği (MJ/Kg)
Temel Metaller	Bakır	32,19	0,01
	Alüminyum	139,58	6,13
	Demir	79,97	5,62
Kıymetli Metaller	Altın	214.334,00	8.509,03
	Gümüş	1.459,00	145,78
	Paladyum	183.737,00	4.456,95

Kaynak: MC365, 2020.

Diğer taraftan, atık PCB geri dönüşümünün odak noktası sadece kıymetli metallerin geri kazanım oranı değil, geri dönüşüm sonucu ortaya çıkacak emisyonlar da olmalıdır. Bu nedenle atık PCB yönetimindeki emisyonlar, atık PCB'lerden kaynaklı birincil kirlilik ve arıtma veya geri dönüşüm süreci sırasında ortaya çıkan ikincil kirlilik olarak ikiye ayrılabilir. Birincil kirlilik için Cu, Pb, Hg, Cd ve Be gibi ağır metaller temel endişe kaynağıdır. Bu atıklar, uygun şekilde bertaraf edilmeden çöp sahalarında depolanması sonucu sızıntı suyu yoluyla veya uygun şekilde saflaştırmadan yakma veya bazı pirometalurjik geri dönüşüm teknikleri sonucu gaz olarak çevre ve insan sağlığına zarar verebilirler. Toplumun dikkati genel olarak NOx, SOx veya VOC emisyonları üzerindeyken, bazı kirlileti türleri (PBDD/F'ler, PCDD/F'ler, Br ve HBr) göz ardı edilmektedir. Atık PCB'lerdeki Br konsantrasyonu, Bromlu Alev Geciktiricilerin (BFR) eklenmesinden dolayı nispeten yüksektir (yaklaşık %4). BFR'lerin ayrışması geri dönüşüm sürecinde meydana gelirken, Br hala HBr, bromometan ve bromofenol dahil olmak üzere çeşitli Br veya bromorganik bileşikler şeklinde kalmaktadır. Ancak araştırmalar, Br'nin, özellikle HBr'nin, sağlık sorunlarına neden olabileceği ve insan vücudunda birikmesi ve bozunması zor olması nedeniyle insan sağlığı üzerinde oldukça zararlı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, tam bir geri dönüşüm ve bertarafa ulaşmak için tüm emisyonlar, atık PCB geri dönüşüm tekniklerinin çevresel etkisinin nihai hedefidir (Kaya, 2019).

5.2 Sosyal Etkiler

Özellikle az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde AEEE'lerin içinde bulunan değerli hammaddeleri standart altı yöntemlerle elde eden sokak toplayıcıları ve lisanssız tesisler informal bir sektör oluşturmuştur. Bu sektörde sağlıksız koşullarda çalışanlar ağır metal ve diğer tehlikeli kimyasallara maruz kalmakta, ciddi sağlık sorunları yaşamaktadırlar. Bugün, küresel AEEE sektöründe gayri resmi çalışanların sayısı bilinmemektedir. Bir gösterge olarak, Nijerya'da 100.000, Çin'de ise 690.000 kişinin bu şekilde çalıştığı düşünülmektedir (WEF, 2019). AEEE yönetiminin sosyal boyutu olarak karşımıza çıkan bu durumu AEEE sektörünün yaratabileceği yeni istihdam olanakları ile çözmek mümkündür.

AEEE'lerin yönetiminde kayıt-dışı oranı küresel ölçekte olduğu gibi ülkemizde de çok yüksektir. Ülkemizde oluşan AEEE'lerin çok az bir bölümünün belediye atık depolama sahalarında son bulduğu, büyük çoğunluğunun gayri-resmi unsurlar tarafından toplandığı bilinmektedir. Genel olarak, küçük dağıtıcılar ve ikinci el satıcıları, AEEE'lerin önemli bir bölümünü bedelsiz olarak toplamakta ya da gayri resmi olarak satın almakta, ardından da lisanssız işleme tesislerine (hurdacı) satılmaktadırlar. AEEE'lerin küçük bir kısmı da sokak toplayıcıları tarafından toplanmakta ve yine hurdacılara satılmaktadır. Her iki durumda da AEEE'ler büyük oranda hurdacılar tarafından işlenmektedir (bkz. Şekil 18). Bu durum AEEE yönetimine olumsuz etki ederek, sistemin düzgün çalışmamasına sebep olmaktadır. Ancak, zaman

KAYNAKLAR

Raporun yayımlandığı tarih itibarıyla tüm elektronik referanslara çevrimiçi olarak erişilebilmektedir.

