

**TÜRKİYE’DE BEYAZ EŞYA SEKTÖRÜNDE  
DÖNGÜSEL EKONOMİ YAKLAŞIMLARI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Muratcan BAŞKURT**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Çevre Bilimleri Mühendisliği ve Yönetimi Programı**

**TEMMUZ 2020**



**TÜRKİYE’DE BEYAZ EŞYA SEKTÖRÜNDE  
DÖNGÜSEL EKONOMİ YAKLAŞIMLARI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Muratcan BAŞKURT  
(501171723)**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Çevre Bilimleri Mühendisliği ve Yönetimi Programı**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Mahmut Ekrem KARPUZCU**

**TEMMUZ 2020**



İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501171723 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Muratcan BAŞKURT, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “TÜRKİYE’DE BEYAZ EŞYA SEKTÖRÜNDE DÖNGÜSEL EKONOMİ YAKLAŞIMLARI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** **Dr. Öğr. Üyesi Mahmut Ekrem KARPUZCU** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** **Doç. Dr. Evren Erşahin** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Doç. Dr. Hatice İnan** .....  
Gebze Teknik Üniversitesi

**Teslim Tarihi** : 15 Haziran 2020  
**Savunma Tarihi** : 20 Temmuz 2020





*Anneme,*





## ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmalarım süresince her türlü bilgi ve tecrübesini benimle paylaşan, hiçbir desteğini esirgemeyen, beni her zaman yönlendiren ve cesaretlendiren, yeni ufuklar açan değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ekrem Karpuzcu'ya en içten duygularıyla teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam boyunca yönlendirmeleriyle çok değerli katkılarını sunan Arçelik ailesine; başta Kalite, Sürdürülebilirlik ve Resmi İlişkiler Direktörü Fatih Özkadı olmak üzere, Sürdürülebilirlik Yöneticisi Özlem Ünlüer'e, Çevre Yöneticisi Zeynep Özbek'e, Şebnem Tantan'a, Elif Özkan'a çok teşekkür ederim.

Ortaokul başlangıcından beri, her daim yanımda olan, kardeşten öte gördüğüm değerli arkadaşlarım Buğçe Büçkün, Emre Küçükkahveci, Bahar Özkan, Caner Kayacı'ya, Gökçe Bekar'a en zor zamanlarımda beni cesaretlendirdikleri ve yanımda oldukları için çok teşekkür ederim.

Üniversite yıllarım boyunca her anımda yanımda olan, tez sürecimde bilgi ve tecrübeleriyle bana destek olan ve cesaretlendiren değerli arkadaşlarım Nur Eriş, Esra Binici, Eda Ceylan, Begüm ve Betül Samancı'ya ve Emre Özer'e çok teşekkür ederim. Ayrıca, uzak mesafeleri yakın eden, yurtdışında olmasına rağmen sürekli destek olan Merve Özdemir ve Gökçe Uyar'a minnettarım.

Tüm süreçte en büyük destekçim, en büyük yol arkadaşım olan; beni bugünlere getiren, hayatımda gördüğüm en cesur, en eğlenceli, en yol gösterici, en içten, en samimi kişiye; anneme çok teşekkür ederim. Anneannem Nurten Tınaz ve dedem Ali Tınaz'a her zaman yanımda oldukları için teşekkür ederim. En zor zamanlarımda yanımda olduklarını hissettiren Eylül Arısoy, Mine Arısoy, Ufuk Kasapoğlu, Ercüment Usluer, Fatoş Usluer, Özlem Toprak, Berna Arkun, İpek Arkun, Ahmet Arkun, Meryem Kadioğlu, Elife Alpan'a sonsuz teşekkürler.

Temmuz 2020

Muratcan BAŞKURT  
(Çevre Mühendisi)



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                                                                              |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| ÖNSÖZ.....                                                                                                   | vii   |
| İÇİNDEKİLER.....                                                                                             | ix    |
| KISALTMALAR.....                                                                                             | xi    |
| SEMBOLLER.....                                                                                               | xiii  |
| ÇİZELGE LİSTESİ.....                                                                                         | xv    |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                                                                           | xvii  |
| ÖZET.....                                                                                                    | xix   |
| SUMMARY.....                                                                                                 | xxiii |
| 1. GİRİŞ.....                                                                                                | 1     |
| 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....                                                                                | 5     |
| 2.1 Döngüsel Ekonomi Modeli.....                                                                             | 5     |
| 2.1.1 Genel tanımlar ve prensipler.....                                                                      | 5     |
| 2.1.2 Döngüsel ekonomi ile ilgili mevzuatlar.....                                                            | 7     |
| 2.1.2.1 Enerji etiketi regülasyonu.....                                                                      | 7     |
| 2.1.2.2 Avrupa Birliği Komisyonu döngüsel ekonomi aksiyon planı ve<br>Avrupa yeni yeşil düzen anlaşması..... | 9     |
| 2.1.2.3 Atık yönetimi yönetmeliği.....                                                                       | 10    |
| 2.1.3 Ekonomi modelindeki mevcut durum.....                                                                  | 11    |
| 2.1.4 Döngüsel ekonomi uygulamaları.....                                                                     | 12    |
| 2.1.4.1 Atık poliüretan ile endüstriyel simbiyoz.....                                                        | 15    |
| 2.1.4.2 Gerçek su fiyatının matematiksel modellenmesi.....                                                   | 23    |
| 2.2 Türkiye’de Beyaz Eşya Sektörü ve Önemi.....                                                              | 31    |
| 3. MATERYAL-METOT.....                                                                                       | 35    |
| 3.1 Buzdolabı Üretimi: Atık Poliüretan ile Endüstriyel Simbiyoz.....                                         | 35    |
| 3.2 Döngüsel Ekonomi Entegrasyonu: Gerçek Su Fiyatının Matematiksel<br>Modellenmesi.....                     | 38    |
| 4. BULGULAR – TARTIŞMA.....                                                                                  | 47    |
| 4.1 Gölge Fiyat Metodolojisi Hesaplama Örneği: Sakarya Havzası–Tesis 1<br>(Şebeke+Kuyu suyu).....            | 47    |
| 4.2 Gölge Fiyat Metodolojisi Hesaplama Örneği: Sakarya Havzası–Tesis 2 (Kuyu<br>suyu).....                   | 51    |
| 4.3 Gölge Fiyat Metodolojisi Hesaplama Örneği: Ergene Havzası–Tesis 3 (Şebeke<br>Suyu +Kuyu suyu).....       | 54    |
| 4.4 Gölge Fiyat Metodolojisi Hesaplama Örneği: Ergene Havzası–Tesis 4 (Şebeke<br>suyu).....                  | 58    |
| 5. DÖNGÜSEL EKONOMİ ÜZERİNE MÜŞTERİ ARAŞTIRMA ANKETİ ...                                                     | 63    |
| 5.1 DEA Kişisel Verilerin İşlenmesine İlişkin Aydınlatma Metni.....                                          | 83    |
| 6. SONUÇLAR - ÖNERİLER.....                                                                                  | 85    |
| KAYNAKLAR.....                                                                                               | 91    |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                                                                                | 95    |



## KISALTMALAR

|             |                                      |
|-------------|--------------------------------------|
| <b>ÇM</b>   | : Çamaşır Makinası                   |
| <b>BM</b>   | : Bulaşık Makinası                   |
| <b>KM</b>   | : Kurutma Makinası                   |
| <b>TV</b>   | : Televizyon                         |
| <b>PU</b>   | : Poliüretan                         |
| <b>AAT</b>  | : Atıksu Arıtma Tesisi               |
| <b>EEE</b>  | : Elektrikli ve Elektronik Eşya      |
| <b>AEEE</b> | : Atık Elektrikli ve Elektronik Eşya |
| <b>DEA</b>  | : Döngüsel Ekonomi Anketi            |



## SEMBOLLER

|                          |                     |
|--------------------------|---------------------|
| <b>P</b>                 | : Pompa gücü        |
| <b>Q</b>                 | : Debi              |
| <b>H</b>                 | : Basma yüksekliği  |
| <b><math>\eta</math></b> | : Pompa verimi      |
| <b><math>\rho</math></b> | : Akışkan yoğunluğu |







## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 2.1 : 2019 yılı beyaz eşya ihracat sayıları. ....                                                                                            | 32 |
| Çizelge 2.2 : 2019 yılı beyaz eşya üretim sayıları. ....                                                                                             | 33 |
| Çizelge 3.1 : Aqueduct su stresi değerlendirme sonuçları (I). ....                                                                                   | 40 |
| Çizelge 3.2 : Aqueduct su riski modellemesi sonuçları. ....                                                                                          | 40 |
| Çizelge 3.3 : Aqueduct su stresi değerlendirme sonuçları (II). ....                                                                                  | 42 |
| Çizelge 3.4 : Aqueduct su temininde değişim projeksiyonları (I). ....                                                                                | 42 |
| Çizelge 3.5 : Aqueduct su temininde değişim projeksiyonları (II). ....                                                                               | 43 |
| Çizelge 3.6 : Aqueduct su ihtiyacında değişim projeksiyonları (I). ....                                                                              | 43 |
| Çizelge 3.7 : Aqueduct su ihtiyacında değişim projeksiyonları (I). ....                                                                              | 44 |
| Çizelge 3.8 : Kuyu ve şebeke suyu için belirlenen gölge fiyatlar. ....                                                                               | 44 |
| Çizelge 3.9 : Su hedefleri ve indirim oranları kabulü. ....                                                                                          | 45 |
| Çizelge 4.1 : ST1 hesaplamada kullanılan verilerin özeti. ....                                                                                       | 47 |
| Çizelge 4.2 : Yıl sonu birim ürün adedi başına su tüketimi hedefini gerçekleştiren işletmeler için gölge fiyatta uygulanacak indirim oranları. ....  | 48 |
| Çizelge 4.3 : Tesis 1 su çekimi kaynaklı su stresi gerçek su bedelleri. ....                                                                         | 48 |
| Çizelge 4.4 : Sakarya havzası tesis-1 çalışması özeti. ....                                                                                          | 50 |
| Çizelge 4.5 : ST2 hesaplamada kullanılan verilerin özeti. ....                                                                                       | 51 |
| Çizelge 4.6 : Yıl sonu birim ürün adedi başına su tüketimi hedefini gerçekleştiren işletmeler için gölge fiyatta uygulanacak indirim. ....           | 52 |
| Çizelge 4.7 : Tesis 2 su çekimi kaynaklı su stresi gölge fiyatları. ....                                                                             | 52 |
| Çizelge 4.8 : Sakarya havzası tesis-2 çalışması özeti. ....                                                                                          | 54 |
| Çizelge 4.9 : ET3 hesaplamada kullanılan verilerin özeti. ....                                                                                       | 55 |
| Çizelge 4.10 : Yıl sonu birim ürün adedi başına su tüketimi hedefini gerçekleştiren işletmeler için gölge fiyatta uygulanacak indirim oranları. .... | 55 |
| Çizelge 4.11 : ET3 Su Çekimi Kaynaklı Su Stresi Gölge fiyatları. ....                                                                                | 55 |
| Çizelge 4.12 : Ergene havzası tesis-3 çalışması özeti. ....                                                                                          | 57 |
| Çizelge 4.13 : ET4 hesaplamada kullanılan verilerin özeti. ....                                                                                      | 58 |
| Çizelge 4.14 : Yıl sonu birim ürün adedi başına su tüketimi hedefini gerçekleştiren işletmeler için gölge fiyatta uygulanacak indirim oranları. .... | 58 |
| Çizelge 4.15 : ET4 Su Çekimi Kaynaklı Su Stresi Gölge fiyatları. ....                                                                                | 59 |
| Çizelge 4.16 : Ergene havzası tesis-4 çalışması özeti. ....                                                                                          | 61 |
| Çizelge 5.1 : Tüketicilerin ürünlere göre kiralama / satın alma tercihleri. ....                                                                     | 77 |
| Çizelge 5.2 : Tüketicilerin ürünleri kiralama metodundaki endişeleri. ....                                                                           | 78 |
| Çizelge 5.3 : Tüketicilerin WİFİ bağlantılı ürün tercihleri. ....                                                                                    | 81 |
| Çizelge 6.1 : 4 tesis için hesaplanan gerçek su bedeli ile tesislerin ödedikleri fatura bedelleri özeti. ....                                        | 87 |



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1 : Döngüsel ekonomi modeli akış diyagramı [6]. .....                               | 6  |
| Şekil 2.2 : Enerji etiketi regülasyonu ile değişen buzdolabı enerji etiketi [12]. .....     | 8  |
| Şekil 2.3 : Yeni Döngüsel Ekonomi Aksiyon Planı ve Yeni Yeşil Dünya stratejileri.....       | 10 |
| Şekil 2.4 : Döngüsel ekonomi yaklaşımları veri modelleri. ....                              | 13 |
| Şekil 2.5 : Beyaz eşya sektöründe döngüsel ekonomi modeli [2].....                          | 15 |
| Şekil 3.1 : Atık poliüretan ile yapılan deneylerin akım şeması. ....                        | 36 |
| Şekil 3.2 : Atık poliüretan, çimento ve kum ile yapılan referans numunesi. ....             | 36 |
| Şekil 3.3 : Dağılma testi uygulanan numune. ....                                            | 36 |
| Şekil 3.4 : Kalıplanan numuneler. ....                                                      | 37 |
| Şekil 3.5 : Üretilen numuneler. ....                                                        | 37 |
| Şekil 3.6 : Atık PU çalışması özet şeması. ....                                             | 38 |
| Şekil 3.7 : Mevcut ve gerçek su bedeli hesaplanması. ....                                   | 38 |
| Şekil 3.8 : Türkiye'nin havzaları. ....                                                     | 39 |
| Şekil 5.1 : Katılımcıların yaş dağılım grafiği. ....                                        | 65 |
| Şekil 5.2 : Katılımcıların eğitim seviyesi dağılım grafiği. ....                            | 66 |
| Şekil 5.3 : Katılımcıların gelir seviyesi dağılım grafiği. ....                             | 67 |
| Şekil 5.4 : Katılımcıların kiracı/ ev sahipliği durum grafiği. ....                         | 67 |
| Şekil 5.5 : Katılımcıların hanesindeki yaşayan kişi sayısı grafiği. ....                    | 68 |
| Şekil 5.6 : Katılımcıların ürün kullanım tercihleri grafiği. ....                           | 70 |
| Şekil 5.7 : Katılımcıların çevreci büyük ev aletleri için fazla ödeme talebi grafiği. ..    | 72 |
| Şekil 5.8 : Katılımcıların çevreci küçük ev aletleri için fazla ödeme talebi grafiği. ..    | 73 |
| Şekil 5.9 : Katılımcıların kiralamak istedikleri ürünlerin grafiği. ....                    | 74 |
| Şekil 5.10 : Katılımcıların kullandıkları kadar ödemek istedikleri ürünlerin grafiği. 75    |    |
| Şekil 5.11 : Katılımcıların kullandıkları kadar ödemek istedikleri ürünlerin grafiği. 76    |    |
| Şekil 5.12 : Katılımcıların ürün kullanma tercihleri grafiği. ....                          | 78 |
| Şekil 5.13 : Katılımcıların kiralama metodu hakkındaki endişeleri. ....                     | 79 |
| Şekil 5.14 : Katılımcıların kiralama metodunu tercih etme nedenleri. ....                   | 80 |
| Şekil 5.15 : Katılımcıların wifi ile bağlantılı ürün tercihleri. ....                       | 81 |
| Şekil 5.16 : Katılımcıların eski ürünlerini değerlendirme tercihleri. ....                  | 82 |
| Şekil 5.17 : Katılımcıların kiralama metodu uygulayan firmalar hakkındaki düşünceleri. .... | 83 |



## **TÜRKİYE’DE BEYAZ EŞYA SEKTÖRÜNDE DÖNGÜSEL EKONOMİ YAKLAŞIMLARI**

### **ÖZET**

Doğal kaynakların kullanım hızı, dünya nüfusundaki yükselişle birlikte sürekli artmaktadır. 2050’ye kadar dünya nüfusunun 9.2 Milyar kişiye erişmesi beklenmektedir. Günümüzde 3.6 milyar kişi olan orta sınıf nüfusun 2030’a kadar 5.3 Milyar kişiye erişmesi beklenmektedir. Yaşam standartlarının gelişmesiyle, tüketim ve talep artışı oluşacağı öngörülmektedir. 2030’a kadar, gıdaya %35, suya %40, enerjiye %50 talep artışı beklenmektedir. Doğal kaynaklar bu hızla tüketilmeye devam edemeyeceği için, ürünler ve materyallerin ekonomiye geri kazandırılması gerekmektedir. Mevcut durumda dünyanın taşıma kapasitesinin 1.75 katı tüketilmektedir; bu da doğal kaynakların normalden %75 daha fazla kullanılması anlamı taşımaktadır.

Günümüzde mevcut yaklaşım, “doğrusal ekonomi” ya da “geri dönüşüm ekonomisi” olarak adlandırılmaktadır. Doğrusal ekonomi, “çıkart, üret, dağıt, tüket, at” aşamalarını içerir ve sürdürülebilir bir model değildir. Döngüsel ekonomi ise, ekonomik olarak büyürken doğal kaynak tüketiminin azalmasına yani ayrıklaşmasına odaklanır. Sosyal faydaları göz önünde bulundurur. Atık kavramını yeniden ele alır, atığa bir değer olarak bakar ve geri kazanım, geri dönüşüm, yeniden kullanım, tamir, kullanım ömrünü uzatma gibi pek çok kavramı barındırır. Döngüsel ekonomi, değer döngüsü içerisinde döngüsel girdiler, paylaşım platformları, ürünün yaşam döngüsünün uzatılması, kaynak kullanım/ geri kazanımı, ürün olarak hizmet iş modellerini içerir. Bu iş modellerinden döngüsel girdiler, ürün yaşam döngüsünün uzatılması ve kaynak kullanımı/geri kazanımı üretime odaklanır, diğer 2 iş modeli (paylaşım platformları ve ürün olarak hizmet) ise tüketime ve ürünle tüketici arası ilişkiye odaklanır. Ürün olarak hizmette, ürünün farklı seçeneklerle birden fazla kişiye sunulmasını içerir. Bu yaklaşımda “tüketici” kavramı artık “kullanıcı”ya dönüşmektedir. Ürün olarak hizmet yaklaşımı, kullanım başına ödeme (ürün satın alımı yerine ürünün kullanıldığı kadar ödeme prensibi), finansal kiralama (ürünün bir aydan çok daha uzun süreli kullanımı için ürün haklarının satın alınması), kiralama (ürünün 1 ay ve daha kısa süreli ürün haklarının satın alınması) ve performans üzerinden anlaşma (müşterilerin üretici tarafından belirlenen kalite ve hizmet düzeyinin satın alınması) alt başlıklarını içerir.

Döngüsel ekonomi yaklaşımının benimsenmesi ile 2030’a kadar global karbon emisyonlarında %48’e varan azaltım, gıda sektörü ile bağlantılı sağlık maliyetlerinde 500 Milyar \$ tasarruf sağlanabilir. Tezde de Türkiye’nin en büyük sektörlerinden biri olan beyaz eşya sektöründe döngüsel ekonomi uygulamalarına odaklanılmıştır. Beyaz eşya sektörü, 25 milyon ürün adetlik üretimiyle Avrupa’da lider üretici durumundadır. 2019 itibarıyla 28 Milyon beyaz eşya üretilmiş, 22 milyon beyaz eşya ise ihraç edilmiştir. Kullanım ömürlerini tamamlayan beyaz eşyaların atık elektrikli ve elektronik eşya olarak adlandırılır. Türkiye’de atık elektrikli ve elektronik eşyaların

2024 yılında 672 bin tona ulaşması beklenmektedir. Bu sebeple, Türkiye için döngüsel ekonomi iş modellerinden özellikle “Ürün olarak Hizmet” modelinin yaygınlaştırılması gerekmektedir. Bu model ile ürün yaşam döngülerinin uzatılması ve böylelikle atık elektrikli ve elektronik eşya miktarının azaltılması, ürünün maksimum süreyle kullanımda tutulması ve şirketlerin de ürün başına elde ettiği gelirlerin artması sağlanacaktır. Yaşam döngüsünü tamamlamış ürünlerin ekonomiye geri kazandırılması oldukça önemlidir. Bu nedenle, endüstrilerde döngüsel ekonomi uygulamalarının çoğaltılması büyük önem arz etmektedir. Üretim tesislerinden çıkan atıkların önce kaynağında engellenmesi; kaynağında engellenemiyorsa da minimize edilmesi esastır. Hammadde yerine geri dönüştürülmüş malzeme kullanımının arttırılması döngüsel ekonominin en büyük prensibidir. Bu kapsamda ürün, hizmet, atık, enerji, su gibi başlıklarda endüstriyel simbiyoz uygulamalarının çoğaltılması döngüsellüğün arttırılmasını sağlar. Bu kapsamda, buzdolabı üretiminden kaynaklanan atık poliüretanların farklı sektörlerde kullanımı da tez kapsamında değerlendirilmiştir. Dünya genelinde poliüretan atığının %40’ından fazlasının yakıldığı, yalnızca %30’unun geri dönüştürüldüğü bilinmektedir. Atık poliüretan, asfalt karışımına eklenerek daha sert ve daha az boşluklu asfalt elde edilebilir. Aynı zamanda atık poliüretanlar, termal izolasyon malzemesi olarak kaplamada kullanılabilir. Yapılan ön çalışmada, poliüretan atıkları hafif beton üretiminde kullanılmıştır ve ön çalışmaların taşıyıcı olmayan hafif beton üretiminde kullanılma potansiyeli olduğu da görülmüştür.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli)’nin en son yayınladığı rapora göre, küresel ısınma mevcut hızla sürerse, 2030-2052 arasında sıcaklıkta 1.5 santigrat derece artışın kaçınılmaz olacağı, ayrıca 2100’e kadar 3 ila 5 santigrat derece daha sıcak olacağı vurgulanmıştır. 1.5 santigrat derecelik ısınmanın ekonomik etkilerinin 2100 yılına kadar 54 Trilyon Dolara ulaşması beklenirken, bu etki 2 santigrat derecelik ısınmada 69 Trilyon Dolara ulaşmaktadır. Bu nedenle iklim değişikliği artık “iklim krizi” olarak ele alınmalıdır ve küresel iklim hedeflerine ulaşılması için döngüsel ekonomi temel bir araç olarak kullanılmalıdır. Doğrusal ekonomiden döngüsel ekonomiye geçişin emisyonların minimize edilmesi açısından en önemli adım olduğu belirtilmektedir. CDP (Karbon Saydamlık Projesi), şirketleri su alanında aksiyon almaya teşvik etmektedir. Suyun verimli kullanılması, suyun geri dönüşümü ve yeniden kullanımı sağlanması için yenilikçi yöntemlere ihtiyaç vardır. Bu da ancak geniş bir perspektifle olabilir. Tüm şirketler, su kalitesi ve suya olan erişilebilirliğe etkilerini azaltmak ve en aza indirmek için etkili ve gerçekçi hedefler koymalıdır. Hedefler uzun vadeli olmalıdır çünkü üretim yapan şirketler, üretime devam ederken aynı zamanda bulundukları havzanın suyunu tüketmektedir. Bu nedenle şirketler büyümeyi hedeflerken su tüketimlerinin yaratacağı etkileri de azaltmayı hedeflemelidir. Bu hedefler, üretim yaptıkları havzalara bağlı olarak değişir. Bu nedenle havza bazlı yaklaşım gereklidir. Dünya genelinde, üretim yapan şirketler üretim yaptıkları havzada yarattıkları su stresini azaltmak, uzun vadeli su risklerini minimize etmek için pek çok aksiyon almaktadır. Bu aksiyonların çoğunun altyapı yatırımlarının arttırılması olduğu görülmüştür. Çok az sayıda şirket tükettikleri su için birim su tüketimi başına ek su bedeli (kavramsal ücretlendirme) koymuş, üretim yaptıkları havzalarda fiziksel su stresine göre değişen teorik bir yaklaşım belirlemiştir. Bu kavramsal ücretlendirme, şirketin farklı havzalarda yaptığı üretimler için ödediği faturalarda meydana gelebilecek tarife değişikliklerine karşı geliştirdiği bir senaryo analizi olarak belirtilmiştir.

Üretim yapan bir fabrikanın, üretim yaptığı havzalarda tükettiği suyun (şebeke suyu, kuyu suyu, yağmur suyu, geri dönüştürülmüş su, arıtılmış atıksu vb.), şirkete olan

“gerçek bedelinin” çevresel ve sosyal faktörlerin de göz önüne alınarak belirlenmesi “suyun gerçek bedelinin belirlenmesi” anlamına gelmektedir. İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi düşünüldüğünde, havza özelinde ayrı tedbirler alınmalıdır. Bunun için, öncelikle havza genelinde durum analizi yapılmalı, endüstriler ve faaliyetleri belirlenmelidir. Endüstriler de iklim değişikliği sebebiyle oluşabilecek iş kesintisi risklerini minimize etmek için iklim değişikliği ile bağlantılı risk analizi çalışmalarını tamamlamalıdır. Bu çalışmanın Türkiye için de yapılması çok büyük önem arz etmektedir, bu tez kapsamında da bu konuya odaklanılmış ve bir metodoloji geliştirilmiştir. Bu bağlamda, Türkiye’de beyaz eşya üretimi yapılan havzalar belirlenmiş, bu havzaların 2 tanesi için metodoloji çalışılmıştır. Sakarya ve Ergene Havzasına odaklanılan vaka analizinde suya ödenen bedele ek olarak “gölge fiyat” yaklaşımı geliştirilmiş, her iki havzanın da su stresi projeksiyonu yapılmış ve suyun gerçek bedeli belirlenmiştir. Bu çalışma ile şirketlerin su risklerini minimize etmesi, suyun gerçek bedelinin belirlenmesi, su yatırımlarında geri dönüş sürelerinin gerçek ve doğru şekilde hesaplanması, oluşturulabilecek bir “su fonuna” belirli bir bütçe aktarılması ve sonrasında bu bütçenin sadece su projeleri için harcanmasında kullanılması önerilmektedir. Çalışmada Aqueduct Water Risk Atlas modeli kullanılarak havzaların mevcut su stresi, gelecek su stresi, mevsimsel değişimler, gelecekte su temini ve ihtiyacı belirlenmiştir. Buna göre tezde çalışılan Sakarya ve Ergene havzalarının su stres puanları sırasıyla 2,56/5 ve 2,60/5 olarak belirlenmiştir. Havzadaki mevcut durum ve gelecek durum senaryoları yapıldıktan sonra fabrikalardan; yıllık üretilen ürün adedi, tüketilen şebeke ve kuyu suyu miktarı, geri kazanılan yağmur suyu/atıksu miktarı, şebeke ve kuyu suyu için ödenen fatura bedeli, atıksu bağlantı bedeli, atıksu arıtma tesisi kimyasal kullanım ve elektrik tüketim miktarları, işletmelerin üretim için koydukları su hedefleri ve gerçekleşme durumu, kuyu suyu pompaj maliyeti ve su şartlandırma ünitesi maliyetleri ile çamur bertaraf ve nakliye maliyetleri ile atıksu arıtma tesisi bakım, onarım ve ekipman değişim maliyetleri toplanmalıdır. Üretim yapan şirketler için kuyu ve şebeke suyu tüketimleri için ayrı ayrı “gölge fiyat” belirlenmiştir. Bu gölge fiyatlar, tükettikleri su için ödedikleri su fatura bedellerine ek olarak, havza su stres skorları ile paralel şekilde, kuyu suyu için 0,2-1 TL/m<sup>3</sup> şebeke suyu için 0,1- 0,5 TL/m<sup>3</sup> arasında değişecek şekilde belirlenmiştir. Her bir tesis için gölge fiyatlar ve diğer kalemler kullanılarak suyun gerçek bedeli belirlenmiştir.





## **CIRCULAR ECONOMY APPROACHES FOR WHITE GOODS SECTOR IN TURKEY**

### **SUMMARY**

Consumption of the natural water resources has been rapidly accelerated in accordance with the increase in the world's population. It is expected that the world's population will be 9.2 billion by 2050, while middle class will be 5.3 billion by 2030 which is 3.5 billion now. It is predicted that consumption and demand will increase due to high living standards. It is anticipated that demand on food, water and energy will increase by 35%, 40% and 50 % respectively by 2030. Thus, materials and products should be recycled back to economy since we have limited natural resources. Currently, the world's carrying capacity is consumed 1.75 times higher, which means 75% more natural resource consumption than usual consumption.

Current economic model is known as “linear economy” or “recycling economy”. Linear economy includes “extract, produce, distribute, consume, send to landfill” and it is not a sustainable model. Circular economy is a model focusing on decoupling which means reducing natural resource consumption while growing economically. Circular economy takes social benefits into consideration and re-evaluate waste as a “value”. It includes many concepts such as recovery, reuse, recycling, repair, extension of product use and business models such as circular inputs, sharing platforms, extension of product life cycle, resource recovery, and product as a service. Circular inputs mainly focus on extension of product life cycle and resource recovery. Sharing platforms and product as a service address consumption and relationship between consumer and producer. Product as a service involves offering the product to more than one person with different options. In this approach, the “consumer” concept has been transformed into “user”. It contains “pay per use model” which is paying what is used instead of purchasing the product, “financial renting, or financial leasing model” which is purchasing product rights to use product more than 1 month, “leasing model” which is purchasing product rights to use product equal to and less than 1 month, “deal with performance model” which is purchasing the quality and service level of users determined by the manufacturer.

With the adoption of circular economy approach, up to 48% reduction in global carbon emissions can be achieved by 2030 while savings of \$500 billion can be achieved in healthcare costs associated with food industry. This study mainly focuses on white goods manufacturing sector which is one of the biggest sectors in Turkey. Turkey is a leader white goods manufacturer in Europe. In 2019, 28 Million white goods were produced and 22 Million white goods were exported to other countries.

At the end of their life cycle, electrical and electronic equipments (EEE) were turned into waste electrical and electronic equipments, also known as “e-waste” or “WEEE”. In Turkey, WEEE amount is expected to reach 672.000 tones by 2024. For this reason, product as a service model should be investigated and applied in Turkey. With product as a service model, product life cycle will be expanded; amount of waste electrical and electronic equipment will be decreased, product use will be kept at maximum time

frame, producers will have higher profits arising from each single product due to using a single product by more than one single user. Recycling back to economy has a crucial importance for products that are at the end of their life cycle. Furthermore, applications of circular economy in Turkey play an important role. Prevention of waste arising from production, minimizing waste at their source if waste generation is not prevented at their source is essential and recycled material usage instead of virgin material usage is first principle for circular economy. In this context, maximizing industrial symbiosis in the fields of product, service, waste, energy and water leads to back up increasing circularity.

In this thesis, a preliminary study has been conducted in refrigerator production as a case study. Polyurethane waste arising from refrigerator production has been investigated for potential use in other sectors. It is known that polyurethane wastes are currently managed mainly by incinerating more than 40%, and only 30% of wastes are recycled. Waste polyurethane can be added into asphalt mixture such that harder and a less hollow asphalt can be obtained. Moreover, waste polyurethanes can be used in coating as thermal insulation materials. In this study, the use of polyurethane wastes in lightweight concrete production was investigated. Preliminary results suggested that it has potential to be used in the production of lightweight concrete.

According to a report published by IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), it is emphasized that if global warming continues at its current acceleration rate, global temperature increase of 1.5 degrees celcius will be inevitable between 2030-2052, and it is expected to be 3-5 degrees celcius warmer by 2100. Economic effects of 1.5 degrees celcius warming are expected to reach 54 trillion dollars by 2100, while this effect reaches to 69 trillion dollars in 2 degrees celcius warming. Thus, climate change should be evaluated as “climate crisis” and circular economy should be used as a tool to reach global climate targets. It is emphasized that switching to circular economy from linear economy is the most important step to limit emissions. CDP (carbon disclosure project) encourages corporations to take bold actions in the field of water. Innovative solutions is needed in efficient water use, water recycle and recovery. This can be achieved only with broader perspective. Each corporation should select their targets to decrease and minimize their impacts on both water quality and water availability. Targets should be selected as long term since producers consume water in watersheds they are located in. It should be targeted to minimize effects of water consumption while growing economically. Targets can vary in reference to watersheds which they are producing their products. Many actions are taken globally to reduce water stress arising from production and to minimize long term water risks. It is seen that many actions are related to increase water infrastructure capacity. Only a few corporations have conceptual pricing per unit of water consumption for the water they consume, and determine a theoretical approach that varies according to physical water stress in watersheds they consume. This conceptual pricing is known to be used as scenario analysis against fluctuations in water bills or sharp increase in water bills.

Determination of real cost of water consumption (main water, well water, recycled-recovered water, rain water) in different watersheds that production occurs by considering environmental and social factors is defined as “Real water price”. Due to impact of climate change on water resources, precautions specific to watersheds should be taken and corporations should complete their business interruption risk analysis. It is really important to carry out this concept in Turkey. In this study, the methodology has been developed for Turkey, specific to watersheds. In the context of this study, watersheds including white goods manufacturing industry have been specified and two

of these watersheds, Sakarya and Ergene Basins were selected. In addition to water costs, “internal water price” has been calculated to achieve real cost of water by water stress projection. With this study, it is aimed to minimize water risks of producers, to specify real cost of water, and to establish a “water fund” to be used specific to water infrastructure or related projects. Aqueduct Water Risk Atlas model has been used to determine current water stress of watersheds, future water stress, seasonal changes, future water demand change and future water demand. With the help of this tool, current water stress of Sakarya and Ergene Basins were specified as 2,56/5 and 2,60/5 respectively. For calculating real cost of water, yearly production capacity, water consumption of well, main, rain, recycled and recovered amount, water bills, wastewater connection cost, wastewater treatment plant chemical consumption amount, wastewater treatment plant electricity consumption, water targets selected by producers, well water pumping cost, water softening unit costs, sludge disposal and transportation costs and wastewater treatment plant operation and maintenance costs should be consolidated. “Internal water prices” are established separately for well water and main water. These internal water prices are specified as 0,2-1 TL/m<sup>3</sup> for well water, 0,1-0,5 TL/m<sup>3</sup> for municipal water parallel to watershed water stress scores. In each basin, real cost of water has been calculated for selected production plants.



## 1. GİRİŞ

2000-2050 yılları arasında, global ölçekli su talebinde %55 artış olması beklenmektedir. Dünya nüfusunun da gün geçtikçe arttığı düşünüldüğünde, 2050'ye kadar dünya nüfusunun yaklaşık %40'ından fazlası yani 4 milyar kişinin su stresi altında olan havzalarda yaşaması öngörülmektedir. Geleceğin teminatı olarak görülen yer altı su kaynaklarımız, gün geçtikçe kirlenmekte ve tükenmektedir. 2009 yılında belirlenen gezegen için aşılsa geri dönülmesi çok zor çevresel etkiler yaratabilecek 9 sınırın 3'ü günümüzde aşılmıştır. Aşılan bu sınırlar; nesli tükenen tür sayısında artış, atmosferde karbondioksit birikimi, atmosferde azot bağlanmasıdır. Tüm bu nedenlerle, mevcut ekonomik model, ya da “doğrusal ekonomi” modeli, ya da “çıkart, üret, dağıt, tüket ve at” yaklaşımı sürdürülebilir bir model değildir ve hızla dönüşmesi gerekmektedir. Döngüsel ekonomi, bu noktada büyük bir fırsat olarak görülmektedir. Dijitalleşmenin hız kazanması ile birlikte, 15 yıl içerisinde 1 milyar insanın ilk kez buzdolabı alması beklenmektedir [1].

Döngüsel ekonomi, son 20-30 yıldır gündemdedir, temel olarak ekonomik büyümeyi doğal kaynak tüketiminden ayırlandırmaya (yani doğal kaynak tüketimini azaltmaya, çevresel ayak izini düşürmeye, alternatif malzemelerin kullanımına teşvik etmeye, yeni iş modelleri geliştirmeye, ürün ve materyallerin kullanımının maksimumda tutulmasına) odaklanır. Döngüsel ekonominin temelde 3 ana itici gücü mevcuttur [2]:

- Doğal kaynaklarımız hızla tükenmektedir. Mevcut tüketim modeli ile kaynakların sonsuza kadar dünya nüfusunu beslemesi mümkün değildir. Mevcut modelin bu nedenle değişmesi gerekmektedir.
- Teknolojideki gelişim, döngüsel ekonominin uygulanabilirliğini arttırmaktadır.
- Ürün ve hizmetlerin herkes tarafından erişilebilir olması, ürün ve hizmetlerden elde edilen değer artması döngüsel ekonominin en büyük gücüdür.

Döngüsel ekonomi, yeni kavramlar ve iş modelleri barındırır. Tedarik zincirinde döngüsellğe odaklanır, geri kazanım ve geri dönüşüm kavramlarını barındırır, ürün kullanım ömrünü uzatmaya odaklanır, paylaşım platformu ve ürün olarak hizmet iş modellerinin gelişimini sağlar. Aynı zamanda döngüsel ekonomi, doğrusal ekonomiden döngüsel ekonomiye geçiş ile global karbondioksit emisyonlarının minimize edilmesi için önemli bir araçtır. Döngüsel ekonomi atık sektöründen inşaat sektörüne, gıda gıda sektöründen beyaz eşya sektörüne geniş bir alanda farklı yaklaşımlar içerir. Tez kapsamında, Türkiye'nin beyaz eşya sektörü özelinde döngüsel ekonomi uygulamaları incelenmiş, bu kapsamda çalışmalar yapılmıştır.

Türkiye, beyaz eşya üretiminde Avrupa'da lider üretici durumundadır. 2019 yılında toplam 28 Milyon beyaz eşya (buzdolabı, derin dondurucu, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, fırın, kurutma makinesi) üretilmiştir. Beyaz eşya üretimine ek olarak, kullanım ömrü dolan beyaz eşyaların yönetimi de büyük önem taşımaktadır çünkü kullanım ömrü dolan ürünler bir atık değil, değerlendirilmesi gereken bir değerdir.

Tez kapsamındaki çalışmalar 3 ana başlıkta toplanabilir:

1. Buzdolabı üretiminde çıkan poliüretan atıklarının farklı sektörde değerlendirilmesi incelenmiştir. Buna göre, buzdolabı üretiminden çıkan poliüretan atıkları inşaat sektöründe hafif beton üretiminde kullanılabilir, daha farklı amaçlarla kullanımı için daha fazla çalışma yapılmalıdır.
2. Beyaz eşya üretimi yapılan havzalar belirlenmiştir. Bu havzalardan seçilen 2 havza (Sakarya ve Ergene) özelinde vaka analizi yapılmıştır. Çalışmada havzaların su stresi belirlenmiş, su projeksiyonları yapılmıştır. Üretim yapan şirketler, su risklerini minimize etmek için su yatırımları da yapmalıdır. Bu sebeple, suya ödedikleri bedel sadece su faturası olmamalıdır. Suyun gerçek bedelinin belirlenmesi için bir metodoloji belirlenmiştir. Havza su stresinden yola çıkılarak birim kuyu ve şebeke suyu tüketimlerine göre gölge fiyat belirlenmiş, seçilen ek kalemlerle suyun gerçek bedeli hesaplanmıştır.
3. Türkiye'de beyaz eşya sektöründe özellikle ürün olarak hizmet modeline yaklaşımın anlaşılması için bir anket çalışması hazırlanmıştır. Ankette ürün yaşam ömrünün uzatılması için özellikle gerekli olan kiralama ya da revizyonlu ürün

kullanımı gibi sorular sorularak katılımcıların bu yöndeki talebi değerlendirilerek üreticilere bu alanda bir iş modeli yaratılması önerilmiş olacaktır.







## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

### 2.1 Döngüsel Ekonomi Modeli

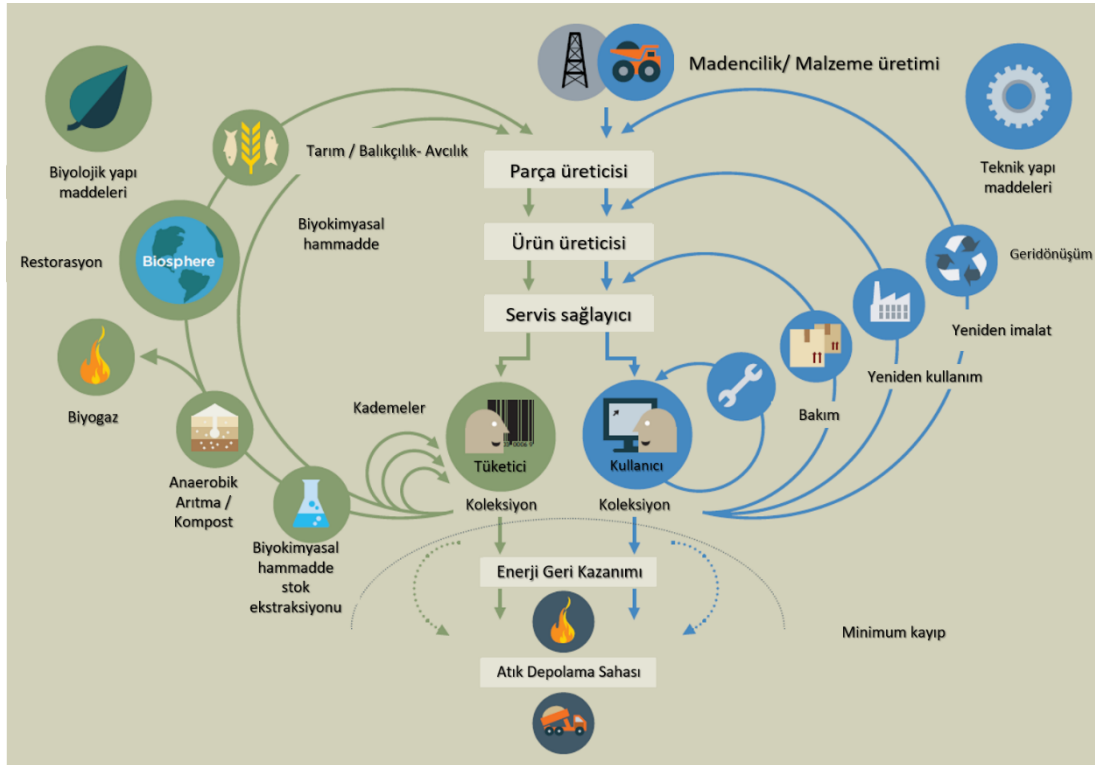
#### 2.1.1 Genel tanımlar ve prensipler

Temel olarak döngüsel ekonomi, doğal sistemlerin yeniden canlandırıldığı, ürün ve materyallerin sürekli kullanımda tutulduğu, atık ve kirliliğin ise sistemden uzaklaştırıldığı bir yaklaşım biçimidir. Ürün ve materyallerin kullanım ömürlerinin mümkün olduğunca uzatıldığı, yeniden kullanım, geri dönüşüm, yeniden üretim, tamir-kiralama ve paylaşım gibi kavramları barındıran, atık oluşumunu minimize ederek ürünlerin yaşam döngüsü tamamlandığında ekonomiye yeniden kazandırılmasını sağlayan yeni bir üretim ve tüketim modelidir.

Günümüz toplumunda büyüme ve üretime dayanan etkin ekonomik model, kaynakların doğal sonlu stoklardan alındığı, ürünlerin bu sonlu kaynaklardan üretildiği, tüketicilere satıldığı ve kullanımdan sonra atık olarak bertaraf edildiği doğrusal malzeme akışlarını yansıtmaktadır. Bu lineer akışın altında yatan prensip, üretim ve tüketim döngüleri ile kaynakları atığa dönüştüren endüstriyel sistemlerin ortaya çıkardığı beşikten-mezara kavramıdır. Buna ek olarak, ekonomik büyüme “nehir ekonomisi” olarak da adlandırılabilen olan madde ve enerji akışlarına doğrudan bağlıdır. Klasik lineer ekonomi, kısa ömürlü ürünler, tasarlanmış yıpranmalar, ölçek ekonomileri ve bunun sonucunda tüketiciler tarafından yeni ürünlere yönelik artan talebi kullanarak “tüketim toplumu” için yol açmaktadır. Özellikle son 150 yılda ulaşılan ölçek ekonomileri, yeniden kullanım faaliyetlerinin ve her şeyden önce yeni sürdürülebilir ekonomik modellerin ortaya çıkmasını önleyen en önemli engeldir. Bu doğrusal model, büyük miktarlarda ucuz ve kolay erişilebilir malzeme ve enerjiye dayanmaktadır: geçen yüzyıl boyunca toplam hammadde çıkarılması üssel olarak 8 kat artmıştır ve bu büyümenin yavaşlayacağına veya sonunda azalacağına dair bir yorum yapılamamaktadır. Bununla birlikte, 2030 yılına kadar pazara girmesi beklenen 3 milyardan fazla tüketici ile bu modelin sürdürülebilir olmadığı düşünülmektedir. Sonuç olarak, ekonomik büyümeyi hammadde

tüketiminden ayırabilecek bir ekonomiye geçiş gerekmektedir ve bu sorunun çözümü döngüsel ekonomidir. Bunun nedeni, ürün ve malzemelerin tekrar tekrar kullanıldığı üretim sistemlerini uygulayarak sürdürülebilirliğin sınırlarını zorlamaktadır [3].

Son yıllarda hem siyasi hem de endüstriyel seviyede oldukça ilgi çeken döngüsel ekonomi, malzemelerin, ürünlerin ve sistemlerin akıllı tasarımına odaklanarak sınırlı kaynak tüketimini en aza indirmek için kullanılan küresel ekonomik bir model olarak tanımlanmaktadır [4, 5]. Döngüsel ekonomi kavramı; planlı bir şekilde endüstriyel ekonomiyi güçlendirmeyi, yenilenebilir enerjiye güvenmeyi, toksik kimyasallarının kullanımını azaltmayı ve düzgün tasarımlar kullanarak atık sorununu temelden çözmeyi hedef almaktadır. Doğrusal olmayan sistemlerin özellikle canlı sistemlerin incelenmesine dayanan model, canlı sistemlerden elde ettiği veriler ile bileşenler yerine sistemleri optimize etme -uyum için tasarım olarak da tanımlanabilen-düşüncesine bağlıdır. Bu düşünce, McDonough ve Braungart tarafından ifade edilen iki tip materyal akışının dikkatli bir şekilde düzenlenmesini içermektedir. Biyolojik yapı maddeleri/ hammaddeler/ döngüler, biyosfere güvenli bir şekilde yeniden girmek ve doğal sermaye oluşturmak, teknik döngüler ise biyosfere girmeden çevrim içerisinde yüksek kalitede dolaşmak amacıyla tasarlanmışlardır [6]. Bu çevrimler Şekil 2.1 ile gösterilmektedir.



Şekil 2.1 : Döngüsel ekonomi modeli akış diyagramı [6].

Döngüsel ekonomi modelinin yaratıcısı olan Ellen McArthur Vakfı, bu modeli hem kaynak hem de sistem zorluklarını ele alan üç temel prensiple açıklamaktadır.

- 1- Sınırlı sermaye stoklarını kontrol edilmesi ve yenilenebilir kaynak akışlarının dengelenmesi ile doğal sermayeyi korumak ve geliştirmek.
- 2- Ürünleri, bileşenleri ve malzemeleri hem teknik hem de biyolojik döngülerde her zaman en yüksek faydaya dağıtarak kaynak verimlerini optimize etmek.
- 3- Endüstriyel aktivitelerdeki negatif etkileri ortaya çıkarıp tasarlayarak sistemin verimliliğini arttırmak.

Bu ilkelere bağlı kalarak, döngüsel ekonominin çevreye ve ekonomiye birçok fayda sağlaması beklenmektedir. Potansiyel çevresel faydalar; doğal kaynakların daha az kullanımı, yenilenebilir-geri dönüştürülebilir kaynakların ve enerjinin artan payı, emisyonların azalması, daha az malzeme kaybı ve ürünlerin ekonomideki değerini koruma olarak örneklendirilebilir. Ekonomik açıdan bakıldığında ise döngüsel ekonomi ilkelerinin benimsenmesinin, atık yönetimi sorununun küçülmesi, çevre kirliliğinin azalması ve yeni iş fırsatları sayesinde düşük gelirli ailelerdeki refah artışı nedeni ile şirketler ve belediyeler için ekonomik faydalar sağlaması öngörülmektedir [7].

### **2.1.2 Döngüsel ekonomi ile ilgili mevzuatlar**

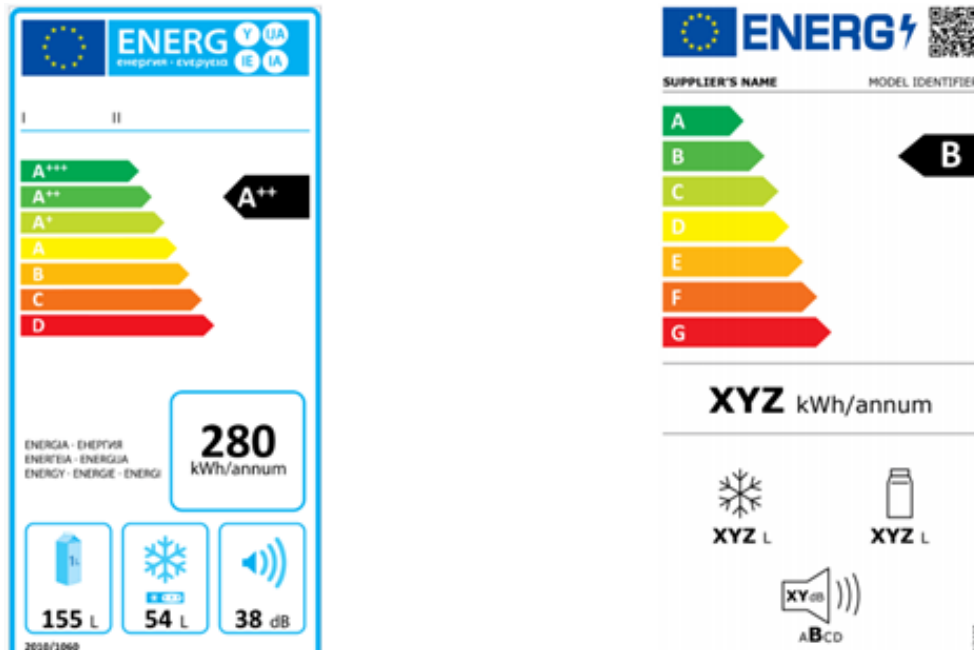
Döngüsel ekonomi ile ilgili ulusal ve uluslararası mevzuatlar aşağıda sırasıyla verilmektedir:

- Enerji Etiketleri Regülasyonu [8]
- Avrupa Birliği Komisyonu Döngüsel Ekonomi Aksiyon Planı [9] ve Avrupa Yeni Yeşil Düzen Anlaşması (European Green Deal) [10]
- Atık Yönetimi Yönetmeliği [11]

#### **2.1.2.1 Enerji etiketi regülasyonu**

Avrupa Komisyonu tarafından 11 Mart 2019'da alınan karar ile 5 ürün grubunda yeni enerji etiketi uygulamasına geçileceği açıklandı. 1 Mart 2021 itibarıyla Avrupa'daki tüketiciler; bulaşık makineleri, çamaşır makineleri ve yıkayıcı kurutucular, buzdolapları ve derin dondurucular, lambalar, elektronik ekranlarda (TV ve monitör dahil) yeni enerji etiketleri geçerli olacaktır. Daha ileri tarihlerde ise klimalar,

Enerji verimli ürünler, hem Enerji Etiket Regülasyonu hem de Eko-tasarım Direktifi ile yönetilecektir. Eko-tasarım Direktifi; enerji etiketinin ürün bazlı uygulanması için gerekli kriterleri içermektedir [13]. Buzdolabı için enerji etiketi değişimi örneği Şekil 2.2 ile verilmektedir.



8

### **2.1.2.2 Avrupa Birliği Komisyonu döngüsel ekonomi aksiyon planı ve Avrupa yeni yeşil düzen anlaşması**

Aksiyon planı, genel olarak aşağıdaki başlık ve alt başlıklara odaklanmaktadır.

#### **1) Sürdürülebilir Ürün Çerçevesi:**

Bu tez kapsamında, Avrupa Yeni Yeşil Düzen'in "Sürdürülebilir Ürün Çerçevesi" başlığı altında getireceği gerekliliklere paralel olarak poliüretan atıklarının inşaat sektöründe hafif beton üretiminde kullanılması için ön çalışma; ürün olarak hizmet yaklaşımı ve anket çalışmalarıyla tüketici iç görü analizi çalışmaları yapılmıştır.

- Sürdürülebilir Ürün Tasarımı: Dayanıklılık, tekrar kullanılabilirlik, yükseltilebilirlik, tamir edilebilirlik, geri dönüştürülmüş malzeme oranı artmış ürünler, dijitalleşmeye olanak veren tasarımlar.
- Tüketicilerin güçlendirilmesi: Uygun fiyatlı ürün, tamir-yedek parça hizmetleri, yaşam ömrü uzatılmış ürün.
- Üretimde döngüselliliğin artırılması: Endüstriyel simbiyoz uygulamaları, dijital teknoloji kullanımına teşvik.

#### **2) Ürünlerin Değer Zincirinde Değerlendirilmesi:**

Bu tez kapsamında, Avrupa Yeni Yeşil Düzen'in "ürünlerin değer zincirinde değerlendirilmesi" başlığı altında getireceği gerekliliklere paralel olarak ürün olarak hizmet yaklaşımı ve gölge fiyat çalışması ile su yatırımlarına teşvik çalışmaları yapılmıştır.

- Elektronikler, batarya, araç, ambalaj, plastik, tekstil, inşaat ve bina, gıda- su ve nütrient: Tamir edilebilir ürünlere ulaşımaya verilen önem, ürünlerin toplama ve AEEE haline geldikten sonra geri dönüşümü, değerli metal geri kazanımı, geri dönüştürülmüş malzeme oranı, ambalajlarda geri dönüştürülmüş malzeme oranının artırılması, geri dönüştürülebilirlik oranının artırılması, plastiklere uygun etiketleme sistemleri, mikroplastiklerin azaltılması, biyo-plastikler, kompostlanabilir- biyo-degradable plastikler, PaS, LCA, su geri kazanımı, geri dönüşümü, nütrient geri kazanımı, yağmur suyu toplama.

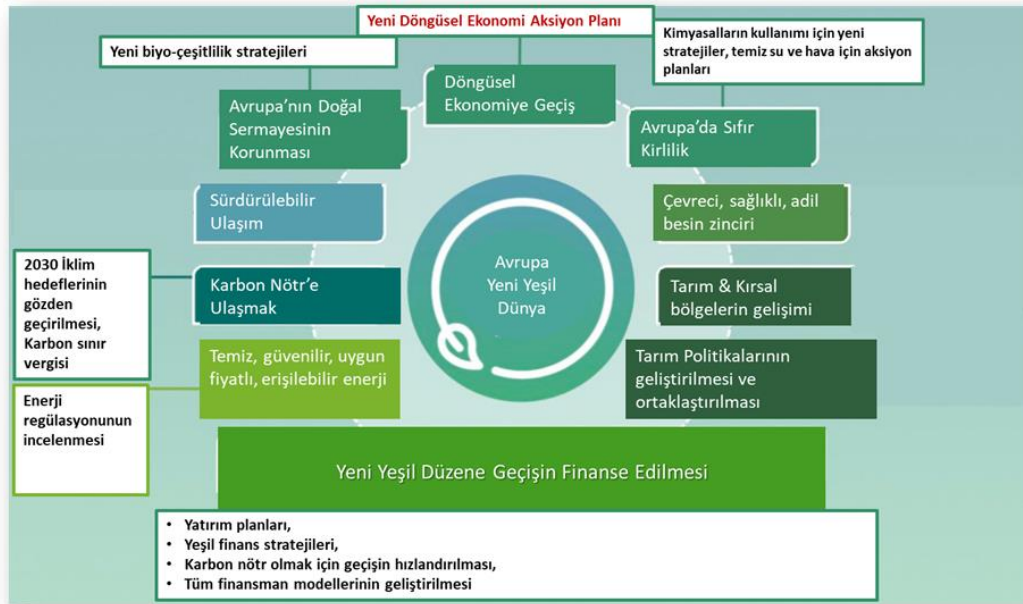
#### **3) Atık Azaltımı ile Değerin Arttırılması:**

- Atık politikaları geliştirilmesi: Mevcut regülasyonların geliştirilmesi, atık toplama ve ayrıştırma sistemlerinin geliştirilmesi.
- Kimyasal azaltımı: KOK azaltımı, sağlık problemlerine yol açan malzeme kullanımının azaltılması.
- İkincil hammadde kullanımının artırılması: Geri dönüştürülmüş malzeme oranı.

#### 4) Kesişim Kümeleri:

- Karbon Nötr olmak için Döngüsellik: Yeni modellerin çalışılması
- Ekonomi: Yeni çevre vergileri (atık yakma vergileri, DDTye gönderilen atıklar için ek vergi vb)
- Dijitalizasyon, araştırma ve inovasyon: İnovatif çalışmaların desteklenmesi [9]

Avrupa Birliği Komisyonu döngüsel ekonomi aksiyon planı ve Avrupa yeni yeşil düzen anlaşmasının özetlendiği görsel Şekil 2.3 ile verilmektedir [10].



**Şekil 2.3 : Yeni Döngüsel Ekonomi Aksiyon Planı ve Yeni Yeşil Dünya stratejileri [10].**

#### 2.1.2.3 Atık yönetimi yönetmeliği

Atığın farklı sektörlerde kullanımı için regülasyonlara uyum oldukça önemlidir. Atık Yönetimi Yönetmeliği uyarınca, bir atık farklı bir sektörde ya da aynı sektörde

hammadde olarak kullanılacaksa; yan ürün başvurusunda bulunulması gerekebilir. Aşağıdaki koşullar varsa yan ürün başvurusunda bulunulmalıdır:

#### MADDE 19

(1) Üretim prosesi sürecinde ortaya çıkan; ancak asıl amacın bu maddenin üretimi olmadığı, maddeler veya malzemeler;

a) Üretim prosesinin ayrılmaz bir parçası olarak üretiliyor ve kapasite raporunda ürün/yan ürün olarak yer alıyor ise,

b) Gelecekte kullanımına yönelik talep sürekli ise,

c) Doğrudan bir proseste kullanılabilir ve üretildiği yerde fiziksel işlemler hariç olmak üzere başka işlemlerden geçmiyor ise,

ç) İkame edeceği maddenin standartlarına uygunluğunun ya da hammadde olarak kullanılması durumunda nihai ürünün ürün standardını bozmadığının belgelenmesi halinde,

d) Kullanımında çevre ve insan sağlığına zarar vermeyecek tedbirler alınıyor ise, atık olarak addedilmeyerek, yan ürün olarak kabul edilebilecektir.

(2) Yan ürün olarak değerlendirilebilecek, bu maddenin birinci fıkrasındaki özelliklere haiz atıklar için uygunluk almak üzere Bakanlığa başvurulur [11].

#### 2.1.3 Ekonomi modelindeki mevcut durum

Döngüsel ekonomi, aşağıdaki kavramları içerir [14]:

- Sıfır atık prensibi: Atığın öncelikle engellenmesi, engellenemiyorsa azaltılması için ürün ve sistem tasarımı ile yönetimini içerir. Prensip genel olarak atıklara uğraşılması gereken bir problem değil, potansiyel kaynak gözüyle bakmaktadır.
- Mezardan mezara yaklaşımı: Atığa değer olarak bakmaktadır. Herhangi bir negatif çevresel etki oluşturmada (atık oluşumunu engelleyerek) tasarıma odaklanır.
- Kapalı döngü ekonomisi: hammadde kullanımını azaltarak atıkların girdi olarak kullanılmasını teşvik eder.

- Endüstriyel ekoloji: Endüstriyel ekoloji, kullanım ömrü sonunda atık malzeme ve ürünleri diğer süreçlere ve endüstrilere girdi olarak entegre ederek ekonomik kullanımları en üst düzeye çıkarır.
- Endüstriyel simbiyoz: Farklı endüstriler arasında ara ürün değişimi ve paylaşımı üzerine odaklanarak kaynak optimizasyonu sağlamaktadır. Materyallerin, enerjinin, suyun ve ara ürünlerin fiziksel olarak alışverişine dayanır.
- Fonksiyonel servis ekonomisi: mal ve hizmetlerin kullanımını ve dolayısıyla mevcut servetin yönetimini optimize etmektedir. Çok daha az kaynak tüketimi ile sağlık ve iş yaratmak için ürün ve hizmetleri entegre eden bir dizi yenilikçi iş modelidir.