Boliden, 2020. One of the largest recycler of electronic material, Boliden Group, <https://www.boliden.com/sustainability/case-studies/largest-electronic-material-recycler-in-the-world> adresinden alınmıştır.

ÇŞB, 2020. İzin Lisans ve Geçici Faaliyet Belgesi Alan İşletmeler, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, <https://eizin.cevre.gov.tr/Rapor/BelgeArama.aspx> adresinden alınmıştır.

DOWA, 2016. DOWA Eco-System Expands the Processing Capacity, DOWA Holdings Co., Ltd. https://ir.dowa.co.jp/en/ir/news/news5834245851886721076/main/0/teaserItems1/02/linkList/0/link/release160331_e.pdf adresinden alınmıştır.

EC, 2012. Directive 2012/19/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on waste electrical and electronic equipment (WEEE), European Commission, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0019&from=EN> adresinden alınmıştır.

EMAK, 2020. Precious Metal Refining Systems for E-waste, EMAK Refining & Recycling, <http://www.emakmakina.com/site/assets/files/1118/e-waste-2015-1.pdf> adresinden alınmıştır.

Hennemann, 2020. Atık PCB'ler için Güncel Fiyat Listesi (21.08.2020), Hennemann Entsorgung - Recycling

İSTKA, 2017. İstanbul Rekabet Endeksi 2017, İstanbul Kalkınma Ajansı, <https://www.istka.org.tr/haberler/istanbul-un-en-rekabetci-ilceleri-sisli-ve-kadikoy/> adresinden alınmıştır.

İÜ, 2012. İstanbul Rekabet Endeksi 2017, İstanbul Üniversitesi

İÜ, 2020. İller Arası Rekabet Endeksi 2018-2019, İstanbul Üniversitesi Şehir Politikaları Uygulama ve Araştırma Merkezi, <http://cdn.istanbul.edu.tr/FileHandler2.ashx?f=iller-arasi-rekabet-endeksi-2018-2019-raporu-aciklandi.pdf> adresinden alınmıştır.

Tickner, J., Rajarao, R., Lovric, B. Ganly B., Sahajwalla V., 2016. Measurement of Gold and Other Metals in Electronic and Automotive Waste Using Gamma Activation Analysis. J. Sustain. Metall., <https://link.springer.com/article/10.1007/s40831-016-0051-y> adresinden alınmıştır.

Kaya, M., 2019. Electronic Waste and Printed Circuit Board Recycling Technologies, The Minerals, Metals & Materials Series, <https://www.springer.com/gp/book/9783030265922> adresinden alınmıştır.

MC365, 2020. Elektronik Atıklardan Değerli Metallerin Geri Kazanımı, Pilot Tesis Yatırım Projesi Sunumu, MC365 Metal Rafineri A.Ş.

NA, 2017. Japanese companies digging for gold in urban waste, Nikkei Asia, <https://asia.nikkei.com/Business/Japanese-companies-digging-for-gold-in-urban-waste> adresinden alınmıştır.

Nakamura T., 2018. Smelting Technologies for E-scrap in Japan, Workshop 2018 of the Asian Network for Prevention Illegal Transboundary Movement of Hazardous Wastes, http://www.env.go.jp/en/recycle/asian_net/Annual_Workshops/2018_PDF/Day2_KeynoteLecture/22Day2_KL_01_ANWS2018.pdf adresinden alınmıştır.

REC, 2016. Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği Belediye Uygulama Rehberi, Bölgesel Çevre Merkezi, https://recturkey.files.wordpress.com/2016/11/AEEE_rehberi.pdf adresinden alınmıştır.

Rocchetti L., Amato A., Beolchini, F., 2018. Printed circuit board recycling: A patent review, Journal of Cleaner Production 178. https://www.researchgate.net/publication/322423919_Printed_circuit_board_recycling_A_patent_review adresinden alınmıştır.