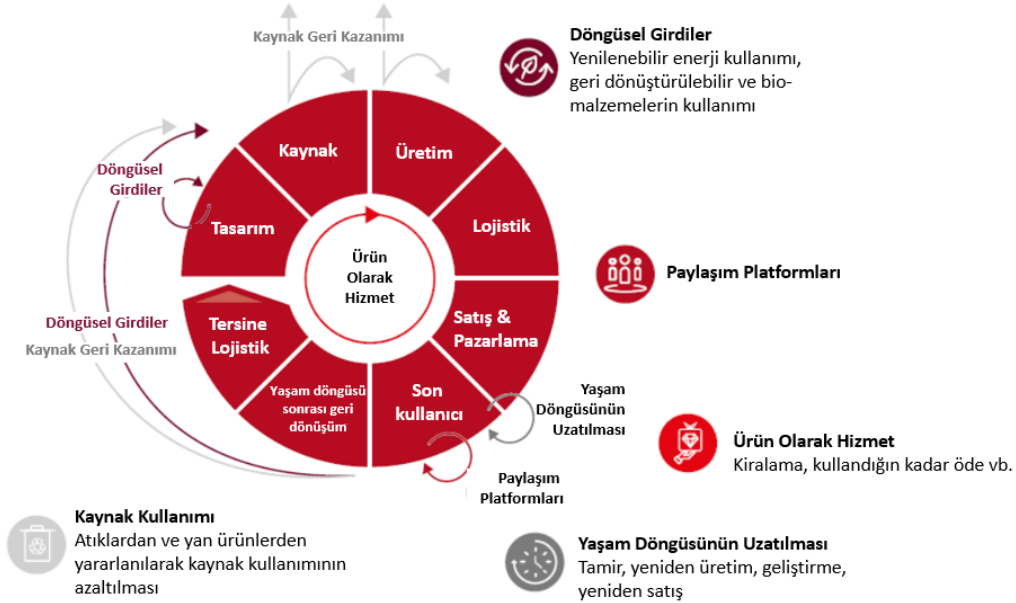
#### **2.1.4 Döngüsel ekonomi uygulamaları**

Döngüsel ekonomi, yukarıda görüldüğü gibi 8 ana başlıkta toplanabilir. Genel olarak, döngüsel ekonomi “değer döngüsü” içerisinde 5 ana iş modeli içerir. 3 iş modeli üretime odaklanırken (döngüsel girdiler, ürün yaşam döngüsünün uzatılması ve kaynak kullanımı/ geri kazanımı), 2 iş modeli (paylaşım platformları ve ürün olarak hizmet) tüketim ve ürün ile tüketici arası ilişkiye odaklanır (Şekil 2.4).

- Döngüsel girdiler: ürüne tasarım, kaynak, üretim aşamalarında entegre edilen girdileri içerir. Girdiler yenilenebilir enerji kaynağı, kaynak tüketimini azaltıcı her faaliyet, geri dönüştürülebilir ve biyo-malzeme kullanımını içerir. Sıfır atık yaklaşımının da ötesine geçer ve atıkların tekrar kullanımına odaklanır.
- Paylaşım platformları: paylaşım platformları ürünlerin kiralama, paylaşım, değiş tokuş, ödünç verme, hibe edilme veya takas edilmesini kolaylaştırır. Paylaşım platformunun kendisi herhangi bir ürün sunmaz. Talep eden ile arz edeni bir araya getirir ve platformlar üzerinden gerçekleştirilen işlemler için belirli oranda ücret alarak para kazanırlar.
- Ürün yaşam döngüsünün uzatılması: ürünün kullanımını uzatmaya odaklanır. Ürün kullanımının maksimumda tutulması hedeflenir. Ürün yaşam döngüsünün uzatılması, ürün olarak hizmet ve paylaşım platformlarının da gelişimine katkıda bulunur.



- **Kaynak kullanımı/ geri kazanımı:** kaynak geri kazanımı, atık hiyerarşisine döngüsel ekonomi perspektifi ile bakıldığında en çok tercih edilen iş modelidir. Atık hiyerarşisine göre yaşam döngüsünü tamamlayan ürünlerden değer yaratmak için sırasıyla şu seçenekler değerlendirilmelidir: atık engelleme, engellenemiyorsa azaltımı; kapalı döngü geri dönüşüm (atıkları üretimde tekrar kullanılması), ileri dönüşüm (atıklardan faydalanarak orijinal üründen çok daha ileri kalite ürün elde etmek), kaskatlama (herhangi bir materyalin komponentlerine parçalanması işlemi) ile atığın kullanılarak orijinal üründen daha alt kalitede bir ürün elde edilmesi, enerji geri kazanımı ve düzenli depolama sahalarına göndermek [2].
- **Ürün olarak Hizmet:** Ürün olarak hizmet modelinde ürünün sahibi üreticidir. Ürünün farklı seçeneklerle birden fazla kişiye sunulmasını içerir. Şirketler, ürünün yanı sıra tasarım, kullanım, bakım, yeniden kullanım, yeniden üretim ve geri dönüşüm yoluyla ürünün yaşam döngüsünü uzatmak üzere servis hizmeti verir. Böylece müşteriler de “tüketici” olmak yerine “kullanıcı” olurlar. Bu hizmetin sağlanması ile çevresel ayak izinde %20- %50 arası düşüş sağlanabilmektedir [2].



**Şekil 2.4 : Döngüsel ekonomi yaklaşımları veri modelleri.**

2050'ye kadar dünya nüfusunun 9.2 Milyar kişiye erişmesi beklenmektedir. Günümüzde 3.6 milyar kişi olan orta sınıf nüfusun 2030'a kadar 5.3 Milyar kişiye erişmesi beklenmektedir [15]. Yaşam standartlarının gelişmesiyle, tüketim ve talep artışı oluşacağı öngörülmektedir. 2030'a kadar, gıdaya %35, suya %40, enerjiye %50 talep artışı beklenmektedir [16]. Doğal kaynaklar bu hızla tüketilmeye devam

edemeyeceği için, ürünler ve materyallerin ekonomiye geri kazandırılması gerekmektedir. Mevcut durumda dünyanın taşıma kapasitesinin 1.75 katı tüketilmektedir; bu da doğal kaynakların normalden %75 daha fazla kullanılması anlamı taşımaktadır [17].

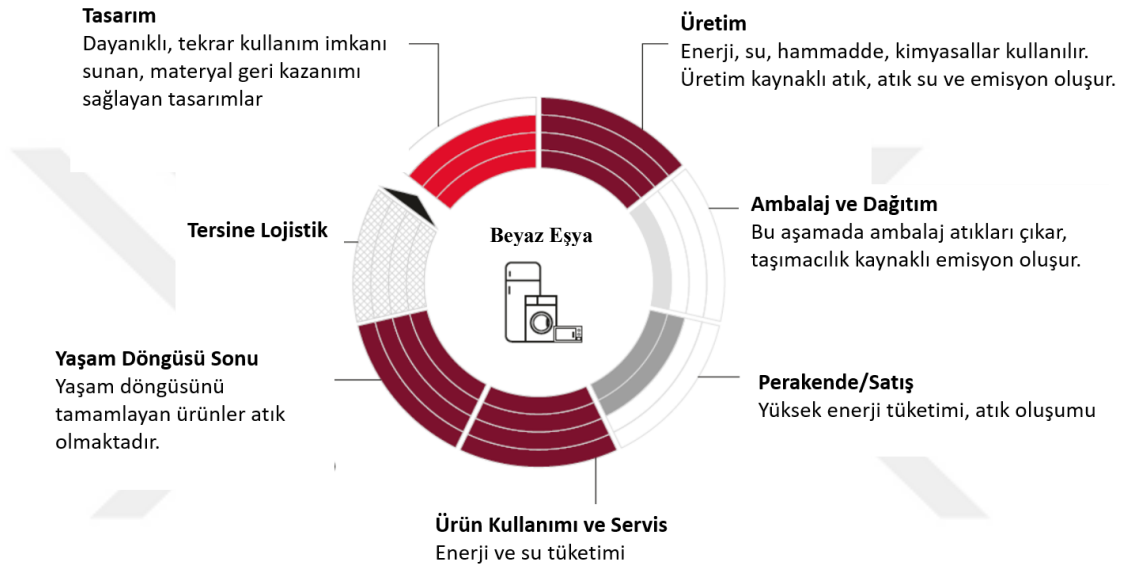
IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli)'nin en son yayınladığı rapora göre, küresel ısınma mevcut hızla sürerse, 2030-2052 arasında sıcaklığın 1.5 derece artış kaçınılmaz olacağı ayrıca 2100'e kadar 3 ila 5 derece daha sıcak olacağı vurgulanmıştır. 1.5 derecelik ısınmanın altında kalabilmek için yalnızca 12 yıl vardır. 1.5 derecelik ısınmanın üstüne çıkan her derece, dünya genelinde kuralık, sel, olağanüstü hava koşulları, milyonlarca insanın fakirleşmesi anlamı taşımaktadır. 1.5 derecelik ısınmanın ekonomik etkilerinin 2100 yılına kadar 54 Trilyon Dolara ulaşması beklenirken bu etki 2 derecelik ısınmada 69 Trilyon Dolara ulaşmaktadır [18].

Döngüsel ekonomi yaklaşımlarını sektör bazında incelemek için öncelikle sektörün ısı haritası çıkarılmalıdır. Her bir aşamada (ürünün tasarımından üretimine, satışından yaşam döngüsü sonu uygulamalarına kadar) değerlendirmeleri yapılmalı ve hangi aşamalarda en fazla atık çıktığı belirlenmelidir. Üretim prosesleri sebebiyle oluşan atık miktarına ek olarak, emisyon, gürültü, atıksu miktarları da belirlenmeli ve minimizasyon çalışmaları yapılmalıdır.

Avrupa Birliği'nde her yıl 1 Milyar Küçük ve Büyük Ev Aletleri satılırken; bu ürünleri üretmek için yaklaşık 6 Milyon ton hammadde kullanılmaktadır [19]. Ürün kullanımı sebebiyle oluşan emisyonlar da oldukça kritiktir. Avrupa Birliği'nde yalnızca mikrodalga fırınlardan yıllık 7.7 Milyon ton karbondioksit emisyonu oluştuğu raporlanmaktadır. Bu da AB'deki araçların yıllık emisyonu ile eşdeğerdir [20].

Şekil 2.5 görüleceği üzere beyaz eşya sektörü için en kritik 3 aşama; üretim, ürün kullanımı ve servis ile yaşam döngüsü sonu aşamalarıdır. Üretimde enerji, su, hammadde ve kimyasal kullanımı sebebiyle oluşacak atıklar sektörel olarak değişmekle birlikte; bu atıkların farklı şekillerde değerlendirilmesi de mümkündür. Atıklar geri kazanılabilir, yeniden değerlendirilerek farklı sektörlerde kullanılabilir. Ürün kullanımı ve servis aşamasında; ürünlerin tükettiği su ve enerji miktarı oldukça kritiktir. Yeni regülasyonlar, kullanıcıların çevreci ürünlere olan ilgisi ve daha fazla ödeme isteği, enerji ve su verimli ürünlerin tüketici faturalarına olumlu yansımaları

sebebiyle ürün kullanımından kaynaklanan çevresel ayak izini azaltmak oldukça önemlidir. Servis hizmetlerinden kaynaklanacak atıkların da (örneğin yeni satın alınan ürünlerde kurulum aşamasında oluşacak ambalaj atıkları, üründe arızalı parça değişimi sebebiyle oluşacak atıklar ve bu atıkların değerlendirilmesi) yönetimi ve ekonomiye geri kazandırılması oldukça önemlidir. Bir ürün kullanım ömrünü tamamladığında ya da tüketici tarafından kullanım ömrünü tamamlamasa dahi değiştirildiğinde beyaz eşya “Atık Elektrikli ve Elektronik Eşya-AEEE” ye dönüşmektedir. AEEE’lerin ekonomiye geri kazandırılması oldukça kritiktir.



**Şekil 2.5 : Beyaz eşya sektöründe döngüsel ekonomi modeli [2].**

#### **2.1.4.1 Atık poliüretan ile endüstriyel simbiyoz**

Sentetik plastikler ilk olarak Henri Victor Regnault tarafından vinil klorür ile gerçekleştirilen polimerizasyon reaksiyonunun keşfinden sonra 1835'te ortaya çıkmıştır. Sentezlenen plastikler arasında, çoğunlukla köpük biçimindeki poliüretanlar bulunmaktadır. Polimer yapıdaki bu plastik inşaat endüstrilerinde, otomotiv sektöründe, mobilya, ev aletleri, elektronik aletler, ayakkabı, ambalaj, tekstil ve konfeksiyon gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Yüksek uzama kapasitesi, yüksek enerji emme kapasitesi, agresif ortamlarda yüksek direnç, termal kararlılık, kimyasal direnç, ürünlerinde ve uygulama alanlarında çok yönlülük, kolay uygulanabilirlik, düşük maliyet ve nihai ürünlerin genel dayanıklılığının yüksek oluşu ve sürdürülebilirliğe olan katkısından dolayı poliüretan dünyada kullanılan yaygın bir plastiktir.

İnşaat mühendisliğinde altyapı onarımı, güçlendirilmesi, rehabilitasyonu ve korunması için yaygın olarak kullanılan poliüretan çekici morfolojisi ve niş uygulamalarına uyacak şekilde mikro yapısını değiştirme kabiliyeti ile mümkün olan çok çeşitli mekanik özellikleri nedeniyle oldukça gelecek vadeden ve çok yönlü bir malzemedir. Bu tür bir uygulama için çeşitli PU ürünleri kullanılmaktadır. Bunlar dökülebilir elastomerler, sert ve esnek köpükler, kaplamalar, elyaf ve kumaşlar, yapıştırıcılar, sızdırmazlık malzemeleri, termoplastikler ve dökülebilir kauçuklar olarak sıralanabilir [21].

Dünya çapında kullanılan en yaygın 6. plastik türü olarak sıralanan poliüretanlar, toplamda üretilen plastiklerin ortalama % 6-7'sini (10 Mt / yıl) oluşturmaktadır. Özellikle 2012 yılında yapılan bir çalışmaya göre Çin'deki poliüretan üretimi Dünyadaki toplam poliüretan köpüğü üretiminin %60'ına eşittir [22]. Endüstriyel ölçekte poliüretan köpüğün sentezi 1950'lerde başladı ve kullanımları 1990'lara kadar yavaş yavaş büyüdü. Teknolojik gelişmeler yeni formülasyonlara yol açtı ve otomotiv, ayakkabı ve mobilya endüstrilerinde kullanım nedeniyle poliüretan üretimi yılda % 4.3 arttı. Dünya çapında poliüretan köpük üretimi 2000 yılında 8,5 Mt / yıl iken 2004 yılında 10,8 Mt / yıl olmuştur. Batı Avrupa için ise poliüretan köpük üretimi ve kullanımının 3.7 Mt/yıl üzerinde olduğu düşünülmektedir. 2018 yılında yapılan bir çalışmada dünyadaki esnek ve sert olmak üzere toplam poliüretan köpük üretiminin 18 Mt değerine ulaştığı belirtilmiştir [23].

Sert poliüretan köpük üretimi aşamasında atıkların %15'i de üretilmektedir. 2011 yılında poliüretan üretimi 7.5 milyon tona ulaşmıştır ve bunun yaklaşık %60'ı poliüretan köpüğüdür. Esnek köpükler ise toplam poliüretanın üretiminin yaklaşık %45'ine eşittir ve bu da yılda yaklaşık 7.9 milyon tona denk gelmektedir [23]. Atık olarak değerlendirilen poliüretan köpüğü miktarı yaklaşık 675.000 tondur [22]. Poliüretan köpüklerin endüstriyel tüketimi, teknolojik gelişmeler ve yeni endüstriyel uygulamalarda kullanılması nedeniyle artmıştır. Kauçuk gibi tehlikeli organik bileşiklerin emisyonununa neden olmadığından poliüretan köpükler müşteriler için güvenli olan sentetik polimerler haline gelmiştir. Ayrıca poliüretan köpüklerin ticari açıdan kolay ulaşılabilir olması, ahşap, çakıl ve bazı metallerin yerine kullanılabilir olması da kullanımının yaygınlaşmasına katkı sağlamıştır [24].

Poliüretan atıklarının için öncelik sırasına göre yakma, depolama ve geri kazanım prosesleri uygulanmaktadır. Poliüretan atıklarının depolanması zamanla sıkıntılı bir

hal almıştır. Düşük yoğunluklu, yüksek hacimli atıklar zor ayrıştığından dolayı düzenli depolanmaları sorun yaratmıştır.

Poliüretan köpükleri termal yollarla üretilen bir malzeme olduğundan, üretim sırasında ana polimerin fiziksel ve kimyasal yapısının yanında mikro yapısı da bozulur. Dolayısıyla poliüretan atıklarının geri dönüşümü çok zor ve çevresel açıdan tehlikeli bir iştir. Çünkü ısı ile sabitlenmiş PU'ların geri kazanımı sırasında atmosfere HCB dioksin ve küçük boyuttaki partiküler maddeler salınmaktadır [25]. PU köpük atıkları genelde başka bir yöntem uygulanamıyorsa yakma prosesinden geçirilip bertaraf edilmektedir.

Avrupa'da 2003 yılında üretim sürecinde üretilen poliüretan köpük atığının yaklaşık 100.000 ton/yıl olduğu tahmin edilmektedir. Yine Avrupa'da poliüretan köpük üreten çok sayıda küçük endüstriden elde edilen verilere göre, nihai müşteriler tarafından üretilen toplam poliüretan atığı yaklaşık 2,1 Mt / yıl 3.6 Mt / yıl arasında değişmektedir. Bu miktar Cregut ve diğerleri [24], 2013'e göre İzlanda'yı 1 m atık yığını ile kaplayabilmektedir. AB'de geri dönüştürülen poliüretan köpük miktarının tüm plastik atıklar için % 58 veya her yıl yaklaşık 2,1 Mt poliüretan atık olduğu tahmin edilmektedir [24].

Gómez-Rojo ve diğerleri [25], 2019 yılına göre 2017 yılında, üretilen 2,6 Mt poliüretan köpüğünün tahmini %27.3'ü depolama alanında bertaraf edilmiştir bu da yaklaşık 700.400 ton atığa eşittir. Kalan atığın %31,1'i geri dönüştürülmüştür. Atığın %41,3'ü de yakılmıştır.

Plastik atıklara benzer şekilde poliüretan köpükler için atık yönetimi 3 geleneksel işleme ayrılmıştır: çöp sahalarında birikim (0.9 Mt/yıl), yakma (0.7 Mt/yıl) ve geri dönüşüm (0.5 Mt/yıl) [24]. Böylece, poliüretan köpüklerin yaygın kullanımları yanında, birikimleri ile ilgili yeni sorunlar ortaya çıkmıştır. Cregut ve diğerleri [24], 2013 yılına göre poliüretan köpükler, hacim ve ağırlık bakımından ABD ve Japonya'daki çöp sahalarındaki katı plastik atıkların %30 ve %10'unu oluşturmaktadır.

Görüldüğü gibi yıllar geçtikçe üretilen poliüretan atık miktarı da artmaktadır. Bugüne kadar, poliüretan atık birikimi problemini çözebilecek çevre dostu çözümler tespit edilmemiştir. Bu atıkların yakılması artık bu atıkların yarattığı kirliliği sınırlamak için ideal bir çözüm değildir.

Dolayısıyla yakma ve depolama işlemleri çevresel olarak tehlikeli olduğundan, poliüretanlar için farklı şekilde geri kazanım yöntemleri geliştirilmiştir. Bu bakımdan poliüretan atıklarının çimento, asfalt, alçı ve yeni poliüretan üretiminde kullanımı üzerine çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda öncelikli olarak Poliüretan köpük atığının fiziksel ve kimyasal yapısı önem taşımaktadır. Çünkü özellikleri bilinen atık maddenin geri kazanımı sırasında sergileyeceği davranışı anlamak mümkün olabilmektedir [25].

Genel olarak bu atıkların geri dönüşümünde uygulanan 4 temel geri kazanım yöntem bulunmaktadır. Bunlar;

- 1.Mekanik geri dönüşüm
- 2.Kimyasal geri dönüşüm
- 3.Termokimyasal geri dönüşüm
- 4.Enerji geri kazanımı

olarak sıralabilmektedir.

Poliüretan atıkları için mekanik (fiziksel) ve kimyasal geri dönüşüm en önemli yoldur. Fiziksel geri dönüşüm yöntemi kolay ve nispeten aktif uygulama nedeniyle kısa vadede etkili bir araçtır. Kimyasal geri dönüşüm yönteminin ise yüksek teknik zorluğu nedeniyle kısa vadede büyük ölçekli endüstriyel uygulamaları beklenmemektedir [22]. Poliüretan köpüklerini öğütüp bu küçük malzemeleri yeni bir malzemeye entegre etmek, bu atıkların geri dönüşümü için uygulanabilecek en önemli yollardan biridir [26].

Yoğunluğu 20-80 kg/m<sup>3</sup> arasında değişen çok çeşitli bileşime sahip poliüretan köpükleri ham madde olarak kullanılabilir. Böylece ekonomik olarak bir değere sahip olan atıklar, çevreye zarar vermeden tekrar kullanılabilir.

Mekanik geri dönüşümde poliüretan köpükleri pudra gibi çok küçük partikül boyutunda parça haline getirilmektedir. Bu işlem farklı hızlarda dönen silindir ile gerçekleştirilmektedir. Parçalama işlemindeki amaç homojenizasyonu sağlamaktır. Homojen hale gelmiş atıklar mekanik olarak geri kazanıma hazır hale gelmektedir. Oluşan mikro yapıdaki yeni ürün endüstriler tarafından inert dolgu malzemesi veya yeni poliüretan bileşiği üretiminde seyreltici olarak kullanılabilir [26].

Poliüretan atıklarının mekanik geri dönüşümü için tekrar taşlama, yeniden bağlama, yapışkan presleme, sıkıştırma ve enjeksiyon kalıplama yöntemleri kullanılmaktadır.

Tekrar taşlama işleminde poliüretan köpük atıkları yeni köpük üretmek için toz haline getirilir. Tozlama olarak da tanımlanan bu yöntem atıkların poliüretan köpüklerde veya elastomerlerde dolgu maddesi olarak yeniden kullanımına olanak sağlamaktadır.

Yeniden bağlama işleminde ise; poliüretan atıklarına daha yüksek yoğunluk ve daha hafif sertlik gibi yeni özellikler kazandıran bir yöntemdir. Öncelikle köpük atıklar depolama silolarından dönen bıçaklara veya karıştırıcılara sahip sabit bir tamburdan oluşan bir karıştırıcıya iletilir ve ardından atıkların üzerine bir yapışkan karışım püskürtülerek nihai ürünler elde edilir.

Yapışkan presleme birçok plastik atık ve bunların karışımları için uygulanan bir yöntemdir. Bu işlem sonucunda oluşan suya ve neme karşı geçirimsiz olan yarı mamul paspas, halı altlığı, spor salonu zemin parçaları ve otomotiv ses yalıtımı üretiminde kullanılmaktadır.

Sıkıştırma prosesinde ise atık poliüretan köpükleri sıkıştırılıp kalıplandıktan sonra otomotiv sektöründe kullanmak amacıyla yüksek basınç ve ısıya maruz bırakılmaktadır. Bu yöntemle poliüretan atıklarına ve hurdaya çıkarılan araçlardan alınan poliüretanlara yönelik bir geri kazanım yöntemidir.

Enjeksiyon kalıplama yönteminde ise poliüretan köpük atıkları ve plastik atıklardan oluşan karışımın yüksek sıcaklık ve basınçta şekillendirilerek otomotiv parçalarının üretiminde kullanılmaktadır. Özellikle sert poliüretanlardan üretilmiş tozun bu proses ile yeni ürün eldesinde çok etkili olduğu belirtilmektedir [27]. Örneğin Toyota, polihidrik alkole ambalaj olarak %10 toz poliüretan tozu ekleyerek çamurluk yapmıştır. Böylece % 4-5 oranında maliyeti düşürmüştür [22].

Boyutu küçülmüş atıklar hidroliz, asidoliz ve glikoliz gibi kimyasal yöntemler ile geri kazanıma yatkın hale gelmektedir. Kimyasal geri dönüşümde amaç kimyasal ve petrokimya endüstrisinde sentez malzemeleri olarak kullanılabilen monomerler olarak bilinen temel hidrokarbonlu yapıların elde edilmesidir [23]. Kimyasal açıdan poliüretan atıkları incelendiğinde, ana bileşenleri makro-diol (fonksiyonel grup -OH) ve di- veya poliizosiyanatlardır (fonksiyonel grup -NCO) (Somarathna et al., 2018). Bu iki fonksiyonel grup, ekzotermik reaksiyon sonucunda oluşan üretan bağı (-O (CO) (NH) -) ile bağlanmış genişletilmiş zincirler ve ağlar oluşturur [21].

Genel olarak kimyasal geri kazanım prosesinde, reaksiyonun gerçekleşmesi için yüksek sıcaklık ve yüksek basınç gerekmektedir. Dolayısıyla kimyasal geri dönüşüm işlemlerinde ekipman ve kimyasal kullanımı yüksektir [22]. Özellikle poliüretan atıklarının kimyasal geri kazanımında en etkili olan yöntem glikoliz olup glikolizin yanı sıra hidroliz, aminoliz, fosforoliz de uygulanan diğer yöntemlerdir.

Poliüretan atıklarının glikolizinde, poliüretan içerisindeki karbonil karbonuyla glikol içerisindeki hidroksil grubunun yer değiştirmesi ile meydana gelir. Reaksiyon sonucunda aminler, üretan, glikol ve karbondioksit oluşmaktadır. Fazla glikol ile gerçekleştirilen glikoliz reaksiyonunda poliüretan içerisindeki poliol daha fazla geri kazanılabilmektedir. Burada önemli olan reaksiyon sıcaklığını ve oluşan yan ürünleri kontrol altında tutup, glikoliz prosesi sırasında hidroliz oluşumunu engellemektir. Bunun için poliüretan köpüklerinin glikoliz ile geri kazanımında reaksiyon sıcaklığının 190 °C'nin altında olmaması gerekmektedir [23].

Çeşitli poliüretan köpük atıklarının glikoliz ile geri kazanımı inceleyen bir çalışmada kaplama işlemeinden arta kalan köpüklerin glikolizi için maksimum 240 °C'de 2: 1 ila 10: 1 arasında değişen oranla köpük atık-potasyum asetat (KAc) veya köpük atık-sodyum hidroksit (NaOH) kullanımı önerilmektedir. Sert köpükler için düşük moleküler ağırlıklı, düşük viskoziteli ve yüksek hidroksil sayısına sahip tek bir homojen faz sağlayan glikol kullanımı önerilmektedir. Polieter poliol ve toluen diizosiyanat (TDI) bazlı esnek PU köpükleri için ise 1: 1 oranda düşük ağırlıklı glikol olan etilen glikol kullanarak 190 °C'de glikoliz yapılması tavsiye edilmektedir [23].

Poliüretan atıklarının termal geri kazanımında piroliz, gaz haline getirme ve hidrojenasyon yöntemleri uygulanmaktadır. Piroliz yöntemi ile oksijensiz ortamda poliüretan atıklarının yağ kısmı ayrılıp mobilya söktöründe kullanılan bir yapışkan madde elde edilmektedir. Poliüretan köpük atıklarının gazlaştırılması ile yakıt değeri taşıyan syngaz olarak adlandırdığımız sentez gaz eldedilmektedir. Poliüretan atıklarına uygulanan hidrojenasyon ise ısı ve yüksek basınçlı hidrojen gazının kullanılmasıyla piroliz yöntemiyle elde edilen saf gaz ve yağdan miktarca daha fazla elde edilmektedir. Ekonomik olarak pirolizden daha pahalı olan hidrojenizasyon, piroliz ve gazlaştırma arasında her iki yöntemi de içeren bir prosestir.

Poliüretan atıklarına uygulanabilecek bir diğer geri dönüşüm yöntemi ise enerji geri kazanımıdır. Enerji geri kazanımı genellikle, ekonomik değeri bulunmayan geri



kazanılmış malzeme için tek uygun bertaraf yöntemi olarak kabul edilebilmektedir. Enerji geri kazanımı için poliüretan atıkları yakılmaktadır. Yanma yoluyla atık hacmini% 99 oranında azaltabilmektedir. Böyle düzenli depolama için gerekli alan ihtiyacı da azalmaktadır. Poliüretan atıkları yağdan türetildiği için kömürle karıştırıldığında petrole kıyasla düşük de olsa enerji potansiyeline sahiptir. 1 kg poliüretan atığının yanması sonucunda yaklaşık 7000 kcal enerji açığa çıkmaktadır ve bu da aynı kömür ağırlığına eşdeğer ısı sağlayabilir enerji sağlamaktadır [22]. Örneğin belediye atıkları ile karıştırılan poliüretan atıkları yakılarak İsviçre, İsveç, Almanya ve Danimarka’da yerel topluluklara elektrik ve ısı enerjisi sağlanmaktadır [27]. Amerikan poliüretan sanayi federasyonu yapmış olduğu deneyler sonucunda belediye katı atıklarında atık poliüretan elastomer ve katı plastik atıkların diğer bileşenlerini (en fazla% 20) ekleyerek yakıt kalorifik değerini artırabileceğini göstermiştir. Ayrıca eko atık olarak adlandırılan yeni bir kompozit yakıt üretmek için kömürle poliüretan atıklarını karıştırarak yeni ve çevre dostu bir bertaraf yöntemi geliştirmişlerdir [22]. Diğer bir taraftan ızgara yakma sisteminde egzoz gazı devridaim koşulları altında otomobil koltuklarından arta kalan poliüretan köpüklerin yakılması sonucunda minimum azotoksit (NO) ve karbonmonoksit(CO) emisyonu olduğu gözlenmiştir. Fakat atık içerisinde bulunan safsızlıklar yanma prosesini geçiktirebildiği gibi, yakma prosesi tehlikeli gaz emisyonlarına da neden olmaktadır [27].

Calderoń ve diğerleri [26] tarafından yapılan çalışmada poliüretanların alçı malzemesi içerisindeki miktarının alçının mukavemeti ve termal verimi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Alçı içerisinde poliüretan miktarı azaldıkça, oluşan karışımın yoğunluğunun da azaldığı ve termal olarak malzemenin ısıya direncinin arttığı görülmüştür. Alçının mukavemetine kullanılan atık poliüretan köpüğünün cinsinin ve tanecik boyutunun etkisi olmadığı görülmüştür. Aksine alçı içerisindeki poliüretan miktarının artması ile üretilen alçının mukavemetinin düştüğü görülmüştür. Çalışmalar sonucunda PU/Alçı oranının 2/1 veya daha düşük olması durumunda yüksek mukavemetli ve yanmazlık testinde geçen alçı karışımlarının elde edildiği gözlenmiştir.

Çalışmanın diğer kısmında poliüretan atıklarının çimento harcına katkısı çeşitli deneylerle farklı oranlarda yapılan karışımlarla incelenmiştir. Hazırlanan çimentolara tuz püskürtme testi, kükürt dioksit testi, sıcaksu testi gibi yaşlanma testleri uygulanmıştır.