RT, 2013. Indian E-Scrap Recycler Adds Singapore Locations, Recycling Today, <https://www.recyclingtoday.com/article/cerebra-cimelia-india-singapore/> adresinden alınmıştır.

SM, 2020. Environmental Benefits Through Effective Resource Management, Stena Metall, <https://www.stenametall.com/sustainability/environmental-benefits-through-effective-resource-management/> adresinden alınmıştır.

TMR, 2018. E-Scrap and Printed Circuit Board (PCB) E-Scrap Market Insights, Trends & Growth Outlook, Transparency Market Research, <https://www.transparencymarketresearch.com/pressrelease/e-scrap-printed-circuit-board-e-scrap-market.htm> adresinden alınmıştır.

TUCN, 2019. Advanced Recovery Techniques for Waste Materials from IT and Telecommunication Equipment Printed Circuit Boards, Technical University of Cluj-Napoca, https://www.researchgate.net/publication/338124020_Advanced_Recovery_Techniques_for_Waste_Materials_from_IT_and_Telecommunication_Equipment_Printed_Circuit_Boards adresinden alınmıştır.

UN HABITAT, 2020. Global Urban Competitiveness Report (2019-2020), United Nations Human Settlements Programme, https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/10/global_urban_competitiveness_report_2019-2020_the_world_300_years_of_transformation_into_city.pdf adresinden alınmıştır.

UNU, 2017. The Global E-waste Monitor 2017, United Nations University, <https://www.itu.int/en/ITU-D/Climate-Change/Documents/GEM%202017/Global-E-waste%20Monitor%202017%20.pdf> adresinden alınmıştır.

UNU, 2020. The Global E-waste Monitor 2020, United Nations University, http://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/07/GEM_2020_def_july1_low.pdf adresinden alınmıştır.

URT, 2020. Guide Price Offer for Shredding Plant for PCBs, UNTHA, Recycling GmbH

WEF, 2019. A New Circular Vision for Electronics, The Platform for Accelerating the Circular Economy, http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf adresinden alınmıştır.

Ek-1: Fizibilite Çalışması için Gerekli Olabilecek Analizler

Yatırımcı tarafından hazırlanacak detaylı fizibilitede, aşağıda yer alan analizlerin asgari düzeyde yapılması ve makine-teçhizat listesinin hazırlanması önerilmektedir.

- **Ekonomik Kapasite Kullanım Oranı (KKO)**

Sektörün mevcut durumu ile önümüzdeki dönem için sektörde beklenen gelişmeler, firmanın rekabet gücü, sektördeki deneyimi, faaliyete geçtikten sonra hedeflediği üretim-satış rakamları dikkate alınarak hesaplanan ekonomik kapasite kullanım oranları tahmini tesis işletmeye geçtikten sonraki beş yıl için yapılabilir.

Ekonomik KKO= Öngörülen Yıllık Üretim Miktarı /Teknik Kapasite

- **Üretim Akım Şeması**

Fizibilite konusu ürünün bir birim üretilmesi için gereken hammadde, yardımcı madde miktarları ile üretimle ilgili diğer prosesleri içeren akım şeması hazırlanacaktır.

- **İş Akış Şeması**

Fizibilite kapsamında kurulacak tesisin birimlerinde gerçekleştirilecek faaliyetleri tanımlayan iş akış şeması hazırlanabilir.

- **Toplam Yatırım Tutarı**

Yatırım tutarını oluşturan harcama kalemleri yıllara sari olarak tablo formatında hazırlanabilir.

- **Tesis İşletme Gelir-Gider Hesabı**

Tesis işletmeye geçtikten sonra tam kapasitede oluşturmaları öngörülen yıllık gelir gider hesabına yönelik tablolar hazırlanabilir.

- **İşletme Sermayesi**

İşletmelerin günlük işletme faaliyetlerini yürütebilmeleri bakımından gerekli olan nakit ve benzeri varlıklar ile bir yıl içinde nakde dönüşebilecek varlıklara dair tahmini tutarlar tablo formunda gösterilebilir.