Sonuç olarak poliüretan atıklarının imento harcı içerisine agrega olarak dahil edilebileceği görülmüştür. Böylece oluşan imento harcı daha hafif daha yüksek yalıtımlı, ısıtma işlemi uygulamaya gerek kalmadan kuru agrega gibi davranarak imento yapımında kullanılabilir. 0-6 mm tane boyutundaki PU atıkları geleneksel çimentoda kum, perlit, vermikülitin yerine geçebilmektedir.

Asfalt karışımına PU atıklarının ilavesi evre açısından pozitif bir etki yaratmaktadır. Asfalt kullanım alanının geniş olmasından dolayı çok fazla agrega ve asfalt bağlayıcının tüketildiği bir malzemedir. Sıcak bitümlü bir karışım olan asfalt içerisine PU ilavesi yapıldığında, PU bitüm ile reaksiyona girer ve yeni bir kompozit meydana gelir. Bu yeni kompozitin geleneksel asfalta göre daha kararlı ve daha az deforme olan, sonuçta daha sert ve daha az boşluklu yapıda bir ürün olduğu görülmüştür [26]. Poliüretan köpüklerinin parçalandıktan sonra tekrara kullanımı sonucu üretilen yeni ürünlerde termal iletkenliğin geliştiği açıkça söylenebilmektedir. İnaaat malzemesi olarak poliüretan atıklarının kullanımı ile kaplamalarda veya prefabrik levhalarda ısı yalıtımı olarak enerji verimliliği sağladığı çalışmalar sonucunda gösterilmiştir.

PU atıklarının termal izolasyon malzemesi olarak kaplamada kullanımı iç yapı sıcaklığını korumasından ötürü yapı teknolojisinde ilgi çekmektedir. Böylece enerji maliyetini ve başka ısı sistemine olan ihtiyaı azaltmaktadır. Yapılan termogravimetrik analizler bu sonucu destekler niteliktedir. Hazırlanan kompozit numunelere yapılan analizler sonucunda kompozitlerde kütle kaybının geleneksel malzemeye göre azaldığı ve kaplamanın termal stabilitesinin arttığı görülmüştür. Ayrıca yapılan analizler sonucunda dolgu malzemesi içerisindeki PU miktarı arttığı kaplamaların yapışma mukavemeti de arttığı görülmüştür.

Poliüretan köpük atıkları inşaat malzemesi olarak kullanılmadan önce çeşitli testlerden geçirilmektedir. Gmez-Rojo ve diğerleri [25] tarafından yapılan çalışmada beş farklı poliüretan atığı üzerinde kimyasal olarak elementel analizler, termogravimetrik analizleri, li testleri yapılmıştır. poliüretan atıklarının mikro yapıları ise sem ile incelenmiştir. Ardından atığın granül yapısı ve yoğunluk ve su emme kapasitesi gibi fiziksel özellikleri belirlenmiştir. 3 adet PU atığı soğutma sektörü için yalıtım paneli üreten firmalardan blok ve pellet halinde alınmıştır. Diğer atıklar ise araba üretimi yapan ve araba koltukları üreten iki firmadan alınmıştır. Çalışma sonucunda bütün polimerlerin 200°C'nin üzerinde bozunduğu görülmüştür. Çalışmaya göre araç koltuğu üretiminden arta kalan blok halindeki poliüretan atıklarda daha yüksek sıcaklıkta

(400°C) bozulma meydana gelmektedir. Poliüretan atıklarının yapı malzemelerinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Poliüretan köpük atıklarının partikül yapıları, atıkların üretildiği endüstriler etkilidir. Özellikle soğutma endüstrilerinden alınan kapalı gözenek yapısındaki poliüretan atıklarının ısı yalıtımında yeterli termal yalıtım sağladığı gözlenmiştir. Açık gözenek yapısına sahip poliüretan atıklarının ise akustik emici olarak kullanılabileceği yapılan testler sonucunda gözlenmiştir. Yapılan çalışmada son olarak poliüretan köpük atıkların hacimsel olarak 1/1,5 oranda alçı içerisine dahil edilmesi ile 2MPa'nın üzerinde sıkıştırmaya karşı yeterli mekanik direnç gösterdiği gözlenmiştir. Buna ek olarak poliüretan ile hazırlanmış alçının ısı iletkenliğinde %33 azalma ve malzemenin ağırlığında %31 azalma sağlanmıştır.

Yanmazlık testi ve kalorifik değer testi ile ilgili olarak, sadece sert poliüretan köpük atıklarından blok halindeki soğutma sektörü yalıtım paneli üretiminde arta kalan poliüretan atıklarının binaların iç cephe kaplama malzemeleri için ideal olduğu görülmüştür. Ayrıca sert ve safsızlık içermeyen poliüretan atıklarının A1 sınıflandırmasına (yanmaz) sahip standartları karşıladığı görülmüştür [25].

Poliüretanların biyolojik bozunmalarına yönelik yapılan bir çalışmada poliüretan atığının mikrobiyal katalizörler kullanılarak biyodegradasyonunun mümkün olduğu görülmüştür. Poliüretanlar çözünür substratlar olmadığından, doğrudan ortam içine salınan serbest enzimler, düşük enzim-substrat teması nedeniyle yığın substrata bağlanmada bir miktar verimsizdir. Fakat mekanik olarak parçalanmış poliüretan köpüklerinin yüzey alanı arttığı için mikroorganizmalarca parçalanması mümkün hale gelmektedir. Çalışma iki aşamadan gerçekleşmektedir. Öncelikle Üreaseaktivite adı verilen evrede dallanmış polimere ürean enzimi bağlanır. Ardından Esteraz evresinde iki üreanın bağlandığı noktalardan kısmi biodegradasyon gerçekleşir. bu işlem sonucunda Diethyleneglycol, Adipicacid, Trimethylolpropane gibi ekonomik değeri olan yeni bileşikler oluşur [24].

Görüldüğü üzere poliüretan köpük atıkları çeşitli yollarla geri dönüştürülebilmektedir. Ayrıca her yöntemin kendine özgü avantajları ve dezavantajları vardır. Fakat geri dönüşümün daha etkili bir yol olduğu söylenebilmektedir.

#### **2.1.4.2 Gerçek su fiyatının matematiksel modellenmesi**

Gerçek su fiyatının (internal water price) matematiksel modellemesi, döngüsel ekonominin temel prensipleri ile doğrudan ilişkilidir. Bu prensipler sırasıyla açıklanacaktır.

**Atık ve kirliliğin sistemden uzaklaştırılması:** Bir ürünün üretilmesi sırasında, ürünün daha tasarım aşamasında iken çevresel etkilerinin %80'inin belirlenmesi mümkündür. Bu nedenle atık ve kirlilik bu aşamada alınan kararların sonucunda oluşur. Atıkları tasarım kusuru olarak görerek, yeni malzeme ve teknolojileri kullanarak ve en önemlisi bakış açımızı değiştirerek atık ve kirliliğin daha en başından sistemden uzaklaştırılması mümkündür.

**Ürün ve materyallerin sürekli kullanımda tutulması “bir şeyleri kullanmaktan ziyade, bir şeyler kullanan ekonomi inşaa etmek”:** Doğal kaynakları kullanım hızımız, artan nüfusla birlikte her geçen gün artıyor. 2019 yılında “Dünya Aşım Günü” 29 Temmuz olarak belirlendi. Yani, 29 Temmuz itibarıyla dünyamızın yıllık olarak bize sunduğu tüm kaynakları çok öncesinden tüketmiş olduk. Bu tarih her geçen yıl daha da öne çekiliyor. 2017 yılında bu tarih 3 Ağustos iken, 2018 yılında 1 Ağustos olarak belirlenmiştir [13]. Bu tarih, Türkiye için 27 Temmuz olarak belirlendi [14]. Bu sebeple, doğal kaynaklar bu hızla tüketilmeye devam edilemez. Ürünler ve materyaller ekonomi içerisinde döngüsel şekilde tutulmalıdır. Geri dönüştürülebilen, yeniden kullanılabilen, tamir edilebilen, yeniden üretilebilen ürünler ve parçalar üretilmelidir. Ancak, “sonsuz kadar kalıcı” bir sistem kurmak, bazı durumlar için yeterli değildir. Gıda ve ambalaj söz konusu olduğunda; bu materyallerin düzenli depolama sahalarına gönderilmektense ekonomiye geri kazandırıldığından emin olunmalıdır.

**Doğal sistemlerin yeniden canlandırılması:** Döngüsel ekonomi, doğayı korumakla kalmayarak, doğanın gelişimine katkıda da bulunur. Doğada atık diye bir kavram yoktur, doğanın kendi içerisinde oluşturduğu her şey başka biri için bir gıdadır; ağaçtan düşen yaprağın toprağı besleyerek ormana dönüşmesi gibi. Değerli nütrientlerin toprağı ve ekosisteme geri kazandırılması ile doğal kaynakların geliştirilmesi ve canlandırılması sağlanır.

Döngüsel ekonominin en genel faydaları şu şekilde sıralanabilir:

- Hızlı hareket eden tüketim malları sektöründe, yıllık 700 Milyon \$ malzeme tasarrufu

- 2030'a kadar Karbon emisyonlarında %48 azaltım
- Gıda sektörü ile bağlantılı sağlık maliyetlerinde 500 Milyar \$ azaltım
- AB haneleri için yıllık harcanabilir gelirden 3.000\$ artış

Günümüzde mevcut yaklaşım, “doğrusal ekonomi” ya da “geri dönüşüm ekonomisi” olarak adlandırılabilir. Doğrusal ekonomide 3 yaklaşım vardır: “çıkart, üret, at”. Bu 3 yaklaşım, doğal kaynakların çıkarılması, ürün üretme amacıyla kullanılması ve en nihayetinde yaşam döngüsünü tamamlayan ürünlerin (istenmeyen, ihtiyaç duyulmayan) atık haline gelmesiyle sonlanır. Doğrusal ekonominin bu sebeple değişmesi gerekmektedir. Değişim için 3 aşamalı bu sistemin her bir aşamasında dönüşüm gereklidir. Doğal kaynakların yönetimi, ürünlerin üretimi ve kullanımı, yaşam döngüsünü tamamlayan ürünlerin daha sonrasında nasıl yönetileceği konuları bu kapsamda değerlendirilmelidir [15].

#### **Döngüsel ekonomi ve iklim değişikliği:**

Küresel iklim krizine ile mücadelede verilen tepkiler mevcut durumda eksik bir tablo çizmektedir. Küresel iklim hedeflerine ulaşılması için, döngüsel ekonomi temel bir araç olarak kullanılabilir. Doğrusal ekonomiden döngüsel ekonomiye geçiş, emisyonları minimize etme aşamasında en önemli adım olarak gösterilmektedir. Geçişin tek faydası emisyon azaltımı değildir; ayrıca küresel iklim krizi etkilerine karşı dirençliliği de (rezilyans) artırır.

Sera gazı emisyonlarının iklim değişikliğine sebep olduğu bilinmektedir. Sera gazı emisyonlarının esas kaynağı ise “çıkart-üret-at” yaklaşımını benimseyen günümüz yaklaşımı doğrusal ekonomidir. Fosil yakıtlara dayanır, kaynakların uzun vadeli yönetimini göz ardı eder. Üretimin devamlılığını esas alır. Paris Anlaşmasında belirtilen 1.5 derece hedefine ulaşmak için, 2050'ye kadar “Sıfır Emisyon” hedefine ulaşabilecek şekilde adım adım ilerlenmesi gerekmektedir. Bu hedef yerine getirilse bile, iklim değişikliğinin küresel ekonomiye olan etkisinin 2100 yılına kadar 54 trilyon dolara ulaşması ve her sıcaklık artışıyla bu maliyetin daha da artacağı ön görülmektedir.

Bugüne kadar küresel iklim kriziyle mücadelede yalnızca yenilenebilir enerjiye geçiş alanına odaklanılmıştı. Her ne kadar bu çok önemli bir adım olsa da emisyonların yalnızca %55'ini oluşturuyor. Geriye %45'lik emisyon kalıyor ki bu emisyonların kaynağını araçlar, giysi, gıda ve diğer ürünler oluşturuyor. Döngüsel ekonomi tam bu

noktada, ürünleri kullanım ve üretim aşamalarını “dönüştürerek” emisyon azaltımı sağlıyor. Döngüsel ekonomi stratejilerinin çimento, alüminyum, çelik, plastik ve gıda sektörlerinde uygulanmasıyla üretilen ürünlerden kaynaklanan emisyonların yarısı engellenebilmektedir; bu da toplam 9.3 milyar ton CO2 emisyonunun 2050’ye kadar azaltımı anlamına gelmektedir. Endüstride bu dönüşüm, varlıkların kullanım oranının artırılması (bina, araç...) ve ürünleri üretmek için kullandığımız malzemeleri geri dönüşü ile sağlanabilir. Böylece doğadan çıkartılan hammaddelerle üretilen (daha önce hiç geri dönüştürülmeyen) çelik, alüminyum, çimento ve plastiğe olan talep de azalır. Gıda sistemlerinde, renejeratif tarım uygulamaları ve atığı sistemin dışında bırakma yaklaşımları, karbonu toprakta tutmaya ve yenmemiş gıda, kullanılmamış yan ürünlerden kaynaklanan emisyonlardan kaçınılmasını sağlar.

Ürünlerin daima kullanımda kalmasını sağlayarak ekonomik büyüme ile hammadde tüketiminin ayrıklaştırılması sağlanır, iklim risklerine karşı kırılganlığı azaltır ve bu sayede esnekliği artırır [16].

#### **İklim değişikliği ve su güvenliği (CDP 2017):**

CDP, Carbon Disclosre Project-Karbon Saydamlık Projesi, global ölçekte çevresel saydamlık sistemi yönetimidir. Her yıl CDP iklim değişikliği, binlerce şirket, ülke, şehir ve bölgeyi su güvenliği ve ormansızlık alanlarındaki risk ve fırsatlarının yönetimi ve ölçümleri üzerine destekler [28] .

2017 yılında yayınlanan rapora göre, CDP şirketlerin su ve finansal çıktılar arasındaki ilk bağı oluşturan bir raporlama sistemini 2009 yılından beri uygulamaktadır. CDP tarafından su ile ilgili bilgi talebi, yatırımcıları, şirketleri, hükümetleri, şehirleri, eyaletleri ve bölgeleri daha fazla şeffaflığın önemli faydalarına dahil ederek bu konuyla ilgili tüm dünyadaki açıklamalarda bir artışa neden olmuştur.

2017 itibariyle, 2025 şirket CDP aracılığıyla su ile ilişkilendirilen risklerini ve etkilerini açıklamıştır. 2010’da 175 olan bu sayı tam 12 katına çıkarak büyük bir ivme kazanmıştır. Bu sayı 2018’de 2114’e ulaşmıştır [29].

2017 yılında 5.6 Milyar megalitre su çekimi raporlanmıştır. Bu hacim, Michigan gölü ile aynı büyüklüktedir. CDP kapsamında 639 yatırımcı şirketlerin su güvenliği üzerine etkilerini şeffaf şekilde paylaşımlarını isteyerek risklerini azaltmak üzere aksiyon planı talep etmiştir. 360 şehir (toplam nüfusu 634 milyon bulan)CDP’ye şeffaf şekilde raporlama yaparak kendilerini su risklerinden korumak ve dayanıklılığını arttırmayı

amaçlamışlardır. CDP şirketleri su alanında 91 ülkede aksiyon almaya teşvik etmiştir. 2017 yılında şirketler CDP aracılığıyla 3770 su riski raporlamış; su risklerinin operasyon, tedarik zinciri ve büyümeye olan etkilerinden bahsedilmiştir. Endüstriler için business as usual (aynı şekilde) su yönetimi artık devam edilebilecek bir yöntem değildir.

2017 yılında en büyük 5 risk sürükleyicileri aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- Su kıtlığında artış
- Sel
- Kuraklık
- Artan su stresi
- İklim değişikliği

En büyük 5 risk ise;

- Yükselen işletme maliyetleri
- Tedarik zincirinde meydana gelebilecek aksaklıklar
- Su temininde meydana gelebilecek aksaklıklar
- Büyümede meydana gelebilecek kısıtlamalar
- Marka zararı olarak özetlenmiştir.

CDP Raporunda belirtilen su güvenliğini sağlamak için;

Yatırımcılar, şirketler ve ülkeler tüm ekonomik faaliyetler için suyun en temel ve en önemli ihtiyaç olduğunu anlamalıdır. Su, iklim değişikliğine adaptasyon ve etkilerinin azaltılması için kritik bir öneme sahiptir. Su güvenliğini artırıcı adımlar atılmalıdır.

SDG-6 kapsamında, 2030 yılına kadar herkesin güvenli ve erişilebilir içme suyuna kavuşmasını sağlamak için altyapıya yatırım yapmak, sıhhi tesisleri inşa etmek ve her düzeyde hijyeni teşvik etmek gerekmektedir. Su kıtlığını azaltmak için ormanlar, dağlar, sulak alanlar ve nehirler gibi suyla bağlantılı ekosistemleri korumak ve eski haline getirmek bir zorunluluktur. Buna ek olarak, gelişmekte olan ülkelerde su verimliliğini teşvik etmek ve arıtma teknolojilerini desteklemek için uluslararası iş birliğine ihtiyaç duyulmaktadır.

Atıksuların güvenli bir şekilde arıtılması ve kirliliğin minimize edilmesi su ekosistemlerini korumanın en önemli yoludur. Şirketler suyu verimli kullanmak, suyun geri dönüşümü ve yeniden kullanımını sağlamak için inovatif yöntemler geliştirmelidir.

Sürdürülebilir su yönetimi için 6 alan bulunmaktadır. Bu alanlar;

**Şeffaflık:** her geçen gün su risklerini açıklayan şirket sayısı artmaktadır. Ancak, yatırımcı ihtiyaçlarının karşılanması için mevcut sayı yeterli değildir. Özellikle enerji sektöründe daha fazla şeffaflığa ihtiyaç duyulmaktadır. Şeffaflığın en yüksek olduğu sektörler sırasıyla; IT, malzeme, sağlık ve tüketici ürünleridir (74%, 54%, 48% ve 48%).

En şeffaf raporlama yapan ülkeler ise; güney afrika, almanya, birleşik krallık, fransa ilk 4 ülkedir. Listede Türkiye 9. Sırada yer almaktadır. Türkiye'yi ise Avustralya takip etmektedir.

**Risk değerlendirmesi:** şirketler, hem birincil operasyonlarını hem de tedarik zincirini içere global ölçekte su riski değerlendirmelerini yapmalıdır. 2017 yılında 148 şirket (toplam şirketlerin %20'si) geniş kapsamlı su riski değerlendirmesi geliştirmektedir.

**Kontrol & yönetim:** Su yönetimi, dünya genelindeki tüm büyük şirketlerin yönetim kurulu seviyesinde ele alınması gereken bir konudur. 2017'de 520 şirketin (%70) yönetim kurulu düzeyinde su sorunlarını ele alıyor ve bu sayede pazardan ayrışıyor, tüketici güvenini kazanıyor. Ayrıca operasyonlarında meydana gelebilecek olası aksamalara karşı hazırlıklı ve dayanıklı olduğu için operasyonlarına hızlıca devam edebiliyor.

**Ölçüm & izleme:** Şirketler su çekimlerini, deşarjlarını, su kalitesini, su tüketimlerini ve sanitasyon hizmetlerini iyi ölçüp takip etmelidir. 2017'de bu alanda raporlama yapan şirketlerin %63'ünün bu verileri çok iyi tuttuğu görülmüştür.

**Hedefler & amaçlar:** Tüm şirketler, su kalitesi ve erişilebilirliğe olan etkilerini minimize etmek için etkili hedefler koymalıdır. 418 şirketin su hedefi mevcuttur. Ancak bu hedefler kısa vadeli değil, uzun vadeli olarak da değerlendirilmelidir çünkü şirketler üretime devam ederken bulundukları havzanın suyunu tüketmektedir. Bu nedenle şirketler büyümek isterken bir yandan da su tüketimi etkilerini azaltmayı hedeflemektedir. Bu hedefi gerçekleştirmek, üretim yaptıkları havzaya bağlı olarak değişebilir.



**Tedarik zinciri katılımı:** şirketler, ürün ve hizmet satın alma şekillerini değiştirmelidir. Şirketler, değişimleri tedarik zinciri aracılığıyla daha yüksek hızda ve ölçekte yönlendirebilirler. 297 şirket, tedarikçilerinin su yönetim üzerine raporlama yapması için taahhüt almaktadır ve bu sayede tedarikçilerinin daha sürdürülebilir şekilde davranmalarını teşvik etmektedir.

Yüzleştikleri riskler için yüksek oranda para, zaman ve efor harcayan şirketlerin sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Üretim yapan fabrikalar, bulundukları havzada yarattıkları su stresini azaltmak ve uzun vadeli su risklerini minimize etmek için bazı aksiyonlar almaktadır. 2017’de, dünya genelindeki 91 ülkede su risklerini yönetebilmek için 23.4 Milyar US \$ tutarında 1.000 proje yapacaklarına dair taahhütte bulunmuşlardır.

Gerçek su fiyatı uygulamaları açısından şirketleri ikiye ayırmak mümkündür. Birinci kategori şirketler, su projelerine yatırım yaparak dolaylı yoldan gerçek su fiyatlarına katkı sağlamaktadırlar. Bazı şirketler ise doğrudan modelleme araçlarıyla gerçek su fiyatlarını belirlemektedir.

#### **Su projeleri ve yatırımları ile ön plana çıkan şirketler:**

**Kimberly-Clark**, kişisel bakım ürünleri üretmektedir (Bezler, ıslak mendiller, tuvalet kağıtları vb.). Peru’daki işletmesine atıksu arıtma tesisi (AAT) için 9 milyon dolarlık yatırım yapmaktadır. Yeni AAT sayesinde suların yeniden kullanımı ve üretimde daha az su tüketimi sağlanacaktır. Ayrıca arıtılmış atıksuların kalitesi arttırılacaktır.

**ITC Limited**, çok farklı alanlara yönelmiş Hindistan kökenli bir şirkettir. Hindistan genelinde 10.000’in üzerinde su hasadı ünitesini verimli sulama ve toprağı koruma amaçlı olarak 9 milyon dolarlık yatırımla kurmuştur.

**Alcoa**, dünyanın ileri gelen alüminyum, alüminyum oksit ve alüminyum taşı üreticilerindendir. Avustralya işletmesine filtrasyon ünitesi kurarak yıllık yaklaşık 2 milyon metreküp tatlı su kullanımını azaltmıştır. Bu sayede atıksu deşarj miktarı da azalmıştır.

**AU Optronics**, Tayvanlı teknoloji şirketidir. Yaklaşık 50 milyon dolarlık yatırımı su verimliliği üzerine gerçekleştirmiştir. Bu yatırımla suyun yeniden kullanımı hedeflenerek “sıfır atıksu deşarjı” hedefi yakalanmaya çalışılmaktadır. Şirket böylece olası kuraklık senaryoları için su güvenliğini sağlamış olmaktadır.

**Symrise AG**, lezzet ve koku üreticisidir. Symrise AG, doğal nane yağına alternatif olarak sentetik mentol üretimi gerçekleştirebilmek için yeni ekipman ve teknoloji yatırımları gerçekleştirmektedir. Geçtiğimiz yıl 12 milyon dolarlık yatırım yapan Symrise, 2020’den önce yatırım tutarını 47 milyon dolar seviyesine çıkartacağını taahhüt etmiştir. Yüksek su ihtiyacı duyan doğal nane yerine sentetik mentol üreterek su tüketimini azaltmayı hedefleyen Symrise, yeraltı suyu kullanımını ve dolaylı su ayak izini azaltmaktadır.

**Danone**, önemli hammaddelere sürdürülebilir erişimin sağlanması için 59 milyon dolar yatırım yapmıştır. Özellikle sürdürülebilir tarım ve çiftçilerin desteklenmesine odaklanmış durumdadır (Örneğin, Aşağı Sahra’ya tedarik sağlamak ve Çin’e meyve tedariki sağlamak). İleri arıtma sistemleri, suyun yeniden kullanılması için yatırımlar ve su ayak izini azaltma çalışmaları yapmaktadır.

#### **Gerçek su fiyatı belirleyerek risk yöneten şirketler:**

**Cementos Argos**: Kolombiyalı inşaat şirkettir. “KPMG True Value Method” ile “Value added statement” geliştirerek çevresel ve sosyal maliyetler hesaplanmıştır. Su tüketimi, havzadaki su stresi, suyun o havzada yaşayan halk için önemi göz önünde bulundurulmuştur. Su tüketiminin sosyal maliyetinin (su tüketiminin su kıtlığına etkileri) 2015’ten 2016’ya azaldığı belirlenmiştir.

**Nestle**: İsviçreli gıda devi Nestle tarafından su için 1-5 \$/m<sup>3</sup> aralığında değişen teorik bir bedel belirlenmiştir. Bu bedel, fabrikaların bulunduğu havzaların fiziksel stres faktörlerine göre değişmektedir. Fiziksel stres, Nestle tarafından üretilen “Combined water stress index” ile hesaplanmaktadır. Bu kavramsal ücretlendirme, şirketin farklı lokasyonlarda ödediği faturalarda meydana gelebilecek tarife değişikliklerine karşı geliştirdiği bir senaryo analizi olarak belirtilmektedir.

**Palmolive**: Rutgers Üniversitesi tarafından geliştirilen “True cost of waster tooolkit” modelini kullanarak suyun gölge fiyatlarını ortaya çıkartmışlardır. Gölge fiyatlar, ön arıtma, pompaj ve atıksu arıtma fiyatlarını içermektedir. Bu çalışma sayesinde suyun gerçek bedelinin metreküp başına ödenen ücretin 2,5 katı olduğunu ortaya çıkarılmıştır.

**Kimberly Clark**: “True cost of water” modeli ile suya ödenen bedel, tüketilen toplam su miktarı ve atıksu arıtma bedeli belirlenmiştir. Hesaplama sonuçları, toplam su

tüketimlerini azaltmak, suyun yeniden kullanımını sağlamak için gerekli olan yatırım miktarlarını belirlemek için kullanılacaktır.

**Goldcorp Inc:** “Water valuation toolbox” ile suyun gerçek bedeli ve su riskleri modellenmiştir. Model hem operasyonel maliyetleri belirlemede hem de operasyonlardaki tüm su aktiviteleri için sermaye gereksinimlerini sürdürmeyi içermektedir. Model çıktıları, firmanın fırsatları ve riskleri öne çıkarmasına yardım etmesinin yanı sıra, sonraki finansal modelleme ve iş durumlarında kullanılabilecek suyun tedarik edilmesi, yönetilmesi ve deşarj edilmesinin derlenmiş gerçek maliyetlerinin hesaplanmasını sağlamıştır.

**Diego PLC:** ‘Internal cost of water tool’ yardımıyla işletme bazında suyun gerçek bedeli tahmini olarak belirlenmiştir. Bu araç ile gelecekte olası su ve vergi fiyatlarındaki artışın finansal etkileri tahmin edilecektir. Bu tahminler, Diageo Plc’nin 2020’ye kadar su verimliliğini %50 arttırma hedefine yaklaşmasına katkı sağlayacaktır. Suyun gerçek bedelinin anlaşılması, şirketin karar verme mekanizmaları ve su için CAPEX yatırımlarının analizinde kritik önem taşımaktadır.

**YES Bank:** Hindistan Özel Bankasıdır. “Natural Capital Protocol” ile Hindistan’da bulunan özel bir şirket için suyun gerçek bedelini hesaplamıştır. Risklerin göz önüne alındığı çalışma sonucu, suyun gerçek bedelinin normalde ödenen su fiyatının 18 katı olduğu belirtilmiştir. Bu fark, çoğu endüstrinin yıllık kazancının %10’una denk gelmektedir [29].

## 2.2 Türkiye’de Beyaz Eşya Sektörü ve Önemi

Beyaz eşya sektörü, Türkiye’yi global arenada temsil eden, marka tanınırlığı bir hayli fazla olan üreticilerin bulunduğu bir sektördür ve katma değeri oldukça yüksektir [30].

Beyaz eşya sektörü uluslararası sürdürülebilirlik endekslerine göre, “Consumer Discretionary- Consumer Durables & Apparel-’in alt kategorisi olan Household Durables (Dayanıklı Tüketim Malları) kategorisinde yer alır [31].

Beyaz eşya sektörü denildiğinde, sektörü büyük ev aletleri ve küçük ev aletleri ve elektrikli ev aletleri olarak değerlendirmek mümkündür.

- Büyük ev aletleri kategorisi; Buzdolabı, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, kurutma makinesi, derin dondurucu, fırın ürünlerini içerir.

- Küçük ev aletleri kategorisi: Ocak, süpürge, tost makinesi, blender, mikser gibi ürünleri içerir.
- Elektrikli ev aletleri: şofben, klima, termosifon, su arıtma cihazı ürünlerini içerir.

Beyaz eşya sektörü, 25 Milyon ürün adetlik üretimiyle Avrupa’da en büyük üretici konumundadır. 25 Milyonluk beyaz eşya üretiminin yaklaşık 19 Milyon adedi 150’ye yakın ülkeye ihraç edilmektedir. Türkiye Beyaz Eşya Sanayicileri Derneği’nin yayımlandığı verilere göre 2019 itibariyle, toplam yaklaşık 22 Milyon ürün ihraç edilmiştir. Bu ürünlerin dağılımı Çizelge 2.1 ile verilmektedir [32].

**Çizelge 2.1 : 2019 yılı beyaz eşya ihracat sayıları.**

| Ürün                        | 2017              | 2018              | 2019              | Değişim<br>(2017 baz yılına göre) |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|
| <b>Buzdolabı</b>            | 5.049.836         | 5.378.140         | 4.777.024         | -5 %                              |
| <b>Derin<br/>Dondurucu</b>  | 843.251           | 886.650           | 717.872           | -15%                              |
| <b>Çamaşır<br/>Makinesi</b> | 6.136.475         | 6.248.615         | 5.673.874         | -8 %                              |
| <b>Bulaşık<br/>Makinesi</b> | 2.878.943         | 3.335.317         | 3.931.054         | 37 %                              |
| <b>Fırın</b>                | 4.178.674         | 4.319.221         | 4.411.664         | 6 %                               |
| <b>Kurutma<br/>Makinesi</b> | 1.552.522         | 1.924.620         | 2.363.550         | 52 %                              |
| <b>TOPLAM</b>               | <b>20.639.701</b> | <b>22.092.563</b> | <b>21.875.038</b> | <b>6 %</b>                        |

2019 itibariyle, toplam yaklaşık 28 Milyon ürün üretilmiştir. Bu ürünlerin dağılımı Çizelge 2.2 ile verilmektedir.

**Çizelge 2.2 : 2019 yılı beyaz eşya üretim sayıları.**

| Ürün                    | 2017              | 2018              | 2019              | Değişim<br>(2017 baz yılına göre) |
|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|
| <b>Buzdolabı</b>        | 7.410.926         | 7.213.153         | 6.446.600         | -13%                              |
| <b>Derin Dondurucu</b>  | 1.362.584         | 1.393.087         | 1.181.873         | -13%                              |
| <b>Çamaşır Makinesi</b> | 8.249.291         | 8.030.335         | 7.495.900         | -9%                               |
| <b>Bulaşık Makinesi</b> | 4.496.400         | 4.707.608         | 5.285.303         | 18%                               |
| <b>Fırın</b>            | 5.260.705         | 5.171.564         | 5.275.521         | 0%                                |
| <b>Kurutma Makinesi</b> | 1.652.197         | 2.023.011         | 2.512.367         | 52%                               |
| <b>TOPLAM</b>           | <b>28.432.103</b> | <b>28.538.758</b> | <b>28.197.564</b> | <b>-1%</b>                        |

Elektrikli ve elektronik eşyalar (EEE), kullanım ömrü tamamlandığında tüm unsurları, içerdiği sarf malzemeleri ve bileşenleri, Atık elektrikli ve elektronik eşya (AEEE) olarak tanımlanır [33].

Atık Elektrikli ve elektronik eşyaların (AEEE) ekonomik değeri, içeriğindeki demir, çelik, bakır, alüminyum, altın, gümüş, paladyum ve plastik sebebiyle 48 Milyar Euroyu bulmaktadır. Oysa ki her ürün ekonomik bir değerdir, atılan her ürün aslında ekonomik değeri de görmezden gelmek demektir. Bu değerlerin ekonomiye geri kazandırılması gerekmektedir.

Dünyanın döngüsellik oranının sadece %8,6 olduğu göz önüne alınırsa, yaşam döngüsü tamamlamış ürünlerin ekonomiye geri kazandırılması oldukça önemlidir [34].

2016 yılında, 44.7 Milyon ton AEEE oluştuğu ve oluşan bu atığın sadece %20sinin toplanarak geri dönüştürüldüğü raporlanmıştır. Türkiye’de AEEE geri dönüşüm oranlarının geliştirilmesi gerekmektedir. 2016 yılında Türkiye’de oluşan AEEE miktarı 623 bin ton iken, geri dönüştürülen AEEE miktarı ise 23 bin ton civarındadır. 2017 yılında ise geri dönüştürülen AEEE miktarı yaklaşık 19 bin tondur [33].

Beyaz eşya sektöründe global olarak atık dağılımına bakıldığında; küçük ev aletlerinin en fazla AEEE ürettiği (16,8 milyon ton); küçük ev aletlerini ise büyük ev aletleri (9,1 milyon ton) takip ettiği raporlanmıştır [33].

2019 yılında bu sayı 847 bin ton iken; geri dönüştürülen AEEE miktarı ise %18 geri kazanım ile yaklaşık 180 bin ton olarak hesaplanabilir [35, 36].

Yapılan bir araştırmaya göre global AEEElerin değeri 48 Milyar Euro'ya ulaşmaktadır [37].



### 3. MATERYAL-METOT

#### 3.1 Buzdolabı Üretimi: Atık Poliüretan ile Endüstriyel Simbiyoz

Literatürden de görüleceği üzere, yalıtım malzemesi olarak kullanılan poliüretan atık haline geldikten sonra farklı sektörlerde değerlendirilebilir. Poliüretan yapısı gereği açık hücreli ya da kapalı hücreli olabilmektedir. Açık hücreli poliüretanlar otomotiv sektöründen; kapalı hücreli poliüretanlar ise beyaz eşya sektöründen oluşmaktadır. Poliüretan atıkların farklı sektörlerde; inert dolgu malzemesi olarak, yeni poliüretan üretiminde seyreltici olarak, otomatik parçası üretiminde hammadde olarak, asfalt üretiminde bitümle karıştırılarak daha kararlı ve daha az deforme asfalt üretiminde girdi olarak ve plastik atıklarla karıştırılarak paspas, halı vb üretiminde kullanımına yönelik araştırmalar mevcuttur.

Bu kapsamda Arçelik Eskişehir Buzdolabı İşletmesinden alınan atıkpoliüretanlar ile laboratuvarında bir ön çalışma yapılmıştır. Çalışma kapsamında poliüretan atıkları, hafif beton üretiminde (taşıyıcı olmayan beton üretimine) kullanılabilme potansiyeli olduğu görülmüştür. Çalışmalar geliştirilerek devam ettirilecektir.

Çalışma kapsamında, Arçelik Eskişehir fabrikasından alınan 30 cm büyüklüğündeki poliüretanlar 3 mm ve 3 cm ebatlarda küpler halinde kesilmiştir. Referans çimento üretildikten sonra, farklı miktarlardaki poliüretan agrega olarak kum yerine çimentoya karıştırılmıştır. Karışım mikserden geçirildikten sonra kıvamına ve poliüretanların homojen dağılıp dağılmadığına bakılmıştır. Mikserden geçirilen 3 mm ve 3 cmlik numunelerin homojen olarak dağıldığı gözlemlenmiştir. Karıştırılan çimento harcına dağılma testi uygulanmıştır. Numuneler teslerden başarıyla geçmiştir. Çimento harcı kalıplara dökülerek 1 gün bekletilmiş, ardından kür havuzlarına yerleştirilmiştir. Kür havuzlarında 28 gün bekletilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalara ait akım şeması Şekil 3.1 ile verilmiştir.

Çimento üretiminde, kum agrega olarak kullanılmaktadır. Kum taneciklerinin boyutu düşünüldüğünde; poliüretan atıklarının da oldukça küçük parçalanması gerekmektedir. Bu nedenle 2 farklı deneme yapılmıştır: Poliüretan atıkları 3 cm ve 3 mm olarak farklı

2 boyda kesilerek test edilmiş; 3 mm olan poliüretan atıkların daha homojen dağıldığı gözlemlenmiştir.



**Şekil 3.1 :** Atık poliüretan ile yapılan deneylerin akım şeması.

- Farklı yüzdelerde poliüretan (PU) içeren beton numuneleri hazırlanmıştır. Deneyde çimento çeşidi, kum çeşidi ve su miktarı aynı tutulmuştur. Referans numune oluşturulmuştur (Şekil 3.2).



**Şekil 3.2 :** Atık poliüretan, çimento ve kum ile yapılan referans numunesi.

- Poliüretan atıklardan oluşan çimento numuneleri kalıplara dökülmeden önce dağılma testi uygulanmıştır (Şekil 3.3).



**Şekil 3.3 :** Dağılma testi uygulanan numune.



- Kalıplara alınan çimento örnekleri kalıplarda 1 gün bekletilmiştir. 3 farklı deney seti oluşturulmuştur. Numunelerin kaplardan kolay çıkması için, motor yağı (kimyasal) kullanılmıştır.



**Şekil 3.4 : Kalıplanan numuneler.**

- Kalıplardan alınan numuneler, kür havuzlarına (su havuzları) konulmuş ve istenilen sertliğe erişilebilmesi için 28 gün bekletilmiştir.
- Kür havuzlarından alınan numuneler için ileriki aşamalarda beton deneyleri yapılması planlanmaktadır. Ancak elde edilen ön çalışma bulgularına göre; poliüretan atıklar çimento numunesi içerisinde homojen dağılmıştır (Şekil 3.5).



**Şekil 3.5 : Üretilen numuneler.**

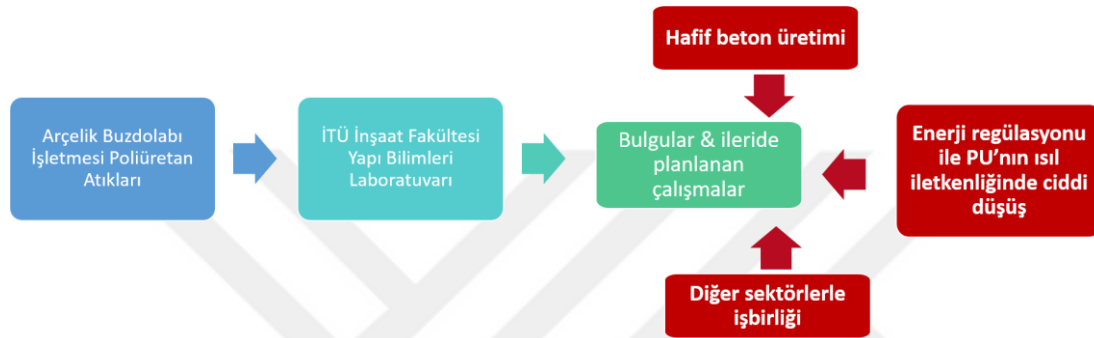
Çalışmada aşağıdaki TSE standartlarından yararlanılmıştır:

TS EN 196- 1 : 2016: Çimento deney metotları - Bölüm 1: Dayanım tayini

TS EN 12390-1: 2013: Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 1: Deney numunesi ve kalıplarının şekil, boyut ve diğer özellikleri

TS EN 12390-7: 2010: Beton- Sertleşmiş beton deneyleri- Bölüm 7: Sertleşmiş Beton Yoğunluğunun Tayini

Atık poliüretan ile gerçekleştirilen çalışmaların özet şeması Şekil 3.6 ile verilmiştir.



Şekil 3.6 : Atık PU çalışması özet şeması.

### 3.2 Döngüsel Ekonomi Entegrasyonu: Gerçek su fiyatının matematiksel modellenmesi

Üretim yapan bir fabrikanın üretim lokasyonlarında tükettiği suyun (**şebeke, kuyu, yağmur, arıtılmış atıksu vb.**) şirkete olan gerçek bedelinin çevresel ve sosyal faktörler göz önünde bulundurularak belirlenmesi, suyun gerçek bedelinin belirlenmesi (Internal Water Price-IWP) anlamına gelir (Şekil 3.7):



Şekil 3.7 : Mevcut ve gerçek su bedeli hesaplanması.

İklim değişikliğinin su kaynaklarına olan etkileri göz önüne alındığında, her havza özelinde ayrı tedbirler alınması gerekmektedir. Bunun için, önce havza genelinde genel durum analizi yapılmalı, endüstriler ve faaliyetleri belirlenmelidir. Aynı şekilde

endüstriler de iklim değışikliğı sebebiyle oluşabilecek iş kesintisi risklerini minimize etmek için risk analizi yapılmalıdır. Su riski, bu risklerin başında gelmektedir. Su risklerini minimize etmek için bu metodoloji önerilmiştir.

Türkiye'nin havzaları Şekil 3.8 ile gösterilmiştir. Çalışma kapsamında, beyaz eşya üretimi yapılan havzalar belirlenmiştir. Türkiye'de beyaz eşya üretimi yapılan havzalar: Ergene, Marmara, Batı-Karadeniz, Sakarya, Kızılırmak, Seyhan, Ceyhan, Susurluk, Küçük Menderes ve Büyük Menderes'tir. Tez kapsamında yoğun üretim yapılan 4 havzanın su stresleri belirlenmiş; 2 havzadan 4 vaka analizine yer verilmiştir.



Şekil 3.8 : Türkiye'nin havzaları.

Suyun gerçek bedelinin belirlenmesi, su yatırımlarında geri dönüş sürelerinin doğru şekilde hesaplanmasında kullanılacaktır. Buna ek olarak bu çalışma, su stratejilerinin geliştirilmesi ve yeni yatırımlarda, yeni ekipman vb. satın alımlarında su yönetimi konusunda nelerin dikkate alınacağı konusunda da yol gösterici bir rehber olacaktır. Bu çalışma, geri dönüş sürelerinin doğru hesaplanmasında kullanılacağı gibi, oluşturulabilecek bir havuz fonuna da ilgili bütçenin aktarılması ve sonrasında bu bütçenin sadece su projeleri için harcanması için de kullanılabilir.

Beyaz eşya üretimi yapılan havzalar belirlenmiştir. Bu havzalardan 2 havza seçilmiştir. Sayılar rasyonel olarak verilmiştir. Gerçek su fiyatının belirlenmesi hesabında en önemli faktör, işletmenin bulunduğu havzanın mevcut su riski puanının ve gelecekteki su ihtiyacı durumunun modellenmesidir. Bu amaçla, seçilen havzaların bulunduğu havzaların mevcut durumdaki su stresleri belirlenmiştir. Buna ek olarak, 2018 baz yılına göre 3 farklı durum için (olağan, optimistik ve pesimistik) 2020, 2030, 2040 yılları için su stresi modellenmiştir (Çizelge 3.1).

**Çizelge 3.1 : Aqueduct su stresi değerlendirme sonuçları (I).**

| Havzalar              | Su Stresinde Meydana Gelecek Değişimler |      |      |        |      |      |            |      |      |
|-----------------------|-----------------------------------------|------|------|--------|------|------|------------|------|------|
|                       | Optimistik                              |      |      | Olağan |      |      | Pesimistik |      |      |
|                       | 2020                                    | 2030 | 2040 | 2020   | 2030 | 2040 | 2020       | 2030 | 2040 |
| <b>Sakarya</b>        | 1.4x                                    | 2x   | 2x   | 1.4x   | 2x   | 2.8x | 1.4x       | 2x   | 2.8x |
| <b>Batı Karadeniz</b> | 1.4x                                    | 1.4x | 2x   | 1.4x   | 2x   | 2.8x | 1.4x       | 2x   | 2.8x |
| <b>Marmara</b>        | 1.4x                                    | 1.4x | 2x   | 1.4x   | 2x   | 2x   | 1.4x       | 2x   | 2x   |
| <b>Ergene</b>         | 1.4x                                    | 1.4x | 2x   | 1.4x   | 2x   | 2x   | 1.4x       | 2x   | 2x   |

x: artış

İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisini belirlemek adına, CDP'nin de referans verdiği Aqueduct Su Riski Atlası (Aqueduct Water Risk Atlas) kullanılmıştır. Modelde 5 ana başlığa odaklanılmıştır; [38, 39]

Havzalarda mevcut durum koşulları,

- Gelecekteki su stresi,
- Mevsimsel değişimler,
- Gelecekteki su temini,
- Gelecekteki su ihtiyacı.

Aqueduct su riski atlası; su kaynaklı riskleri modellemek amacıyla WRI (World Resource Institute) tarafından geliştirilen, halka açık, interaktif bir araçtır. Çalışma kapsamındaki havzaların mevcut durum analizini içeren model çıktıları, Çizelge 3.2 ile özetlenmiştir.

**Çizelge 3.2 : Aqueduct su riski modellemesi sonuçları.**

| Gösterge Puanı           | Gösterge Lejantı         | Havza          |
|--------------------------|--------------------------|----------------|
| Toplam Su Riski (Mevcut) | Toplam Su Riski (Mevcut) |                |
| 2,56                     | Orta- Yüksek Risk (2-3)  | Sakarya        |
| 2,42                     | Orta- Yüksek Risk (2-3)  | Batı Karadeniz |
| 2,58                     | Orta- Yüksek Risk (2-3)  | Marmara        |
| 2,60                     | Orta- Yüksek Risk (2-3)  | Ergene         |

Gelecekteki su stresini içeren projeksiyon tabloları sırasıyla Çizelge 3.3, Çizelge 3.4, Çizelge 3.5, Çizelge 3.6 ve Çizelge 3.7 ile verilmiştir. Tablolarda gelecekteki su stresi beklentisi (Çizelge 3.3), gelecekte su temininde meydana gelebilecek değişimler (Çizelge 3.4 ve Çizelge 3.5) ile havzadaki su ihtiyacı değişimi ve gelecek durum (Çizelge 3.6 ve Çizelge 3.7) verileri özetlenmiştir.

Havzadaki mevcut durum ve gelecek senaryoları yapıldıktan sonra, fabrikaların ilgili verileri toplanır. Suyun gerçek bedeli, yalnızca su çekimi için ödenen bedel değildir. Çalışmaya dahil edilen ve hesaplanan veriler şu şekilde sıralanabilir;

- Yıllık üretilen ürün adedi, adet/yıl
- İşletmenin tükettiği şebeke suyu miktarı, m<sup>3</sup>/yıl
- İşletmenin tükettiği kuyu suyu miktarı, m<sup>3</sup>/yıl
- İşletmenin tükettiği geri kazanılan/geri dönüştürülen yağmur suyu, atıksu miktarı, m<sup>3</sup>/yıl,
- Şebeke suyu için ödenen su bedeli, TL/yıl
- Kuyu suyu için ödenen su bedeli, TL/yıl
- Atıksu bağlantı bedeli, TL/yıl
- Arıtılan evsel ve endüstriyel atıksu miktarı,
- Atıksu arıtma tesisi için kullanılan kimyasal miktarı, ton/yıl
- Atıksu arıtma tesisi için kullanılan kimyasal bedeli, TL/yıl
- Su hedefi ve gerçekleşen birim ürün başına su tüketim miktarları, m<sup>3</sup>/ürün
- Atıksu arıtma tesisi elektrik tüketimi, kWh/yıl
- Atıksu arıtma tesisi elektrik tüketim maliyeti, kWh/TL yıl
- Kuyu suyu pompaj elektrik tüketimi, kWh/yıl
- Kuyu suyu pompaj elektrik maliyeti, kWh/TL yıl.

**Çizelge 3.3 : Aqueduct su stresi değerlendirme sonuçları (II).**

| Havzalar              | Gelecekteki Su Stresi Beklentisi |                      |                      |                      |                      |                   |                      |                      |                   |
|-----------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------|----------------------|----------------------|-------------------|
|                       | Optimistik                       |                      |                      | Olağan               |                      |                   | Pesimistik           |                      |                   |
|                       | 2020                             | 2030                 | 2040                 | 2020                 | 2030                 | 2040              | 2020                 | 2030                 | 2040              |
| <b>Sakarya</b>        | Çok yüksek (>80%)                | Çok yüksek (>80%)    | Çok yüksek (>80%)    | Çok yüksek (>80%)    | Çok yüksek (>80%)    | Çok yüksek (>80%) | Çok yüksek (>80%)    | Çok yüksek (>80%)    | Çok yüksek (>80%) |
| <b>Batı Karadeniz</b> | Orta-yüksek (20-40%)             | Orta-yüksek (20-40%) | Orta-yüksek (20-40%) | Orta-yüksek (20-40%) | Orta-yüksek (20-40%) | Yüksek (40-80%)   | Orta-yüksek (20-40%) | Orta-yüksek (20-40%) | Yüksek (40-80%)   |
| <b>Marmara</b>        | Çok yüksek (>80%)                | Çok yüksek (>80%)    | Çok yüksek (>80%)    | Çok yüksek (>80%)    | Çok yüksek (>80%)    | Çok yüksek (>80%) | Çok yüksek (>80%)    | Çok yüksek (>80%)    | Çok yüksek (>80%) |
| <b>Ergene</b>         | Çok yüksek (>80%)                | Çok yüksek (>80%)    | Çok yüksek (>80%)    | Çok yüksek (>80%)    | Çok yüksek (>80%)    | Çok yüksek (>80%) | Çok yüksek (>80%)    | Çok yüksek (>80%)    | Çok yüksek (>80%) |

**Çizelge 3.4 : Aqueduct su temininde değişim projeksiyonları (I).**

| Havzalar              | Su Temininde Meydana Gelecek Değişiklik Durumu |      |      |        |      |      |
|-----------------------|------------------------------------------------|------|------|--------|------|------|
|                       | Optimistik                                     |      |      | Olağan |      |      |
|                       | 2020                                           | 2030 | 2040 | 2020   | 2030 | 2040 |
| <b>Sakarya</b>        | 1.2x                                           | 1.2x | 1.2x | 1.2x   | 1.4x | 1.4x |
| <b>Batı Karadeniz</b> | 1.2x                                           | 1.2x | 1.2x | 1.2x   | 1.2x | 1.2x |
| <b>Marmara</b>        | 1.2x                                           | 1.2x | 1.2x | 1.2x   | 1.2x | 1.2x |
| <b>Ergene</b>         | 1.2x                                           | 1.2x | 1.2x | 1.2x   | 1.4x | 1.7x |

x: azalış

**Çizelge 3.5 : Aqueduct su temininde değişim projeksiyonları (II).**

| Havzalar              | Gelecekte Beklenen Su Temini Su Azalış Değişimleri |          |          |          |          |          |
|-----------------------|----------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                       | Optimistik                                         |          |          | Olağan   |          |          |
|                       | 2020                                               | 2030     | 2040     | 2020     | 2030     | 2040     |
| <b>Sakarya</b>        | 3-10 cm                                            | 3-10 cm  | 3-10 cm  | 3-10 cm  | 3-10 cm  | 3-10 cm  |
| <b>Batı Karadeniz</b> | 3-10 cm                                            | 3-10 cm  | 3-10 cm  | 3-10 cm  | 3-10 cm  | 3-10 cm  |
| <b>Marmara</b>        | 10-30 cm                                           | 10-30 cm | 10-30 cm | 10-30 cm | 10-30 cm | 10-30 cm |
| <b>Ergene</b>         | 3-10 cm                                            | 3-10 cm  | 3-10 cm  | 3-10 cm  | 3-10 cm  | 3-10 cm  |

**Çizelge 3.6 : Aqueduct su ihtiyacında değişim projeksiyonları (I).**

| Havzalar              | Havzadaki Su İhtiyacı Değişim Durumu |                             |                             |            |                             |                             |
|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                       | Olağan                               |                             |                             | Pesimistik |                             |                             |
|                       | 2020                                 | 2030                        | 2040                        | 2020       | 2030                        | 2040                        |
| <b>Sakarya</b>        | 1.2x artış                           | 1.7x ya da daha fazla artış | 1.7x ya da daha fazla artış | 1.4x artış | 1.7x ya da daha fazla artış | 1.7x ya da daha fazla artış |
| <b>Batı Karadeniz</b> | 1.2x artış                           | 1.4x artış                  | 1.7x ya da daha fazla artış | 1.2x artış | 1.7x ya da daha fazla artış | 1.7x ya da daha fazla artış |
| <b>Marmara</b>        | 1.2x artış                           | 1.4x artış                  | 1.7x ya da daha fazla artış | 1.2x artış | 1.4x artış                  | 1.7x ya da daha fazla artış |
| <b>Ergene</b>         | 1.2x artış                           | 1.4x artış                  | 1.4x artış                  | 1.2x artış | 1.4x artış                  | 1.4x artış                  |

**Çizelge 3.7 : Aqueduct su ihtiyacında değişim projeksiyonları (I).**

| Havzalar              | Havzadaki Gelecek Su Yüksekliği Durumu |          |         |            |          |         |
|-----------------------|----------------------------------------|----------|---------|------------|----------|---------|
|                       | Olağan                                 |          |         | Pesimistik |          |         |
|                       | 2020                                   | 2030     | 2040    | 2020       | 2030     | 2040    |
| <b>Sakarya</b>        | 3-10 cm                                | 3-10 cm  | 3-10 cm | 3-10 cm    | 3-10 cm  | 3-10 cm |
| <b>Batı Karadeniz</b> | 1-3 cm                                 | 3-10 cm  | 3-10 cm | 1-3 cm     | 1-3 cm   | 3-10 cm |
| <b>Marmara</b>        | 10-30 cm                               | 10-30 cm | > 30 cm | 10-30 cm   | 10-30 cm | > 30 cm |
| <b>Ergene</b>         | 3-10 cm                                | 3-10 cm  | 3-10 cm | 3-10 cm    | 3-10 cm  | 3-10 cm |

Şebeke suyu ya da kuyu suyu tüketimi, işletmenin bulunduğu havzada ekstra su stresi yaratmaktadır. Şebeke suyu tüketimi yer üstü su kaynaklarını etkilerken, kuyu suyu tüketimi yer altı su kaynaklarının stresini önemli ölçüde arttırmaktadır. Bu nedenle, şebeke ve kuyu suyu tüketimi için gerçek su fiyatı belirlenmesi kapsamında (Nestle örneği gibi) m<sup>3</sup> başına su bedeli eklenmesi önerilir.

Aqueduct modelinde havzaların su stres puanları 1-5 arasında değişmektedir. Bu noktadan hareketle, kuyu ve şebeke suyu tüketimi için ayrı ayrı TL/m<sup>3</sup> bedelleri belirlenir. Bu bedeller belirlenirken, gerçeklikten uzak, yüksek miktarlar belirlenmemelidir. Faturaya ödenen bedele ek olarak, metreküp su tüketimi başına “gölge fiyat” eklenmesi yapılır.

**Çizelge 3.8 : Kuyu ve şebeke suyu için belirlenen gölge fiyatlar.**

| Havza Su Stres Skoru | Kuyu Suyu, TL/m <sup>3</sup> | Şebeke Suyu, TL/m <sup>3</sup> |
|----------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 1                    | 0,2                          | 0,1                            |
| 2                    | 0,4                          | 0,2                            |
| 3                    | 0,6                          | 0,3                            |
| 4                    | 0,8                          | 0,4                            |
| 5                    | 1                            | 0,5                            |

Çizelge 3.8 ile belirtildiği üzere, kuyu suyu tüketim bedeli şebeke suyu tüketiminin 2 katı olarak fiyatlandırılmıştır. Kuyu suyu tüketiminin havzada yaratacağı su stresi,



şebeke suyu tüketiminden çok daha fazladır. Kuyu suları, bir havzanın geleceğinin teminatı olarak değerlendirilmektedir. İklim değişikliği sebebiyle yeteri kadar yağış alınmadığında yer altı suları beslenemeyeceği ve doygunluğa ulaşamayacağı için, yer altı suları yok olma tehlikesiyle karşı karşıyadır.

Her üretim tesisi, ürettikleri ürün için birim ürün başına su tüketiminde azalış hedefi belirler. Bu çalışmada bu da göz önüne alınmıştır. Hedef sağlanması durumunda, hedefin sağlanma oranı kadar “gölge fiyatta” indirim yapılır. Su tüketim hedefinin aşılması durumunda ise “gölge fiyatta” zam yapılır (Çizelge 3.9).

**Çizelge 3.9 : Su hedefleri ve indirim oranları kabulü.**

| <b>Su Hedefleri (%)</b> | <b>Gölge Fiyat indirim oranı (%)</b> |
|-------------------------|--------------------------------------|
| 0-25                    | 10                                   |
| 26-50                   | 25                                   |
| 51-100                  | 50                                   |

Hesaplama örneklerinde Sakarya havzasından 2, Ergene havzasından 2 üretim tesisi için yaklaşımlar paylaşılabacaktır.

- Sakarya Havzası Tesis 1
- Sakarya Havzası Tesis 2
- Ergene Havzası Tesis 3
- Ergene Havzası Tesis 4



#### 4. BULGULAR – TARTIŞMA

##### 4.1 Gölge Fiyat Metodolojisi Hesaplama Örneği: Sakarya Havzası–Tesis 1 (Şebeke+Kuyu suyu)

Her üretim tesisi, ürettikleri ürün için birim ürün başına su tüketiminde azalış hedefi belirler. Bu çalışmada bu da göz önüne alınmıştır. Hedef sağlanması durumunda, hedefin sağlanma oranı kadar “gölge fiyatta” indirimine gidilir. Su tüketim hedefinin aşılması durumunda ise “gölge fiyatta” zam yapılır. Sakarya Havzasında üretim yapan bir tesisin kuyu ve şebeke suyu kullandığını düşünerek Çizelge 4.1 ile gösterilen suya ödenmesi gereken gerçek bedel hesaplanmıştır. Bu tesis, bundan sonra “ST1 (Sakarya Havzası, Tesis 1)” olarak adlandırılacaktır.

**Çizelge 4.1 : ST1 hesaplamada kullanılan verilerin özeti.**

| <b>Yıllık Üretim Kapasitesi (Ürün/Yıl)</b>                  | <b>1.000.000</b> |
|-------------------------------------------------------------|------------------|
| Şebeke Suyu Tüketimi, m <sup>3</sup>                        | 39.556           |
| Kuyu Suyu Tüketimi, m <sup>3</sup>                          | 296              |
| Toplam Su Tüketimi, m <sup>3</sup>                          | 39.851           |
| Şebeke Suyu Tüketim Bedeli, TL                              | 21.132           |
| Kuyu Suyu Tüketim Bedeli, TL                                | 186              |
| Atıksu Bağlantı Bedeli, TL                                  | 11.967           |
| Toplam Su Bedeli, TL                                        | 33.286           |
| Yeniden Kullanılan/Geri Kazanılan Su Miktarı m <sup>3</sup> | 969              |
| Yağmur Suyu Geri Kazanım Miktarı, m <sup>3</sup>            | 485              |
| AAT Kimyasal Bedeli, TL                                     | 2.174            |
| AAT Elektrik Tüketimi, kWh/year                             | 300.000          |

Daha önce açıklanmış olan indirim için Çizelge 4.2 ile verilen oranlar belirlenmiştir.

**Çizelge 4.2 :** Yıl sonu birim ürün adedi başına su tüketimi hedefini gerçekleştiren işletmeler için gölge fiyatta uygulanacak indirim oranları.

| <b>Su Hedefleri (%)</b> | <b>Gölge Fiyat indirim oranı (%)</b> |
|-------------------------|--------------------------------------|
| <b>0-25</b>             | 10                                   |
| <b>26-50</b>            | 25                                   |
| <b>51-100</b>           | 50                                   |

Sakarya Havzasında yer alan Tesis 1'in su stresi puanı 2,56'dır. Bu noktadan hareketle, Çizelge 4.3 ile verilen şebeke ve kuyu suyu için TL/m<sup>3</sup> tablosundaki değerlerle interpolasyon yapılmaktadır. Su stresi 2,56'ya karşı gelen şebeke ve kuyu suyu gölge fiyatı belirlenmektedir.

**Çizelge 4.3 :** Tesis 1 su çekimi kaynaklı su stresi gerçek su bedelleri.

| <b>Sakarya Havzası, Tesis 1- Birim Su Tüketimi Başına Eklenecek Gölge Fiyatlar</b> |       |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şebeke Suyu Çekimi Kaynaklı Su Stresi, TL/m <sup>3</sup>                           | 0,256 |
| Kuyu Suyu Çekimi Kaynaklı Su Stresi, TL/m <sup>3</sup>                             | 0,512 |

Eğer işletme yıl sonu su hedefini karşıladıysa şebeke suyu çekimi kaynaklı su stresi fiyatında indirim yapılmaktadır. Kuyu suyu için hiçbir koşulda indirim yapılmamaktadır.