- **Finansman Kaynakları**

Yatırım için gerekli olan finansal kaynaklar; kısa vadeli yabancı kaynaklar, uzun vadeli yabancı kaynaklar ve öz kaynakların toplamından oluşmaktadır. Söz konusu finansal kaynaklara ilişkin koşullar ve maliyetler belirtilebilir.

- **Yatırımın Kârlılığı**

Yatırımı değerlendirmede en önemli yöntemlerden olan yatırımın kârlılığının ölçümü aşağıdaki formül ile gerçekleştirilebilir.

Yatırımın Kârlılığı= Net Kâr / Toplam Yatırım Tutarı

- [Nakit Akım Tablosu](#)

Yıllar itibariyle yatırımda oluşması öngörülen nakit akışını gözlemek amacıyla tablo hazırlanabilir.

- [Geri Ödeme Dönemi Yöntemi](#)

Geri Ödeme Dönemi Yöntemi kullanılarak hangi dönem yatırımın amorti edildiği hesaplanabilir.

- [Net Bugünkü Değer Analizi](#)

Projenin uygulanabilir olması için, yıllar itibariyle nakit akışlarının belirli bir indirgeme oranı ile bugünkü değerinin bulunarak, bulunan tutardan yatırım giderinin çıkarılmasıyla oluşan rakamın sıfıra eşit veya büyük olması gerekmektedir. Analiz yapılırken kullanılacak formül aşağıda yer almaktadır.

$$NBD = \sum_{t=0}^n (NAt / (1+k)^t)$$

NAt : t. Dönemdeki Nakit Akışı

k: Faiz Oranı

n: Yatırımın Kapsadığı Dönem Sayısı

- [Cari Oran](#)

Cari Oran, yatırımın kısa vadeli borç ödeyebilme gücünü ölçer. Cari oranın 1,5-2 civarında olması yeterli kabul edilmektedir. Formülü aşağıda yer almaktadır.

Cari Oran = Dönen Varlıklar/ Kısa Vadeli Yabancı Kaynaklar

Likidite Oranı, yatırımın bir yıl içinde stoklarını satamaması durumunda bir yıl içinde nakde dönüşebilecek diğer varlıklarıyla kısa vadeli borçlarını karşılayabilme gücünü gösterir. Likidite Oranının 1 olması yeterli kabul edilmektedir. Formülü aşağıda yer almaktadır.

Likidite Oranı= (Dönen Varlıklar-Stoklar)/Kısa Vadeli Yabancı Kaynaklar

Söz konusu iki oran, yukarıdaki formüller kullanılmak suretiyle bu bölümde hesaplanabilir.

- [Başabaş Noktası](#)

Başabaş noktası, bir firmanın hiçbir kar elde etmeden, zararlarını karşılayabildiği noktayı/seviyeyi belirtir. Diğer bir açıdan ise bir firmanın, giderlerini karşılayabildiği nokta da denilebilir. Başabaş noktası birim fiyat, birim değişken gider ve sabit giderler ile hesaplanır. Ayrıca sadece sabit giderler ve katkı payı ile de hesaplanabilir.

Başabaş Noktası = Sabit Giderler / (Birim Fiyat-Birim Değişken Gider)

Ek-2: Yerli/İthal Makine-Teçhizat Listesi

İthal Makine / Teçhizat Adı	Miktarı	Birimi (Adet, kg, m ³ vb.)	F.O.B. Birim Fiyatı (\$)	Birim Maliyeti (KDV Hariç, TL)	Toplam Maliyet (KDV Hariç, TL)	İlgili Olduğu Faaliyet Adı

Yerli Makine / Teçhizat Adı	Miktarı	Birimi (Adet, kg, m ³ vb.)	Birim Maliyeti (KDV Hariç, TL)	Toplam Maliyeti (KDV Hariç, TL)	İlgili Olduğu Faaliyet Adı



Asmalı Mescit Mah. İstiklal Caddesi No:142, Odakule Kat:6-7-8 Beyoğlu 34430 İstanbul

Tel.: +90 212 468 34 00 - Faks: +90 212 468 34 44

E-Posta: iletisim@istka.org.tr | www.istka.org.tr

Kalkınma Ajansı Yayınları Bedelsizdir, Satılamaz