Tesis 1, yıl sonu birim su tüketim hedefini sağlamıştır. Yıl sonu hedefinin %30 daha altında su tüketimi gerçekleştirmiştir. Bu nedenle yukarıda belirtilen 0,256 TL/m<sup>3</sup> yerine; %25 indirim ile 0,192 TL/m<sup>3</sup> gölge fiyatı kullanılmaktadır. Bu fiyat yalnızca şebeke suyu tüketiminde geçerlidir, kuyu suyunda indirim yapılmamaktadır. Kuyu suyu tüketimi için gölge fiyat 0,512 TL/m<sup>3</sup> olarak alınacaktır.

Son adımda, işletmenin şebeke ve kuyu suyu için ödediği yıllık toplam bedele ek olarak, aşağıdaki her bir kalem için ayrı işlem yapılmaktadır.

- Şebeke suyu çekimi kaynaklı su stresinin ücretlendirilmesi:

$$39.556 \text{ m}^3 \times 0,192 \text{ TL/m}^3 = + 7.595 \text{ TL}$$

- Kuyu suyu çekimi kaynaklı su stresinin ücretlendirilmesi:

$$296 \text{ m}^3 \times 0,516 \text{ TL/m}^3 = + 151 \text{ TL}$$

Geri kazanılan su nedeniyle, havzadaki su stresinde azalma olacağı öngörülmektedir. Bu nedenle geri kazanılan su miktarı üzerinden gölge fiyatta indirim yapılmaktadır.

$$969 \text{ m}^3 \times 0,192 \text{ TL/m}^3 = - 186 \text{ TL}$$

Kullanılan yağmur suyu varsa, havzadan su çekimi yerine yağmur suyu değerlendirildiği için gerçek su bedelinde indirim yapılmaktadır.

$$485 \text{ m}^3 \times 0,192 \text{ TL/m}^3 = - 93 \text{ TL}$$

Gölge fiyat çalışmasında atıksu arıtma tesisinde kullanılan kimyasalların ücretleri de hesaba katılmaktadır.

$$+ 2.174$$

Atıksu arıtma tesisinin elektrik tüketimi hesaplanmaktadır. Atıksu arıtma tesisinin elektrik tüketimi kWh/yıl olarak biliniyorsa; 2020 yılı birim elektrik tüketim fiyatları üzerinden hesaplama yapılabilir.

$$\text{Toplam elektrik maliyeti: } + 17.670 \text{ TL/yıl}$$

Atıksu arıtma tesisi bakım, onarım ve ekipman değişimi maliyetleri hesaba katılır:

$$+ 3.541 \text{ TL}$$

Arıtma çamuru bertaraf maliyetleri ve nakliye maliyeti verileri işletmelerden alınmalıdır:

$$\text{Bertaraf: } + 546 \text{ TL}$$

$$\text{Nakliye: } + 215 \text{ TL}$$

Su şartlandırma tesisi maliyetleri (elektrik ve kimyasal) işletmelerden alınmalıdır:

$$+ 7.354 \text{ TL}$$

Kuyu suyu kullanan işletmeler için, kuyu suyunun pompa yardımıyla terfi ettirildiği öngörülmektedir. Pompanın kapasitesi ve çalışma verimi literatürdeki ortalama değerlerden kabul yapılarak alınmıştır. Pompanın elektrik tüketimi Denklem 4.1 ile hesaplanmaktadır:

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot \rho}{367 \cdot \eta} \quad (4.1)$$

Q (m<sup>3</sup>/saat): Debi

H (m) : Basma yüksekliği

$\rho$  (kg/dm<sup>3</sup>) :Akışkanın yoğunluğu

$\eta$  (%) :Pompanın verimi

P (kW) :Pompanın gereksinim duyduğu güç

Bu formülden hareketle, birim elektrik tüketimi ile toplam elektrik tüketimi çarpıldığında kuyudan su temin eden pompanın elektrik tüketim maliyeti 967 TL olarak hesaplanmaktadır. Sakarya havzası tesis-1 için yapılan hesaplamaların özeti Çizelge 4.4 ile verilmektedir.

**Çizelge 4.4 : Sakarya havzası tesis-1 çalışması özeti.**

| <b>Yıllık Üretim Kapasitesi (Ürün/Yıl)</b>                               | <b>1.000.000</b> |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Şebeke Suyu Tüketimi, m <sup>3</sup>                                     | 39.556           |
| Kuyu Suyu Tüketimi, m <sup>3</sup>                                       | 296              |
| Yeniden Kullanılan/Geri Kazanılan Su, m <sup>3</sup>                     | 969              |
| Yağmur Suyu Geri Kazanımı, m <sup>3</sup>                                | 485              |
| Şebeke Suyu Kullanımından kaynaklanan<br>gölge fiyat, TL                 | +7.595           |
| Kuyu Suyu Kullanımından kaynaklanan<br>gölge fiyat, TL                   | +151             |
| Yeniden Kullanılan/Geri Kazanılan Su<br>sebebiyle gölge fiyat, TL        | -186             |
| Yağmur Suyu Geri Kazanımı Bedeli<br>sebebiyle gölge fiyat, TL            | -93              |
| AAT Kimyasal kullanımından<br>kaynaklanan gölge fiyat, TL                | +2.174           |
| AAT Elektrik kullanımından kaynaklanan<br>gölge fiyat, TL                | +17.670          |
| AAT Bakım, Onarım & Ekipman Değişim<br>sebebiyle oluşan gölge fiyat, TL  | +3.541           |
| Arıtma Çamuru Bertaraf Maliyetleri<br>sebebiyle oluşan gölge fiyat, TL   | +546             |
| Arıtma Çamuru Nakliye Maliyetleri<br>sebebiyle oluşan gölge fiyat, TL    | +215             |
| Su Şartlandırma Tesisi Maliyetleri T<br>sebebiyle oluşan gölge fiyat, TL | +7.354           |
| Kuyu Pompaj Maliyeti sebebiyle oluşan<br>gölge fiyat, TL                 | +967             |

Tesis-1 için 2018 yılında su için ödenen toplam tutar 33.286 TL olarak belirlenmiştir.. Yukarıdaki maliyetler, 33.286 TL'ye tek tek eklendiğinde; toplam su maliyetleri 73.501 TL olarak hesaplanmıştır.

Aradaki fark; 40.215 TL ise; bütüncül bir yaklaşım yapıldığında düşünülmesi gereken ek tutardır. Bu çalışma 2 şekilde değerlendirilebilir:

- Aradaki fark, 40.215 TL oluşturulacak bir “su fonu”na aktarılarak; ileriki dönemlerde fabrikaya yapılacak su alt yapı yatırımlarında kullanılabilir.
- Toplam bedel, 73.501 TL, toplam su tüketimine oranlanır. Gölge fiyatların da eklenmesiyle, normalde ödenenin daha üzerinde bir birim su fiyatı oluşturulur. Bu fiyat; satın alınacak yeni ekipmanlarda, yapılacak yatırımlarda geri dönüş süresinin kısaltılarak yatırımların yapılmasını teşvik eder.

#### 4.2 Gölge Fiyat Metodolojisi Hesaplama Örneği: Sakarya Havzası–Tesis 2 (Kuyu suyu)

Her üretim tesisi, ürettikleri ürün için birim ürün başına su tüketiminde azalış hedefi belirler. Bu çalışmada bu da göz önüne alınmıştır. Hedef sağlanması durumunda, hedefin sağlanma oranı kadar “gölge fiyatta” indirimine gidilir. Su tüketim hedefinin aşılması durumunda ise “gölge fiyatta” zam yapılır. Sakarya Havzasında üretim yapan bir tesisin sadece kuyu suyu kullandığını düşünerek Çizelge 4.5 suya ödenmesi gereken gerçek bedel hesaplanmıştır. Bu tesis, bundan sonra “ST2 (Sakarya Havzası, Tesis 2)” olarak adlandırılacaktır.

**Çizelge 4.5 : ST2 hesaplamada kullanılan verilerin özeti.**

| <b>Yıllık Üretim Kapasitesi (Ürün/Yıl)</b>                  | <b>1.000.000</b> |
|-------------------------------------------------------------|------------------|
| Şebeke Suyu Tüketimi, m <sup>3</sup>                        | -                |
| Kuyu Suyu Tüketimi, m <sup>3</sup>                          | 32.671           |
| Toplam Su Tüketimi, m <sup>3</sup>                          | 32.671           |
| Şebeke Suyu Tüketim Bedeli, TL                              | -                |
| Kuyu Suyu Tüketim Bedeli, TL                                | 20.583           |
| Atıksu Bağlantı Bedeli, TL                                  | 10.069           |
| Toplam Su Bedeli, TL                                        | 30.652           |
| Yeniden Kullanılan/Geri Kazanılan Su Miktarı m <sup>3</sup> | -                |
| Yağmur Suyu Geri Kazanım Miktarı, m <sup>3</sup>            | 396              |
| AAT Kimyasal Bedeli, TL                                     | 1.972            |
| AAT Elektrik Tüketimi, kWh/year                             | 131.834          |

Daha önce anlatılan indirim için Çizelge 4.6 ile verilen oranlar belirlenmiştir.

**Çizelge 4.6 :** Yıl sonu birim ürün adedi başına su tüketimi hedefini gerçekleştiren işletmeler için gölge fiyatta uygulanacak indirim.

| <b>Su Hedefleri (%)</b> | <b>Gölge Fiyat indirim oranı (%)</b> |
|-------------------------|--------------------------------------|
| <b>0-25</b>             | 10                                   |
| <b>26-50</b>            | 25                                   |
| <b>51-100</b>           | 50                                   |

Sakarya Havzasında yer alan Tesis 2'in su stresi puanı 2,56'dır. Bu noktadan hareketle, Çizelge 4.7 ile belirtilen şebeke ve kuyu suyu için TL/m<sup>3</sup> tablosundaki değerlerle interpolasyon yapılmaktadır. Su stresi 2,56'ya karşı gelen şebeke ve kuyu suyu gölge fiyatı belirlenmektedir.

**Çizelge 4.7 :** Tesis 2 su çekimi kaynaklı su stresi gölge fiyatları.

| <b>Sakarya Havzası, Tesis 2- Birim Su Tüketimi Başına Eklenecek Gölge Fiyatlar</b> |       |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şebeke Suyu Çekimi Kaynaklı Su Stresi, TL/m <sup>3</sup>                           | 0,256 |
| Kuyu Suyu Çekimi Kaynaklı Su Stresi, TL/m <sup>3</sup>                             | 0,512 |

Eğer işletme yıl sonu su hedefini karşıladıysa şebeke suyu çekimi kaynaklı su stresi fiyatında indirim yapılmaktadır. Kuyu suyu için hiçbir koşulda indirim yapılmamaktadır.

Tesis 1, yıl sonu birim su tüketim hedefini sağlamıştır. Yıl sonu hedefinin %10 daha altında su tüketimi gerçekleştirmiştir. Bu nedenle yukarıda belirtilen 0,256 TL/m<sup>3</sup> yerine; %10 indirim ile 0,230 TL/m<sup>3</sup> gölge fiyatı kullanılmaktadır. Bu fiyat yalnızca şebeke suyu tüketiminde geçerlidir, kuyu suyunda indirim yapılmamaktadır. Kuyu suyu tüketimi için gölge fiyat 0,512 TL/m<sup>3</sup> olarak alınacaktır.

Son adımda, işletmenin şebeke ve kuyu suyu için ödediği yıllık toplam bedele ek olarak, aşağıdaki her bir kalem için ayrı işlem yapılmaktadır.

Kuyu suyu çekimi kaynaklı su stresinin ücretlendirilmesi:

$$32.671\text{m}^3 \times 0,512 \text{ TL/m}^3 = + 16.728 \text{ TL}$$

Kullanılan yağmur suyu varsa, havzadan su çekimi yerine yağmur suyu değerlendirildiği için gölge fiyatta indirim yapılmaktadır.

$$391 \text{ m}^3 \times 0,230 \text{ TL/m}^3 = -90 \text{ TL}$$

Gölge fiyat çalışmasında atıksu arıtma tesisinde kullanılan kimyasalların ücretleri de hesaba katılmaktadır.



+ 1.972

Atıksu arıtma tesisinin elektrik tüketimi hesaplanmaktadır:

- Atıksu arıtma tesisinin elektrik tüketimi kWh/yıl olarak biliniyorsa; 2020 yılı birim elektrik tüketim fiyatları üzerinden hesaplama yapılabilir.

Toplam elektrik maliyeti: + 40.055 TL/yıl

Atıksu arıtma tesisi bakım, onarım ve ekipman değişimi maliyetleri hesaba katılır:

2.315 TL

Arıtma çamuru bertaraf maliyetleri ve nakliye maliyeti verileri işletmelerden alınmalıdır:

Bertaraf: + 20.584TL

Nakliye: + 585 TL

Su şartlandırma tesisi maliyetleri (elektrik ve kimyasal) işletmelerden alınmalıdır:

+ 20.004 TL

Kuyu suyu kullanan işletmeler için, kuyu suyunun pompa yardımıyla terfi ettirildiği öngörülmektedir. Pompanın kapasitesi ve çalışma verimi literatürdeki ortalama değerlerden kabul yapılarak alınmıştır. Pompanın elektrik tüketimi Denklem 4.2 ile verilen denklemlerle hesaplanmaktadır:

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot \rho}{367 \cdot \eta} \quad (4.2)$$

Bu formülden hareketle, birim elektrik tüketimi ile toplam elektrik tüketimi çarpıldığında kuyudan su temin eden pompanın elektrik tüketim maliyeti 809 TL olarak hesaplanmaktadır. Sakarya havzası tesis-2 için yapılan hesaplamaların özeti Çizelge 4.8 ile verilmektedir.

Tesis-2 için 2020 yılında su için ödenen toplam tutar 30.652 TL olarak belirlenmiştir.. Yukarıdaki maliyetler, 30.652 TL'ye tek tek eklendiğinde; toplam su maliyetleri 133.705TL olarak hesaplanmıştır.

Aradaki fark; 103.052 TL ise; bütüncül bir yaklaşım yapıldığında düşünülmesi gereken ek tutardır. Bu çalışma 2 şekilde değerlendirilebilir:

- Aradaki fark, 103.052 TL oluşturulacak bir “su fonu”na aktarılarak; ileriki dönemlerde fabrikaya yapılacak su alt yapı yatırımlarında kullanılabilir.
- Toplam bedel, 133.705 TL, toplam su tüketimine oranlanır. Gölge fiyatların da eklenmesiyle, normalde ödenenin daha üzerinde bir birim su fiyatı oluşturulur. Bu fiyat; satın alınacak yeni ekipmanlarda, yapılacak yatırımlarda geri dönüş süresinin kısaltılarak yatırımların yapılmasını teşvik eder.

**Çizelge 4.8 : Sakarya havzası tesis-2 çalışması özeti.**

| <b>Yıllık Üretim Kapasitesi (Ürün/Yıl)</b>                           | <b>1.000.000</b> |
|----------------------------------------------------------------------|------------------|
| Şebeke Suyu Tüketimi, m <sup>3</sup>                                 | -                |
| Kuyu Suyu Tüketimi, m <sup>3</sup>                                   | <b>32.671</b>    |
| Yeniden Kullanılan/Geri Kazanılan Su, m <sup>3</sup>                 | -                |
| Yağmur Suyu Geri Kazanımı, m <sup>3</sup>                            | <b>396</b>       |
| Şebeke Suyu Kullanımından kaynaklanan gölge fiyat, TL                | -                |
| Kuyu Suyu Kullanımından kaynaklanan gölge fiyat, TL                  | <b>+16.728</b>   |
| Yeniden Kullanılan/Geri Kazanılan Su sebebiyle gölge fiyat, TL       | -                |
| Yağmur Suyu Geri Kazanımı Bedeli sebebiyle gölge fiyat, TL           | <b>-91</b>       |
| AAT Kimyasal kullanımından kaynaklanan gölge fiyat, TL               | <b>+1.972</b>    |
| AAT Elektrik kullanımından kaynaklanan gölge fiyat, TL               | <b>+40.055</b>   |
| AAT Bakım, Onarım & Ekipman Değişim sebebiyle oluşan gölge fiyat, TL | <b>+2.315</b>    |
| Aritma Çamuru Bertaraf Maliyetleri sebebiyle oluşan gölge fiyat, TL  | <b>+20.854</b>   |
| Aritma Çamuru Nakliye Maliyetleri sebebiyle oluşan gölge fiyat, TL   | <b>+585</b>      |
| Su Şartlandırma Tesisi Maliyetleri sebebiyle oluşan gölge fiyat, TL  | <b>+20.004</b>   |
| Kuyu Pompaj Maliyeti sebebiyle oluşan gölge fiyat, TL                | <b>+809</b>      |

#### **4.3 Gölge Fiyat Metodolojisi Hesaplama Örneği: Ergene Havzası–Tesis 3 (Şebeke Suyu +Kuyu suyu)**

Her üretim tesisi, ürettikleri ürün için birim ürün başına su tüketiminde azalış hedefi belirler. Bu çalışmada bu da göz önüne alınmıştır. Hedef sağlanması durumunda, hedefin sağlanma oranı kadar “gölge fiyatta” indirimde gidilir. Su tüketim hedefinin aşılması durumunda ise “gölge fiyatta” zam yapılır. Ergene Havzasında üretim yapan

bir tesisin kuyu ve şebeke suyu kullandığını düşünerek Çizelge 4.9 ile suya ödenmesi gereken Gerçek bedel hesaplanmıştır. Bu tesis, bundan sonra “ET3 (Ergene Havzası, Tesis 3)” olarak adlandırılacaktır.

**Çizelge 4.9 : ET3 hesaplamada kullanılan verilerin özeti.**

| <b>Yıllık Üretim Kapasitesi (Ürün/Yıl)</b>                  | <b>1.000.000</b> |
|-------------------------------------------------------------|------------------|
| Şebeke Suyu Tüketimi, m <sup>3</sup>                        | 21.066           |
| Kuyu Suyu Tüketimi, m <sup>3</sup>                          | 827              |
| Toplam Su Tüketimi, m <sup>3</sup>                          | 21.894           |
| Şebeke Suyu Tüketim Bedeli, TL                              | 17.558           |
| Kuyu Suyu Tüketim Bedeli, TL                                | -                |
| Atıksu Bağlantı Bedeli, TL                                  | 14.746           |
| Toplam Su Bedeli, TL                                        | 32.304           |
| Yeniden Kullanılan/Geri Kazanılan Su Miktarı m <sup>3</sup> | 2506             |
| Yağmur Suyu Geri Kazanım Miktarı, m <sup>3</sup>            | -                |
| AAT Kimyasal Bedeli, TL                                     | 13.394           |
| AAT Elektrik Tüketimi, kWh/year                             | 7.079            |

İndirimler için Çizelge 4.10 ile verilen oranlar belirlenmiştir.

**Çizelge 4.10 : Yıl sonu birim ürün adedi başına su tüketimi hedefini gerçekleştiren işletmeler için gölge fiyatta uygulanacak indirim oranları.**

| <b>Su Hedefleri (%)</b> | <b>Gölge Fiyat indirim oranı (%)</b> |
|-------------------------|--------------------------------------|
| <b>0-25</b>             | 10                                   |
| <b>26-50</b>            | 25                                   |
| <b>51-100</b>           | 50                                   |

Ergene Havzasında yer alan Tesis 3’ün su stresi puanı 2,60’tır. Bu noktadan hareketle, yukarıda belirtilen şebeke ve kuyu suyu için Çizelge 4.11 ile gösterilen TL/m<sup>3</sup> tablosundaki değerlerle interpolasyon yapılmaktadır. Su stresi 2,60’a karşı gelen şebeke ve kuyu suyu gölge fiyatı belirlenmektedir.

**Çizelge 4.11 : ET3 Su Çekimi Kaynaklı Su Stresi Gölge fiyatları.**

| <b>Ergene Havzası, Tesis 3- Birim Su Tüketimi Başına Eklenecek Gölge Fiyatlar</b> |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şebeke Suyu Çekimi Kaynaklı Su Stresi, TL/m <sup>3</sup>                          | 0,260 |
| Kuyu Suyu Çekimi Kaynaklı Su Stresi, TL/m <sup>3</sup>                            | 0,520 |

Eğer işletme yıl sonu su hedefini karşıladıysa şebeke suyu çekimi kaynaklı su stresi fiyatında indirim yapılmaktadır. Kuyu suyu için hiçbir koşulda indirim yapılmamaktadır.

Tesis 3, yıl sonu birim su tüketim hedefini sağlamıştır. Yıl sonu hedefinin %30 daha altında su tüketimi gerçekleştirmiştir. Bu nedenle yukarıda belirtilen 0,256 TL/m<sup>3</sup> yerine; %25 indirim ile 0,195 TL/m<sup>3</sup> gölge fiyatı kullanılmaktadır. Bu fiyat yalnızca şebeke suyu tüketiminde geçerlidir, kuyu suyunda indirim yapılmamaktadır. Kuyu suyu tüketimi için gölge fiyat 0,520 TL/m<sup>3</sup> olarak alınacaktır.

Son adımda, işletmenin şebeke ve kuyu suyu için ödediği yıllık toplam bedele ek olarak, aşağıdaki her bir kalem için ayrı işlem yapılmaktadır.

- Şebeke suyu çekimi kaynaklı su stresinin ücretlendirilmesi:

$$21.066 \text{ m}^3 \times 0,195 \text{ TL/m}^3 = + 4.108 \text{ TL}$$

- Kuyu suyu çekimi kaynaklı su stresinin ücretlendirilmesi:

$$827 \text{ m}^3 \times 0,520 \text{ TL/m}^3 = + 430 \text{ TL}$$

Geri kazanılan su nedeniyle, havzadaki su stresinde azalma olacağı öngörülmektedir. Bu nedenle geri kazanılan su miktarı üzerinden gölge fiyatta indirim yapılmaktadır.

$$2.506 \text{ m}^3 \times 0,195 \text{ TL/m}^3 = - 489 \text{ TL}$$

Gölge fiyat çalışmasında atıksu arıtma tesisinde kullanılan kimyasalların ücretleri de hesaba katılmaktadır.

$$+13.394$$

Atıksu arıtma tesisinin elektrik tüketimi hesaplanmaktadır:

- Atıksu arıtma tesisinin elektrik tüketimi kWh/yıl olarak biliniyorsa; 2020 yılı birim elektrik tüketim fiyatları üzerinden hesaplama yapılabilir.

$$\text{Toplam elektrik maliyeti: } + 1.681 \text{ TL/yıl}$$

Atıksu arıtma tesisi bakım, onarım ve ekipman değişimi maliyetleri hesaba katılır:

$$+ 12.408 \text{ TL}$$

Arıtma çamuru bertaraf maliyetleri ve nakliye maliyeti verileri işletmelerden alınmalıdır:

$$\text{Bertaraf: } +1.165 \text{ TL}$$

$$\text{Nakliye: } + 744 \text{ TL}$$

Su şartlandırma tesisi maliyetleri (elektrik ve kimyasal) işletmelerden alınmalıdır:

+ 134.685 TL

Kuyu suyu kullanan işletmeler için, kuyu suyunun pompa yardımıyla terfi ettirildiği öngörülmektedir. Pompanın kapasitesi ve çalışma verimi literatürdeki ortalama değerlerden kabul yapılarak alınmıştır. Pompanın elektrik tüketimi Denklem 4.3 ile hesaplanmaktadır:

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot \rho}{367 \cdot \eta} \quad (4.3)$$

Bu formülden hareketle, birim elektrik tüketimi ile toplam elektrik tüketimi çarpıldığında kuyudan su temin eden pompanın elektrik tüketim maliyeti 682 TL olarak hesaplanmaktadır. Ergene havzası tesis-3 için yapılan hesaplamaların özeti Çizelge 4.12 ile verilmektedir.

**Çizelge 4.12 : Ergene havzası tesis-3 çalışması özeti.**

| <b>Yıllık Üretim Kapasitesi (Ürün/Yıl)</b>                            | <b>1.000.000</b> |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------|
| Şebeke Suyu Tüketimi, m <sup>3</sup>                                  | 21.066           |
| Kuyu Suyu Tüketimi, m <sup>3</sup>                                    | 827              |
| Yeniden Kullanılan/Geri Kazanılan Su, m <sup>3</sup>                  | 2.506            |
| Yağmur Suyu Geri Kazanımı, m <sup>3</sup>                             | -                |
| Şebeke Suyu Kullanımından kaynaklanan gölge fiyat, TL                 | +4.108           |
| Kuyu Suyu Kullanımından kaynaklanan gölge fiyat, TL                   | +430             |
| Yeniden Kullanılan/Geri Kazanılan Su sebebiyle gölge fiyat, TL        | -489             |
| Yağmur Suyu Geri Kazanımı Bedeli sebebiyle gölge fiyat, TL            | -                |
| AAT Kimyasal kullanımından kaynaklanan gölge fiyat, TL                | +13.394          |
| AAT Elektrik kullanımından kaynaklanan gölge fiyat, TL                | +1.681           |
| AAT Bakım, Onarım & Ekipman Değişim sebebiyle oluşan gölge fiyat, TL  | +12.408          |
| Aritma Çamuru Bertaraf Maliyetleri sebebiyle oluşan gölge fiyat, TL   | +1.165           |
| Aritma Çamuru Nakliye Maliyetleri sebebiyle oluşan gölge fiyat, TL    | +744             |
| Su Şartlandırma Tesisi Maliyetleri T sebebiyle oluşan gölge fiyat, TL | +134.685         |
| Kuyu Pompaj Maliyeti sebebiyle oluşan gölge fiyat, TL                 | +682             |

#### 4.4 Gölge Fiyat Metodolojisi Hesaplama Örneği: Ergene Havzası–Tesis 4 (Şebeke suyu)

Her üretim tesisi, ürettikleri ürün için birim ürün başına su tüketiminde azalış hedefi belirler. Bu çalışmada bu da göz önüne alınmıştır. Hedef sağlanması durumunda, hedefin sağlanma oranı kadar “gölge fiyatta” indirim yapılır. Su tüketim hedefinin aşılması durumunda ise “gölge fiyatta” zam yapılır. Ergene Havzasında üretim yapan bir tesisin kuyu ve şebeke suyu kullandığını düşünerek Çizelge 4.13 ile suya ödenmesi gereken gerçek bedel hesaplanmıştır. Bu tesis, bundan sonra “ET4 (Ergene Havzası, Tesis 4)” olarak adlandırılacaktır.

**Çizelge 4.13 : ET4 hesaplamada kullanılan verilerin özeti.**

| <b>Yıllık Üretim Kapasitesi (Ürün/Yıl)</b>                  | <b>1.000.000</b> |
|-------------------------------------------------------------|------------------|
| Şebeke Suyu Tüketimi, m <sup>3</sup>                        | 30.088           |
| Kuyu Suyu Tüketimi, m <sup>3</sup>                          | -                |
| Toplam Su Tüketimi, m <sup>3</sup>                          | 30.88            |
| Şebeke Suyu Tüketim Bedeli, TL                              | 277.968          |
| Kuyu Suyu Tüketim Bedeli, TL                                | -                |
| Atıksu Bağlantı Bedeli, TL                                  | 986              |
| Toplam Su Bedeli, TL                                        | 278.954          |
| Yeniden Kullanılan/Geri Kazanılan Su Miktarı m <sup>3</sup> | 1.256            |
| Yağmur Suyu Geri Kazanım Miktarı, m <sup>3</sup>            | 502              |
| AAT Kimyasal Bedeli, TL                                     | 45               |
| AAT Elektrik Tüketimi, kWh/year                             | 24.620           |

Daha önce anlatılan indirim için Çizelge 4.14 ile verilen oranlar kullanılmıştır.

**Çizelge 4.14 : Yıl sonu birim ürün adedi başına su tüketimi hedefini gerçekleştiren işletmeler için gölge fiyatta uygulanacak indirim oranları.**

| <b>Su Hedefleri (%)</b> | <b>Gölge Fiyat indirim oranı (%)</b> |
|-------------------------|--------------------------------------|
| <b>0-25</b>             | 10                                   |
| <b>26-50</b>            | 25                                   |
| <b>51-100</b>           | 50                                   |

Ergene Havzasında yer alan Tesis4’ün su stresi puanı 2,60’tır. Bu noktadan hareketle, yukarıda belirtilen şebeke ve kuyu suyu için Çizelge 4.15 ile verilen TL/m<sup>3</sup> tablosundaki değerlerle interpolasyon yapılmaktadır. Su stresi 2,60’a karşı gelen şebeke ve kuyu suyu gölge fiyatı belirlenmektedir.

**Çizelge 4.15 : ET4 Su Çekimi Kaynaklı Su Stresi Gölge fiyatları.**

| <b>Ergene Havzası, Tesis 3- Birim Su Tüketimi Başına Eklenecek Gölge Fiyatlar</b> |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Şebeke Suyu Çekimi Kaynaklı Su Stresi, TL/m<sup>3</sup></b>                    | 0,260 |
| <b>Kuyu Suyu Çekimi Kaynaklı Su Stresi, TL/m<sup>3</sup></b>                      | 0,520 |

Eğer işletme yıl sonu su hedefini karşıladıysa şebeke suyu çekimi kaynaklı su stresi fiyatında indirim yapılmaktadır. Kuyu suyu için hiçbir koşulda indirim yapılmamaktadır.

Tesis 3, yıl sonu birim su tüketim hedefini sağlamıştır. Yıl sonu hedefinin %10 daha üstünde su tüketimi gerçekleştirmiştir. Bu nedenle yukarıda belirtilen 0,256 TL/m<sup>3</sup> yerine; %10 zam ile 0,286 TL/m<sup>3</sup> gölge fiyatı kullanılmaktadır. Bu fiyat yalnızca şebeke suyu tüketiminde geçerlidir, kuyu suyunda indirim yapılmamaktadır. Kuyu suyu tüketimi için gölge fiyat 0,520 TL/m<sup>3</sup> olarak alınacaktır.

Son adımda, işletmenin şebeke ve kuyu suyu için ödediği yıllık toplam bedele ek olarak, aşağıdaki her bir kalem için ayrı işlem yapılmaktadır.

- Şebeke suyu çekimi kaynaklı su stresinin ücretlendirilmesi:

$$30.088 \text{ m}^3 \times 0,286 \text{ TL/m}^3 = + 8.605 \text{ TL}$$

Geri kazanılan su nedeniyle, havzadaki su stresinde azalma olacağı öngörülmektedir. Bu nedenle geri kazanılan su miktarı üzerinden gölge fiyatta indirim yapılmaktadır.

$$1.256 \text{ m}^3 \times 0,286 \text{ TL/m}^3 = - 359 \text{ TL}$$

Kullanılan yağmur suyu varsa, havzadan su çekimi yerine yağmur suyu değerlendirildiği için IWP’de indirim yapılmaktadır.

$$286 \text{ m}^3 \times 0,286 = -82 \text{ TL}$$

Gölge fiyat çalışmasında atıksu arıtma tesisinde kullanılan kimyasalların ücretleri de hesaba katılmaktadır.

$$+ 45 \text{ TL}$$

Atıksu arıtma tesisinin elektrik tüketimi hesaplanmaktadır:

- Atıksu arıtma tesisinin elektrik tüketimi kWh/yıl olarak biliniyorsa; 2020 yılı birim elektrik tüketim fiyatları üzerinden hesaplama yapılabilir.

Toplam elektrik maliyeti: + 7.480 TL/yıl

Atıksu arıtma tesisi bakım, onarım ve ekipman değişimi maliyetleri hesaba katılır:

+ 7.534 TL

Arıtma çamuru bertaraf maliyetleri ve nakliye maliyeti verileri işletmelerden alınmalıdır:

Bertaraf: 0 TL

Nakliye: 0 TL

Su şartlandırma tesisi maliyetleri (elektrik ve kimyasal) işletmelerden alınmalıdır:

+ 48.721 TL

Kuyu suyu kullanan işletmeler için, kuyu suyunun pompa yardımıyla terfi ettirildiği öngörülmektedir. Pompanın kapasitesi ve çalışma verimi literatürdeki ortalama değerlerden kabul yapılarak alınmıştır. Pompanın elektrik tüketimi aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$P = \frac{Q.H.\rho}{367.\eta} \quad (4.4)$$

Kuyu suyu tüketilmediği için bu kısım hesaplanmamıştır.

Tesis-4 için 2018 yılında su için ödenen toplam tutar 278.954 TL olarak belirlenmiştir.. Yukarıdaki maliyetler, 278.954 TL'ye tek tek eklendiğinde; toplam su maliyetleri 354.078 TL olarak hesaplanmıştır.

- Aradaki fark; 75.000 TL ise; bütüncül bir yaklaşım yapıldığında düşünülmesi gereken ek tutardır. Bu çalışma 2 şekilde değerlendirilebilir:
- Aradaki fark, 75.000 TL oluşturulacak bir “su fonu”na aktarılarak; ileriki dönemlerde fabrikaya yapılacak su alt yapı yatırımlarında kullanılabilir.
- Toplam bedel, 354.078 TL, toplam su tüketimine oranlanır. Gölge fiyatların da eklenmesiyle, normalde ödenenin daha üzerinde bir birim su fiyatı oluşturulur. Bu fiyat; satın alınacak yeni ekipmanlarda, yapılacak yatırımlarda geri dönüş süresinin kısaltılarak yatırımların yapılmasını teşvik eder.

Ergene havzası tesis-4 için yapılan hesaplamaların özeti Çizelge 4.16 ile verilmektedir.



**Çizelge 4.16 : Ergene havzası tesis-4 çalışması özeti.**

| <b>Yıllık Üretim Kapasitesi (Ürün/Yıl)</b>                            | <b>1.000.000</b> |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------|
| Şebeke Suyu Tüketimi, m <sup>3</sup>                                  | 30.088           |
| Kuyu Suyu Tüketimi, m <sup>3</sup>                                    | -                |
| Yeniden Kullanılan/Geri Kazanılan Su, m <sup>3</sup>                  | 1.256            |
| Yağmur Suyu Geri Kazanımı, m <sup>3</sup>                             | 502              |
| Şebeke Suyu Kullanımından kaynaklanan gölge fiyat, TL                 | +8.605           |
| Kuyu Suyu Kullanımından kaynaklanan gölge fiyat, TL                   | -                |
| Yeniden Kullanılan/Geri Kazanılan Su sebebiyle gölge fiyat, TL        | -359             |
| Yağmur Suyu Geri Kazanımı Bedeli sebebiyle gölge fiyat, TL            | -144             |
| AAT Kimyasal kullanımından kaynaklanan gölge fiyat, TL                | +45              |
| AAT Elektrik kullanımından kaynaklanan gölge fiyat, TL                | +7.480           |
| AAT Bakım, Onarım & Ekipman Değişim sebebiyle oluşan gölge fiyat, TL  | +7.534           |
| Arıtma Çamuru Bertaraf Maliyetleri sebebiyle oluşan gölge fiyat, TL   | -                |
| Arıtma Çamuru Nakliye Maliyetleri sebebiyle oluşan gölge fiyat, TL    | -                |
| Su Şartlandırma Tesisi Maliyetleri T sebebiyle oluşan gölge fiyat, TL | +48.721          |
| Kuyu Pompaj Maliyeti sebebiyle oluşan gölge fiyat, TL                 | -                |



## 5. DÖNGÜSEL EKONOMİ ÜZERİNE MÜŞTERİ ARAŞTIRMA ANKETİ

Bu anket temelde beyaz eşya sektöründe döngüsel ekonomi uygulamalarına olan bakış açısını değerlendirmeyi hedeflemektedir. Bir ürün satın alırken müşterinin satın alım, kiralama gibi farklı opsiyonları üzerinden tercihleri ölçülecektir. Anket temelde kiralama ve satış modeli üzerine kurgulanmıştır.

Beyaz Eşya sektöründe, yaşam döngüsünü tamamlayan ürünler atık olmaktadır. Dünya genelinde her yıl tam 50 Milyon ton, Avrupa Birliği'nde ise 10 milyon ton elektrik & elektronik eşya atık olmaktadır. Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların (AEEE) lerin ekonomik değeri, içeriğindeki demir, çelik, bakır, alüminyum, altın, gümüş, paladyum ve plastik sebebiyle 48 Milyar Euro'yu bulmaktadır. Oysaki her ürün ekonomik bir değerdir, atılan her ürün aslında ekonomik değeri de görmezden gelmek demektir. Bu değerlerin ekonomiye geri kazandırılması gerekmektedir. Dünyanın döngüsellik oranının sadece %8 olduğu göz önüne alınırsa, yaşam döngüsü tamamlamış ürünlerin ekonomiye geri kazandırılması oldukça önemlidir.

### **Kiralama metodunda;**

Kiralama metodunda ürün, abonelik sistemi gibi aylık belirli sabit bir bedel karşılığı kiralanır ya da ürün müşteriye kullanıldığı kadar faturalandırılır. Bu metotta müşteriye ürün servis, yedek parça ve garanti süresi kapsamında sorunsuz verilir. Müşteri dilediği zaman sözleşmeyi sonlandırabilir, bir üst modele geçiş talep edebilir.

Kiralama metodlarının her ikisinde de (sabit ücret ödeme ya da kullandığın kadar ödeme) ürün sahibi üreticidir. Müşteri ürüne sahip değildir.

### **Satış metodunda;**

Sıfır ürünler fabrika çıkışlı ürünlerdir. İlk kullanıcıları ilk satın alan müşterilerdir. En az 2 yıl garantili, servis ve montaj- bakım- yedek parça garantisi vardır. Ürün sahibi müşteridir.

İkinci el ürünlerde ürünün ilk sahibi farklıdır. Ürünün kaç kere kullanıldığı belirsizdir. Ürün mevcut durumundan bağımsız (çalışıp çalışmama, garanti sorunu, servis sorunu, yedek parça sorunu vb) olarak uygun bir fiyatla satılır. Bu nedenle fiyatları çok daha uygundur. Ürün sahibi müşteridir.

### **Revizyonlu ürünlerde;**

Fabrika çıkışlı sıfır ürünlerde müşteriye giderken yaşanan bir problem nedeniyle müşteriye ulaşmadan fabrikaya geri gönderilebilir. Bu durumda ürün ister kullanılsın ister kullanılsın, kontrol edilir, problemlili parça varsa değiştirilir, kalite ve güvenlik testlerinden geçirilir ve sıfır bir ürünmüşçesine daha uygun fiyatla, belirli süreli garanti ile satılır. Ürün fiyatı sıfır ürüne göre çok daha uygun, ikinci el ürüne göre daha yüksektir. Ürün sahibi müşteridir.

Revizyonlu ürün kullanan bir kullanıcı, yeni bir ürün istediğinde kendisinde bulunan revizyonlu ürünü fabrikaya geri gönderebilir. Bu nedenle ürün tekrar kontrol edilir, problemlili parça varsa değiştirilir, kalite ve güvenlik testlerinden geçirilir ve daha uygun fiyatla, belirli süreli garanti ile bir başka kişiye satılır. Ürün fiyatı sıfır ürüne göre çok daha uygun, ikinci el ürüne göre daha yüksektir. Ürün sahibi yine müşteridir.

Ankette doldurulan bilgiler KVKK (Kişisel Verilerin Korunması Kanunu) kapsamında güvendedir. Bu bilgiler, yalnızca akademik amaçlarla kullanılacaktır. Özel bilgiler halka açık kaynaklarda paylaşılmayacaktır.

### **Anket Soruları ve Sonuçları**

Ankete toplam 445 kişi katılmıştır.

#### **1. Bulunduğunuz il**

Katılımcıların %70'i İstanbul seçeneğini işaretlemiştir. Katılımın en yüksek olduğu diğer iller ise sırasıyla Ankara (%4), Sakarya (%3), İzmir (%3), Eskişehir (%2,7), Bursa (%1,8) ve Kocaeli'dir (%1,6). Aynı zamanda yurtdışında yaşayan Türklerin katılımı (%2,7) ile Eskişehir katılımı aynı düzeydedir.

#### **2. Cinsiyetiniz**

- Kadın
- Erkek
- Belirtmek istemiyorum

Sonuçlar: Katılımcıların %58.20'si kadın, %41.8'i erkektir.

### 3. Medeni durumunuz

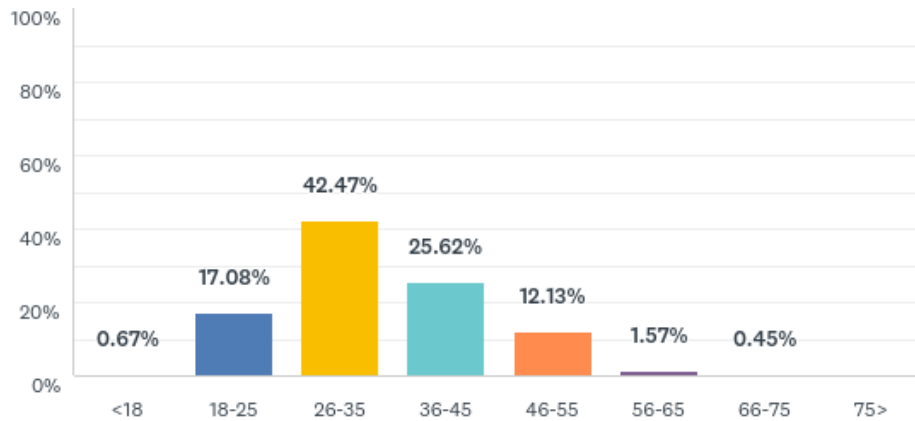
- Evli
- Bekar
- Belirtmek istemiyorum.

Sonuçlar: Katılımcıların %48'i evli, %51'i bekadır. Ankete katılanların %1'i medeni durumunu belirtmek istememiştir.

### 4. Yaşınız

- <18
- 18-25
- 26-35
- 36-45
- 46-55
- 56-65
- 66-75
- 75>

Sonuçlar: Anket katılımcılarının yaş dağılımı homojendir. 25-35 yaş aralığı yaklaşık %43 katılımcıyı oluştururken, 35-45 yaş aralığı da yaklaşık %26'lık katılımcıyı simgelemektedir.

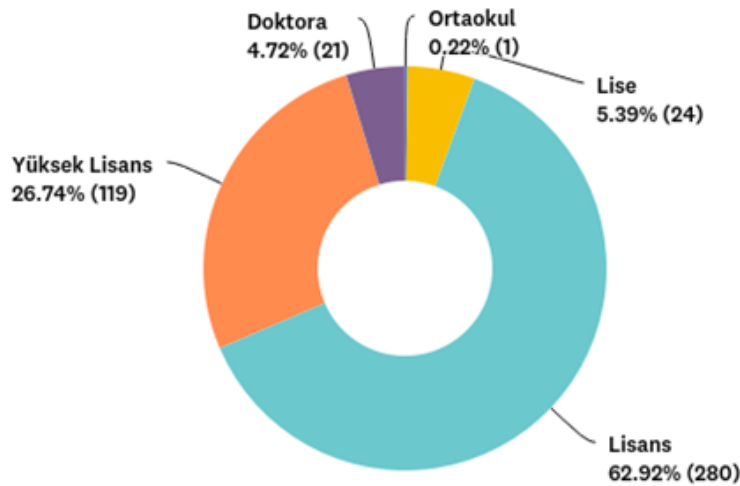


**Şekil 5.1 :** Katılımcıların yaş dağılım grafiği.

## 5. Eğitim Durumunuz:

- İlkokul
- Ortaokul
- Lise
- Üniversite
- Yüksek lisans
- Doktora

**Sonuçlar:** Katılımcıların büyük çoğunluğu (%63) lisans mezunudur. Eğitim seviyesi ile tercihler arasındaki bağlantının belirlenmesi için aşağıdaki grafik oldukça önemlidir.

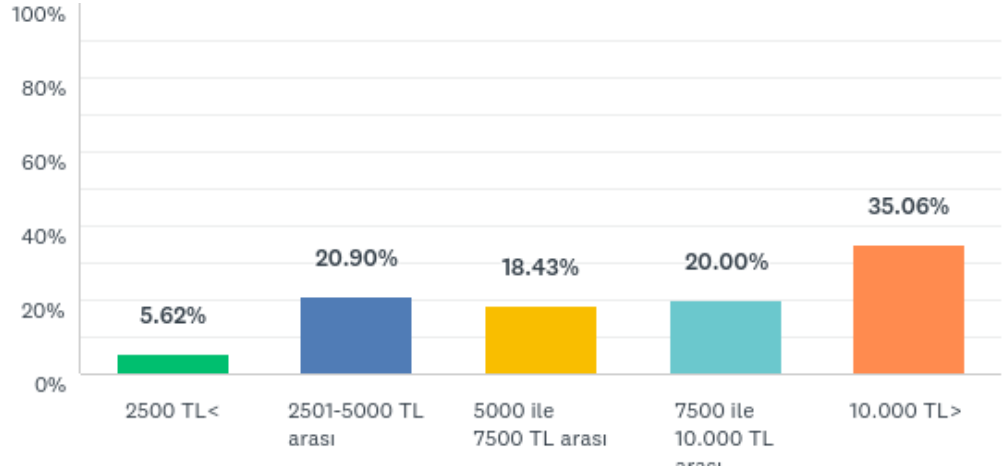


**Şekil 5.2 :** Katılımcıların eğitim seviyesi dağılım grafiği.

## 6. Haneye giren gelir durumunuz nedir?

- 2500 <
- 2501 < <5000
- 5001< < 7500
- 7501< < 10000
- 10.000 >

**Sonuçlar:** Haneye giren gelir ile tercihler doğrudan değişmektedir. Anket katılımcılarında gelir durumu en yüksek olan dilim; %35 ile 10.000 TL ve üzeridir.

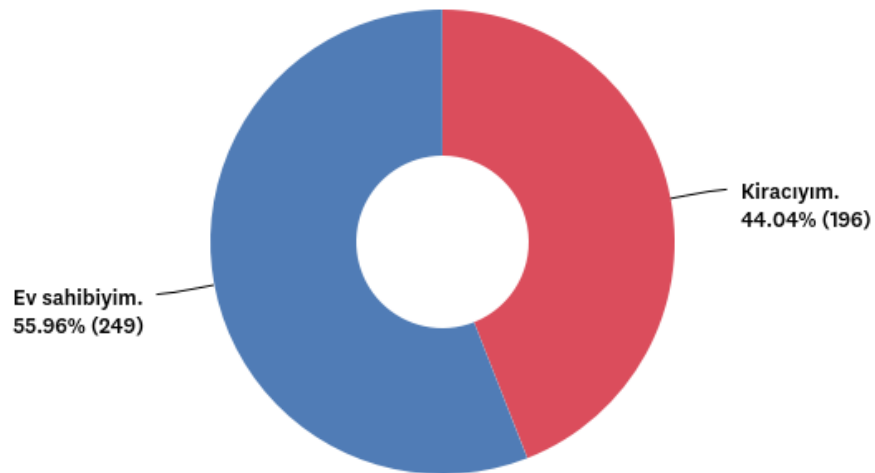


**Şekil 5.3 :** Katılımcıların gelir seviyesi dağılım grafiği.

#### 7. Kaldığınız ev

- Kiracı
- Ev sahibi
- Diğer

Sonuçlar: Kiralama ya da satın alma modellerinin benimsenmesi için kalınan ev, tercihleri doğrudan etkileyecektir. Örneğin, bir ev sahibi sıfır bir ürün ya da revizyonlu bir ürün satın almak isteyebilir. Eşyalı ev kiralayanlar, öğrenci evinde oturanlar ya da lojmanda kalanlar ürün satın almak yerine kiralamak isteyebilir. Ankette ev sahibi olanların oranı oldukça yüksek (%56) çıkmıştır. Diğer seçeneğini işaretleyenlerin de lojman ve şantiyede kaldığı belirlenmiştir.

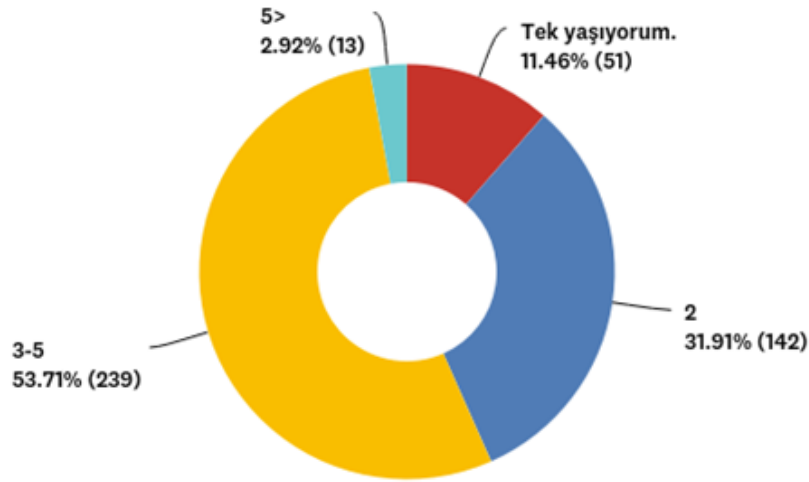


**Şekil 5.4 :** Katılımcıların kiracı/ ev sahipliği durum grafiği.

## 8. Evinizde siz dahil kaç kişi yaşıyor?

- Tek yaşıyorum
- 2
- 3-5
- 5>

Sonuçlar: Katılımcıların %54'ü, aynı hanede 3 ila 5 kişi yaşadığını belirtmiştir. Hanede yaşayan kişi sayısı arttıkça su ve enerji verimli ürünlere olan ilginin de artması beklenir. Bu nedenle anket tercihlerinde hanede yaşayan kişi sayısı oldukça önemli bir indikatördür.



Şekil 5.5 : Katılımcıların hanesindeki yaşayan kişi sayısı grafiği.

## 9. Döngüsel ekonominin ne demek olduğunu biliyor musunuz?

- Evet
- Hayır

Sonuçlar: Anket girişinde verilen bilgilerden sonra, ankete başlamadan öncesi ve sonrası için katılımcıların “döngüsel ekonomi” kavramı hakkında bilgileri ölçülmüştür. 9. Soru, döngüsel ekonomi anketine (genel sorular hariç) giriş sorusu olduğundan, bu kavrama hakimiyet sorulmak istenmiştir. Katılımcıların %65'i döngüsel ekonomi hakkında bilgi sahibi olduğunu vurgulamıştır.



## 10. Sizce döngüsel ekonomiyi en güzel hangisi tanımlamaktadır?

Ürün ve materyallerin kullanım ömürlerinin mümkün olduğunca uzatıldığı, yeniden kullanım, geri dönüşüm, yeniden üretim, tamir-kiralama ve paylaşım gibi kavramları barındıran, atık oluşumunu minimize ederek ürünlerin yaşam döngüsü tamamlandığında ekonomiye yeniden kazandırılmasını sağlayan yeni bir üretim ve tüketim modelidir.

- Atıkların geri kazanılması, geri dönüşümü ile yeniden ürün üretimi yaklaşımıdır.
- Ürünlerin tamir edilmesiyle ürün ömrünün uzatılmasıdır.
- Hepsi

**Sonuçlar:** Döngüsel ekonomi üzerinde uzlaşılmış, kesin bir tanım yoktur. Döngüsel ekonomi, pek çok tanımla içinde barındırır. Buradaki tüm seçenekler doğrudur ancak en kapsamlı olan yanıt, ilk yanıtıdır. Bu yanıtı işaretleyenlerin oranı %90 çıkmıştır.

## 11. Yeni bir ürün satın alırken aşağıdaki seçeneklerinizin olduğunu bilerseniz aşağıdakilerden hangisi ya da hangilerini tercih edersiniz?

*Revizyonlu ürün: Kullanılmış ya da kullanılmamış bir ürünün onarılması, kontrol edilmesi, kalite ve güvenlik testlerinden geçirilerek en az 1 yıl garanti ile tekrar satışa sunulması;*

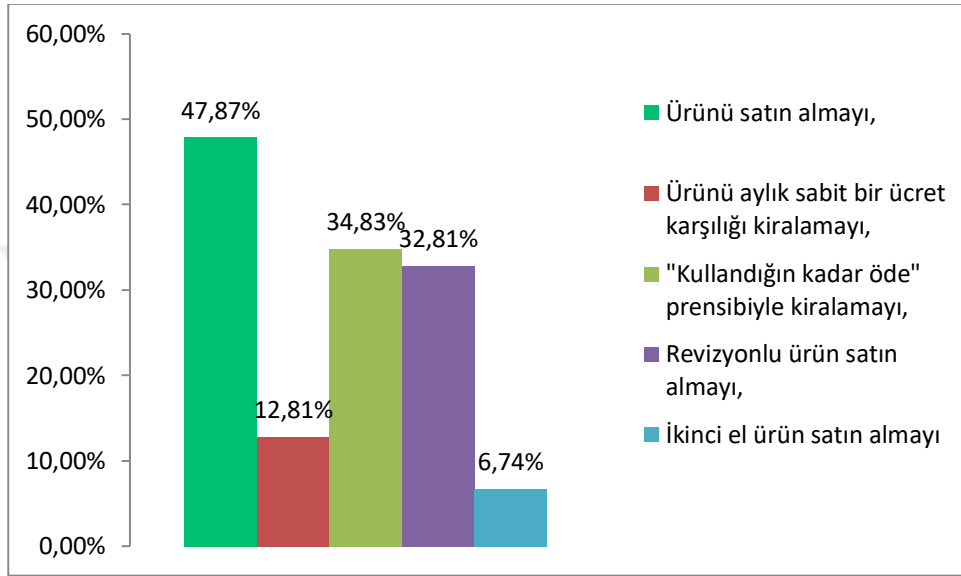
*İkinci el ürün: spotçulardan vb. kullanılmış bir ürünü mevcut haliyle satın almak; Sabit ücret ile kiralamak: aylık abonelik gibi, belirli bir sabit ücret ödemek (kiralama);*

*Kullandığın kadar öde: Beyaz eşyayı sadece kullandığınız kadar ücret ödeme prensibine dayanır. Kullandığın kadar öde prensibinde ürünlerin kullanım miktarının ölçülmesi için ürünler wifi ile bağlı olmalıdır. Üretici firma verileri wifi üzerinden toplanır ve değerlendirilir.*

- Ürünü satın almayı,
- Ürünü aylık sabit bir ücret karşılığı kiralamayı,
- Kiralama modeli ile ürün kullanım başına para ödemeyi,
- Revizyonlu ürün satın almayı,

- İkinci el ürün satın almayı

**Sonuçlar:** Bu soruda birden fazla şık işaretlenmesi serbest bırakılmıştır. Katılımcıların %48'i ürünü satın almayı tercih ederken, yaklaşık %35'i ise kiralamayı seçmiştir. Kiralama gibi oldukça yeni bir kavram olan ürün olarak hizmet modelinin bu kadar yüksek oranda tercih edilmesi de tüketicilerin bu kavrama yeni kavrama olan bakış açılarının olumlu olduğunu göstermektedir.



**Şekil 5.6 :** Katılımcıların ürün kullanım tercihleri grafiği.

## 12. Evinize yeni bir beyaz eşya alırken, daha çevreci olan (enerji verimi yüksek, daha az su tüketen vb) ürüne daha fazla ücret öder misiniz?

(Not:Anketi telefon veya tablet üzerinden yanıtlıyorsanız tüm seçenekleri görmek için lütfen ekranı yan çeviriniz ve sola kaydırınız).

- |                     |      |       |
|---------------------|------|-------|
| • Buzdolabı         | Evet | Hayır |
| • Çamaşır Maknası   | Evet | Hayır |
| • Bulaşık Makinası  | Evet | Hayır |
| • Kurutma Makinası  | Evet | Hayır |
| • Klima             | Evet | Hayır |
| • Fırın             | Evet | Hayır |
| • Tv                | Evet | Hayır |
| • Küçük Ev Aletleri | Evet | Hayır |

**Sonuçlar:** Ürün bazında yapılan incelemeler sonucu, çevreci ürünlere olan ilginin oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Özellikle buzdolabı, çamaşır makinesi ve bulaşık makinesi için daha fazla ödemeye razı olanların sayısı oldukça fazladır. Sonuçlara göre çevreci ürün tercihlerinde katılımcıların oranı; Buzdolabı için % 93,47, çamaşır makinesi için % 92,12, bulaşık makinesi için % 91,67, kurutma makinesi için % 78,15, klima için % 87,39, fırın için % 81,76, televizyon için % 73,42, küçük ev aletleri için % 59,91 olarak görülmüştür.

**13. Evinize yeni bir beyaz eşya alırken, daha çevreci olan (geri dönüştürülmüş malzeme kullanarak çevreye verdiği zararlı etkileri azaltan vb. gibi özellikler) ürüne daha fazla ücret öder misiniz?**

(Not:Anketi telefon veya tablet üzerinden yanıtlıyorsanız tüm seçenekleri görmek için lütfen ekranı yan çeviriniz ve sola kaydırınız).

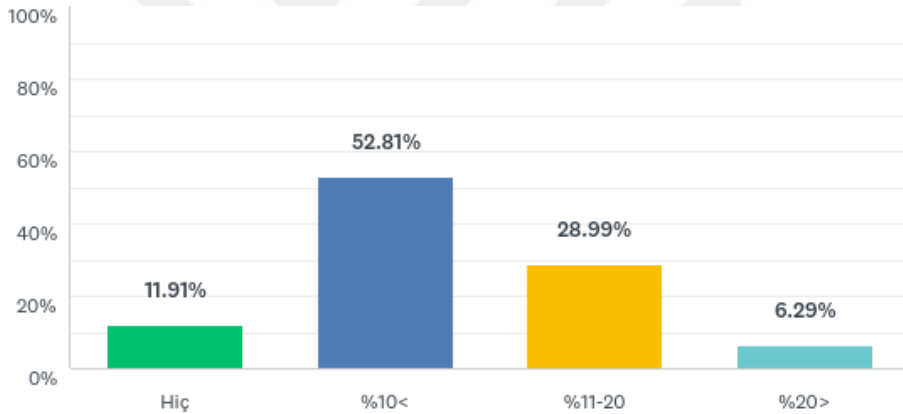
- |                     |      |       |
|---------------------|------|-------|
| • Buzdolabı         | Evet | Hayır |
| • Çamaşır Maknası   | Evet | Hayır |
| • Bulaşık Makinası  | Evet | Hayır |
| • Kurutma Makinası  | Evet | Hayır |
| • Klima             | Evet | Hayır |
| • Fırın             | Evet | Hayır |
| • Tv                | Evet | Hayır |
| • Küçük Ev Aletleri | Evet | Hayır |

**Sonuçlar:** Ürün bazında yapılan incelemeler sonucu, çevreci ürünlere olan ilginin oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Özellikle buzdolabı, çamaşır makinesi ve bulaşık makinesi için daha fazla ödemeye razı olanların sayısı oldukça fazladır. Ancak olumlu yanıtlar (yani daha fazla öderim diyenler) su ve enerji verimli ürünlere göre daha azdır. Sonuçlara göre geri dönüştürülmüş çevreci ürün tercihlerinde katılımcıların oranı; Buzdolabı için % 71,17, çamaşır makinesi için % 70,5, bulaşık makinesi için % 70,72, kurutma makinesi için % 63,06, klima için % 69,59, fırın için % 64,86, televizyon için % 62,16, küçük ev aletleri için % 59,01 olarak görülmüştür.

**14. Büyük ev aletlerinde (çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, kurutma makinesi, tv, klima, buzdolabı, fırın) daha çevreci ürünler için normal üründen ne kadar daha fazla ödemeye razı olursunuz?**

- Hiç
- %10<
- %11-20
- %20>

**Sonuçlar:** Ankette büyük ev aletleri için çevreci ürünlere daha fazla öderim diyenlerin oranı yaklaşık %88'dir. Daha fazla ücret ödemeyeceğini belirtenlerin oranı ise yalnızca %12lerde kalmıştır. Tüketicilerin su ve enerji verimli ürünler ile geri dönüştürülmüş malzeme kullanarak çevresel ayak izini azaltan ürünlere olan ilgisi ve ödeme isteği fazladır.



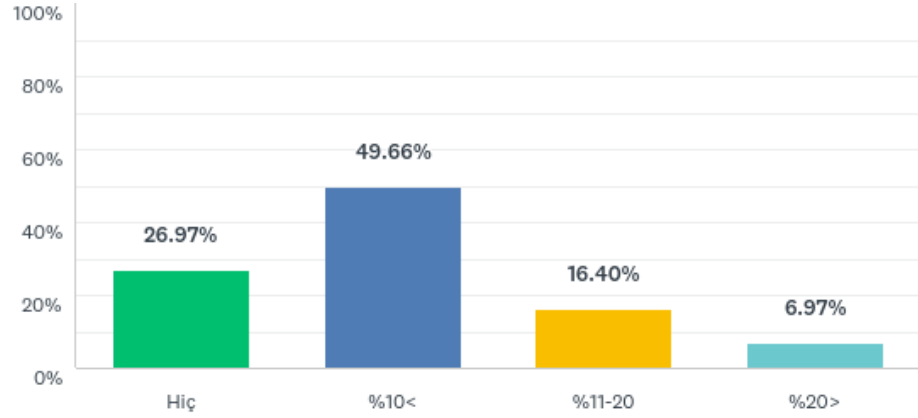
**Şekil 5.7 :** Katılımcıların çevreci büyük ev aletleri için fazla ödeme talebi grafiği.

**15. Küçük ev aletlerinde (süpürge, kahve makinesi, çay makinesi vb.) gibi daha çevreci ürünler için normal üründen ne kadar daha fazla ödemeye razı olursunuz?**

- Hiç
- %10<
- %11-20
- %20>

**Sonuçlar:** Ankette küçük ev aletleri için çevreci ürünlere daha fazla öderim diyenlerin oranı yaklaşık %73'tür. Büyük ev aletlerine kıyasla küçük ev aletleri için çevreci

ürünleri tercih ederek daha fazla ücret ödemeye razı olanların sayısının daha az olması beklenirken; elde edilen sonucun oldukça olumlu olduğunu söylemek mümkündür. Hem küçük ev aletleri hem de büyük ev aletleri kategorisinde yer alan tüm beyaz eşyalar için tüketicilerde yükselen bir çevre ve sürdürülebilirlik algısı oluştuğunu söylemek mümkündür.



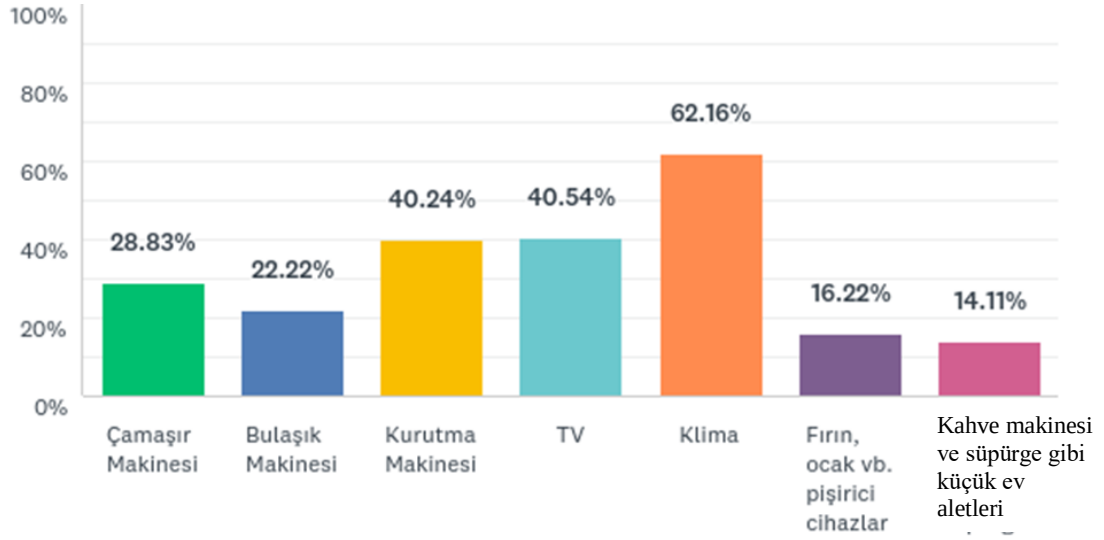
Şekil 5.8 : Katılımcıların çevreci küçük ev aletleri için fazla ödeme talebi grafiği.

**16. Hangi ürünleri satın almak yerine aylık sabit bir kira ödeyerek kiralamak istersiniz? (Birden fazla seçebilirsiniz, eğer hiçbirini kiralamak istemezseniz lütfen soruyu geçiniz.)**

- Çamaşır Makinesi
- Bulaşık Makinesi
- Buzdolabı
- Kurutma Makinesi
- TV
- Klima
- Fırın, ocak vb. gibi pişirici cihazlar
- Kahve makinesi ve süpürge gibi küçük ev aletleri
- Hepsi
- Hiçbiri

Sonuçlar: Aylık sabit bir ücret ile ürün kiralama algısını ölçmeyi hedefleyen bu soruda; katılımcılar birden fazla ürünü işaretleyebilme seçeneğini verilmiştir. Özellikle klima,

kurutma makinesi ve TV ürünlerinde tüketicilerin satın almak yerine bu 3 ürünü kiralamak istedikleri görülmektedir.

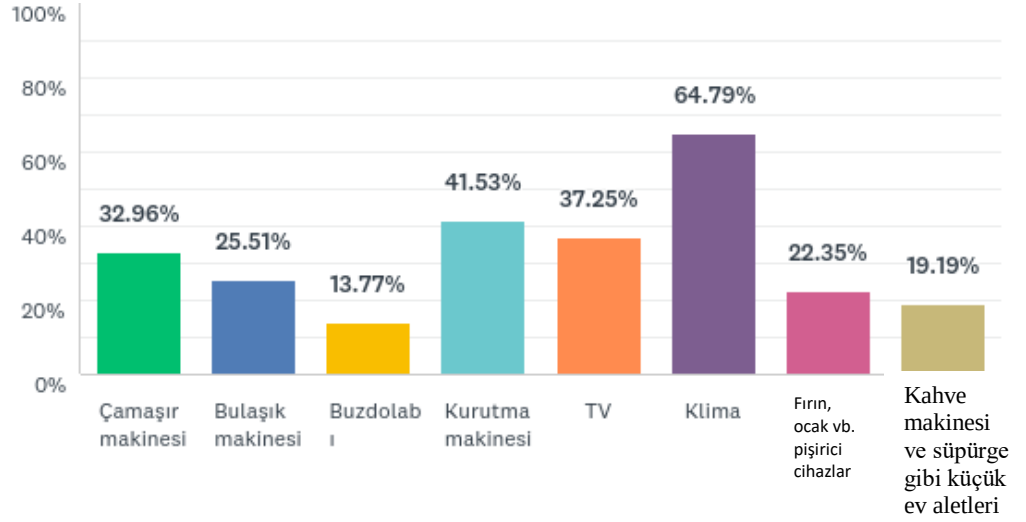


Şekil 5.9 : Katılımcıların kiralamak istedikleri ürünlerin grafiği.

**17. Hangi ürünleri satın almak yerine sadece kullandığınız kadar ödeyeceğiniz bir ürün istersiniz? (Birden fazla seçebilirsiniz)**

- Çamaşır Makinesi
- Bulaşık Makinesi
- Buzdolabı
- Kurutma Makinesi
- TV
- Klima
- Fırın, ocak vb. gibi pişirici cihazlar
- Kahve makinesi ve süpürge gibi küçük ev aletleri
- Hepsi

**Sonuçlar:** Aylık sabit bir ücret yerine, sadece kullanım ile doğru orantılı ödeme algısını ölçmeyi hedefleyen bu soruda; katılımcılar birden fazla ürünü işaretleyebilme seçeneğini verilmiştir. Bir önceki soruda olduğu gibi bu soruda da klima, kurutma makinesi ve TV ürünlerinde tüketicilerin satın almak yerine bu 3 ürünü kiralamak istedikleri görülmektedir.



**Şekil 5.10 :** Katılımcıların kullandıkları kadar ödemek istedikleri ürünlerin grafiği.

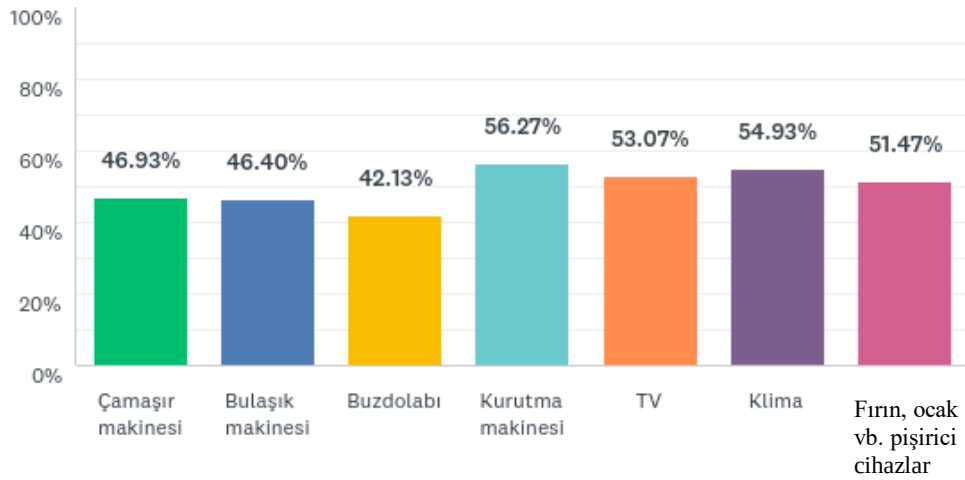
Bir önceki soru ile bu soru kıyaslandığında; tüketicilerin sabit ücret yerine kullandıkları kadar ödeme prensibini içeren kiralama metodunu tercih etmek istediklerini söylemek mümkündür. Özellikle klima için ürün satın almak ya da aylık sabit ücretle kiralamak yerine, sadece kullanım kadar ücret ödeme prensibi oldukça benimsenmiş görülmektedir.

#### **18. Hangi ürünleri sıfır ürün yerine revizyonlu ürün olarak tercih edersiniz?**

(Revizyonlu ürün: müşteriye gittikten sonra arıza sebebiyle üretim tesisine geri dönen, tamir edilen ve tüm ürün testlerinden geçtikten sonra tekrar satılan ürün. Revizyonlu ürünler fiyat olarak daha uygundur, ilgili onarım ve testlerden geçtikten sonra kullanıcıya garanti kapsamında satılır.) Eğer revizyonlu olarak tercih etmezseniz, lütfen bir sonraki soruya geçiniz.

- Çamaşır Makinesi
- Bulaşık Makinesi
- Buzdolabı
- Kurutma Makinesi
- TV
- Klima
- Fırın, ocak vb. gibi pişirici cihazlar
- Kahve makinesi ve süpürge gibi küçük ev aletleri

- Hepsi
- Hiçbiri



**Şekil 5.11 :** Katılımcıların kullandıkları kadar ödemek istedikleri ürünlerin grafiği.

**Sonuçlar:** Sıfır ürün satın almak yerine revizyonlu ürün satın alma algısını ölçmeyi hedefleyen bu soruda, tüketiciler özellikle kurutma makinesi, klima, tv ve küçük ev aletlerini revizyonlu olarak satın almak istediklerini belirtmiştir. Küçük ev aletleri haricinde diğer ürünlerin yüksek fiyatlı olduğu göz önüne alınırsa; görece olarak daha uygun fiyatlı ve aynı kaliteye sahip revizyonlu ürüne sahip olma fikri tüketicilere daha cazip gelmiştir.

**19. Evinizde kullandığınız beyaz eşyalar için tercih ettiğiniz marka kiralama seçeneği de sunsaydı, ürünü satın almak yerine yapacağınız bir sözleşme süresince kiralamayı tercih eder miydiniz?**

(Aynı kalitede ve aynı garanti süresinde olacağını, kiralama süresinde sözleşmeye göre ücretsiz bakım ve montaj hizmeti alacağınızı kabul ediniz.)(Not:Anketi telefon veya tablet üzerinden yanıtlıyorsanız tüm seçenekleri görmek için lütfen ekranı yan çeviriniz ve sola kaydırınız).

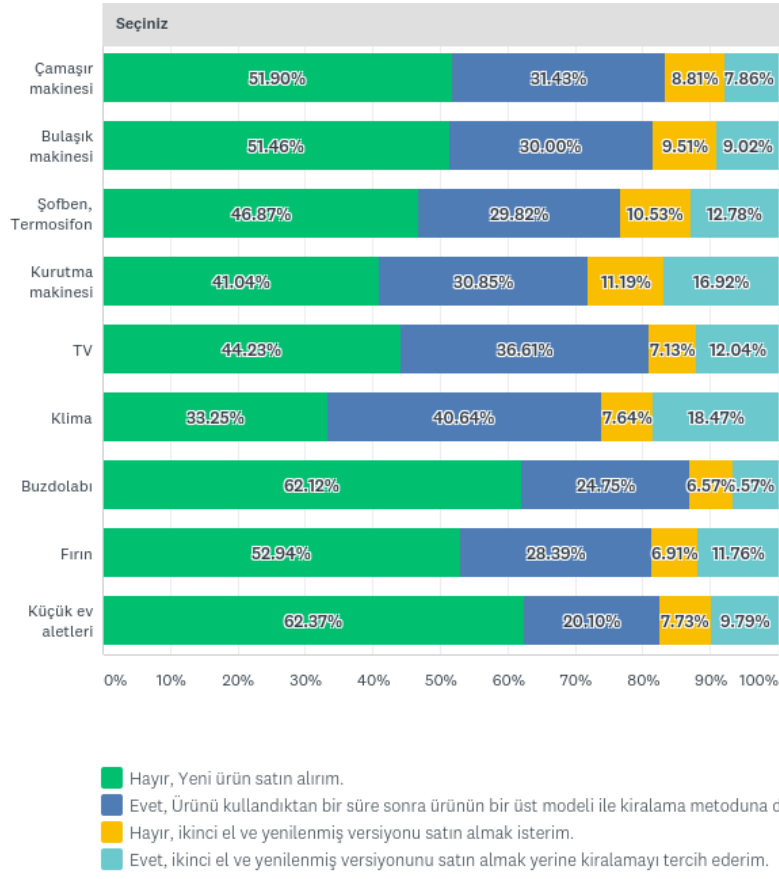


**Çizelge 5.1 : Tüketicilerin ürünlere göre kiralama / satın alma tercihleri.**

|                                                                                        | <b>Evet, kiralama<br/>metodunu<br/>denerim. Ürünü<br/>kullandıktan bir<br/>süre sonra<br/>ürünün bir üst<br/>modeli ile<br/>kiralama<br/>metoduna devam<br/>ederim.</b> | <b>Hayır,<br/>kiralamayı<br/>tercih etmem.<br/>Aynı ürünün<br/>garanti<br/>kapsamında<br/>olan, ikinci el ve<br/>yenilenmiş<br/>versiyonu satın<br/>almak isterim.</b> | <b>Evet, kiralama<br/>metodunu<br/>denerim. Eğer aynı<br/>kalitede ve garanti<br/>süresinde olacaksa,<br/>aynı ürünün<br/>garanti<br/>kapsamında olan,<br/>ikinci el ve<br/>yenilenmiş<br/>versiyonunu satın<br/>almak yerine<br/>kiralamayı tercih<br/>ederim.</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Hayır,<br/>kiralamayı<br/>tercih<br/>etmem.<br/>Yeni ürün<br/>satın<br/>alırım.</b> |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Çamaşır Makinesi</b>                                                                |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Bulaşık Makinesi</b>                                                                |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Şofben, termosifon</b>                                                              |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Kurutma Makinesi</b>                                                                |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>TV</b>                                                                              |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Klima</b>                                                                           |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Buzdolabı</b>                                                                       |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Fırın</b>                                                                           |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Küçük ev aletleri</b>                                                               |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                     |

**Sonuçlar:** Kiralama, sıfır ürün satın alma, ikinci el ürün satın alma ve revizyonlu ürün satın alma seçenekleri arasında tüketicinin seçimlerinin ölçülmesini hedefleyen bu soruda; 4 farklı seçenekte en fazla tercih edilenler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Yeni ürün satın alırım diyenler; %63 ile en fazla küçük ev aletleri
- Ürünün üst modeli ile kiralama opsiyonuna devam ederim diyenler; %40 ile klima
- İkinci el ve yenilenmiş ürün alırım diyenler; %11 ile kurutma makinesi,
- İkinci el ve yenilenmiş versiyonu satın almak yerine kiralarım diyenler; %19 ile klima.



Şekil 5.12 : Katılımcıların ürün kullanma tercihleri grafiği.

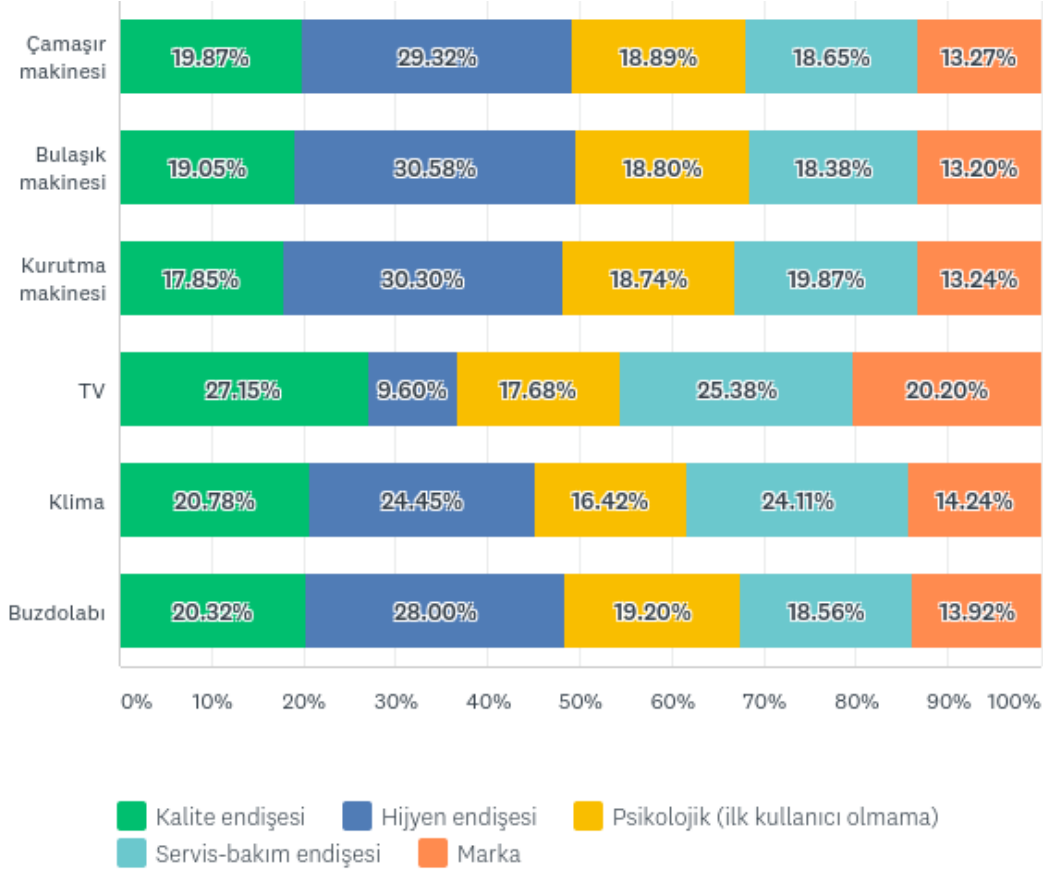
## 20. Kiralama metodunda aşağıdakilerden hangisi sizi endişelendirir?

(Not:Anketi telefon veya tablet üzerinden yanıtlıyorsanız tüm seçenekleri görmek için lütfen ekranı yan çeviriniz ve sola kaydırınız).

Çizelge 5.2 : Tüketicilerin ürünleri kiralama metodundaki endişeleri.

| Kalite endişesi  | Hijyen endişesi | İlk kullanıcı olma isteği | Servis-Bakım endişesi | Psikolojik | Çekincem yok, kiralırım |
|------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------|------------|-------------------------|
| Çamaşır Makinesi |                 |                           |                       |            |                         |
| Bulaşık Makinesi |                 |                           |                       |            |                         |
| Kurutma Makinesi |                 |                           |                       |            |                         |
| TV               |                 |                           |                       |            |                         |
| Klima            |                 |                           |                       |            |                         |
| Buzdolabı        |                 |                           |                       |            |                         |

**Sonuçlar:** Tüketicilerde kiralama metodundan uzaklaşılma sebebini ölçmeyi hedefleyen bu soruda; tüketicilerin ürün bazlı endişeleri ölçülmüştür. Buna göre endişelerin özellikle kalite ve hijyen odaklı olduğu görülmektedir.

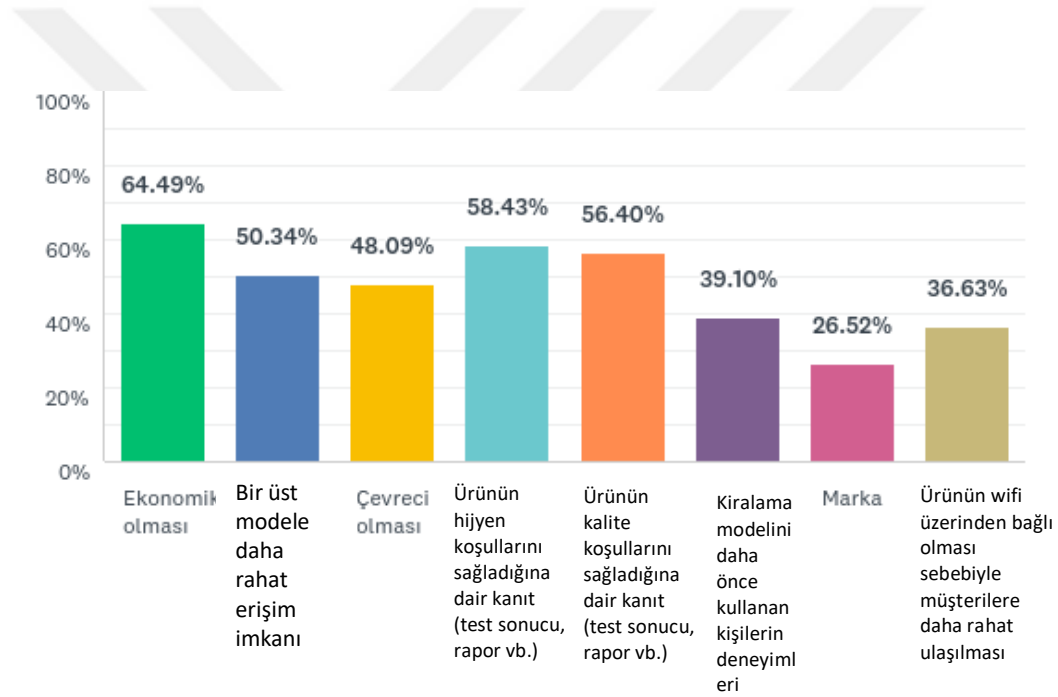


**Şekil 5.13 :** Katılımcıların kiralama metodu hakkındaki endişeleri.

**21. Aşağıdakilerden hangisi, ürünü satın almak yerine kiralamayı tercih etmenizi sağlar?**

- Ekonomik olması
- Bir üst modele daha rahat erişim imkânı
- Çevreci olması
- Ürünün hijyen koşullarını sağladığına dair kanıt (test sonucu, rapor vb.)
- Ürünün kalite koşullarını sağladığına dair kanıt (test sonucu, rapor vb.)
- Kiralama modelini daha önce kullanan kişilerin deneyimleri
- Marka

**Sonuçlar:** Bu soruda bir ürünün kiralanması için tüketiciyi teşvik eden sebep ya da sebeplerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Tüketiciler %65 oranla kiralama metodunun “ekonomik olması”nın onları teşvik edeceğini belirtmiştir. Ayrıca %58 hijyen koşullarının sağlandığına dair kanıt sunulursa ürünü kiralayabileceğini, %56’sı kalite koşullarının sağlandığına dair kanıt sunulursa ürünü kiralayabileceğini, %50’si bir üst modele rahat geçiş imkanı varsa kiralayabileceğini, %48’i ürünün çevreci olması sayesinde kiralayabileceğini belirtmiş; %36’sı ise ürünün wifi üzerinden bağlanarak sadece tüketim kadar ücretlendirme prensibi varsa kiralama modelini seçeceğini belirtmiştir. Dikkat çeken kısım ise; markanın kiralamaya teşvik için diğer seçeneklere oranla yüksek bir etki oluşturmadığı belirlenmiştir. Marka seçeneği yalnızca % 27’lik katılımcı tarafından seçilmiştir.



**Şekil 5.14 :** Katılımcıların kiralama metodunu tercih etme nedenleri.

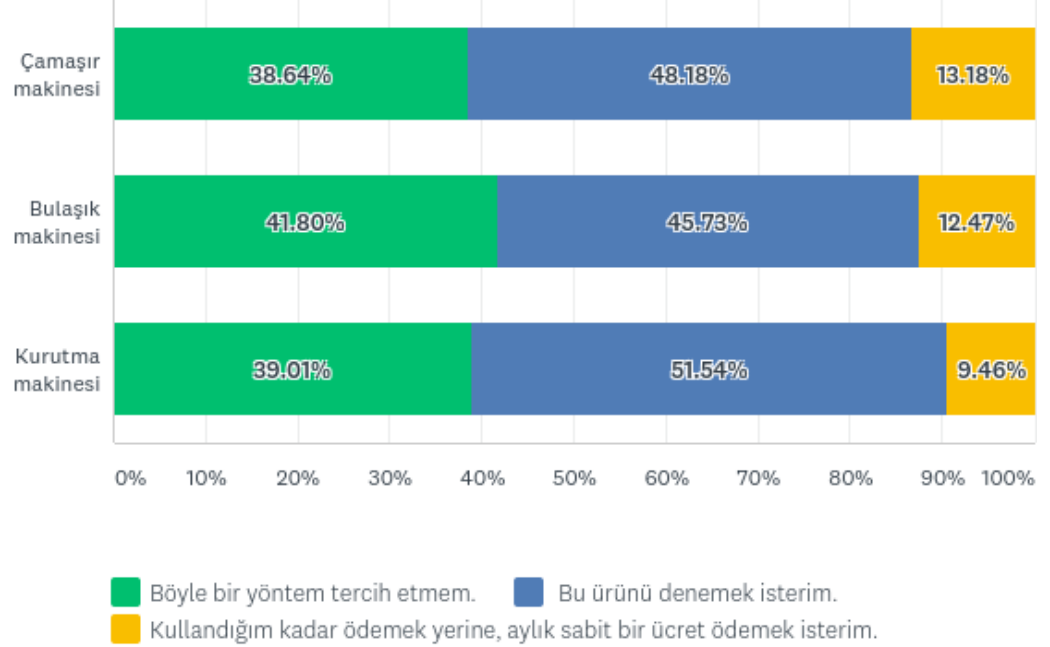
## 22. Evinizde WİFİ ile bağlantılı (internete bağlı) büyük ev eşyanızın olmasını ve kullanım başına para ödemeyi tercih eder miydiniz?

(Not:Anketi telefon veya tablet üzerinden yanıtlıyorsanız tüm seçenekleri görmek için lütfen ekranı yan çeviriniz ve sola kaydırınız).Böyle bir yöntem tercih etmem.

**Çizelge 5.3 : Tüketicilerin WİFİ bağlantılı ürün tercihleri.**

|                  | Böyle bir yöntem tercih etmem. | Bu ürünü denemek isterim. | Kullandığım kadar ödemek yerine, aylık sabit bir ücret ödemek isterim. |
|------------------|--------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Çamaşır Makinesi |                                |                           |                                                                        |
| Bulaşık Makinesi |                                |                           |                                                                        |
| Kurutma Makinesi |                                |                           |                                                                        |

**Sonuçlar:** Ürünlerin kullanım başına ücretlendirilebilmesi için, ürün üreticilerinin belirlenen ürünün ne kadar kullanıldığını uzaktan ölçümle kontrol etmesi gerekir. WİFİ ile internete bağlı ürünler, ürün kullanıldıkça üreticiyi bilgilendirir ve tüketici bu sayede sadece kullanım başına ücret öder. (Örneğin, çamaşır makinesinde ve bulaşık makinesinde yıkama başına ücretlendirme, kurutma makinesinde ise kurutma başına ücretlendirme). Anket katılımcıları, WİFİ ile internete bağlı ürünlerden en çok kurutma makinesini denemek istediklerini belirtmiştir.



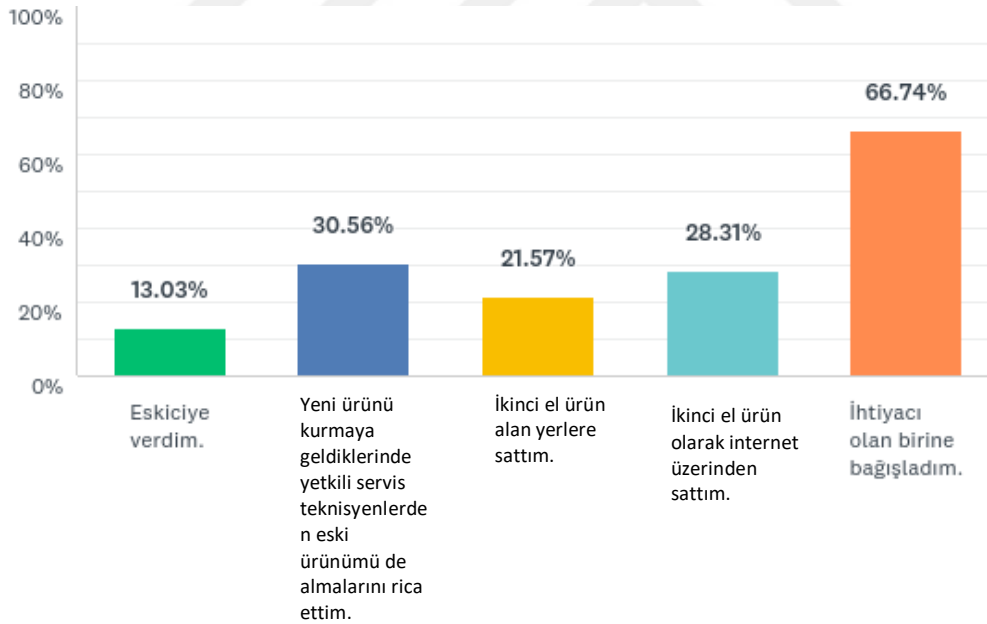
**Şekil 5.15 : Katılımcıların wifi ile bağlantılı ürün tercihleri.**

**23. Yeni bir ürün satın aldığınızda, eski ürününüze ne yapıyorsunuz?**

- Eskiye verdim.

- Yeni ürünü kurmaya geldiklerinde yetkili servis teknisyenlerden eski ürünümü de almalarını rica ettim.
- İkinci el ürün alan yerlere sattım. (spotçulara)
- İkinci el ürün olarak internet üzerinden sattım.
- İhtiyacı olan birine bağışladım.

**Sonuçlar:** Beyaz eşyalar, kullanım ömrünü tamamladığında atık olmaktadır, AEEE (atık elektrikli ve elektronik eşya) olarak isimlendirilmektedir. AEEElerin ekonomik değeri oldukça fazladır. Bu nedenle yaşam döngüsü sonuna gelmiş ürünler, AEEEler, ekonomiye geri kazandırılmalıdır. Bunun da ilk adımı, tüketicinin yaşam döngüsünü tamamlamış ürünleri nasıl değerlendirdiğini bilmektir. Kullanıcılar %67 oranla ihtiyaç sahiplerine bağışladıklarını belirtmiştir ancak ihtiyaç sahiplerinin yaşam döngüsünü tamamlamış ürünleri ne yaptığı bilinmemektedir. Yetkili servislere verdiğini belirtenlerin oranının %31 olduğu görülmektedir. Yetkili servisler, bu dönüşümün ilk ayağı olabilir.



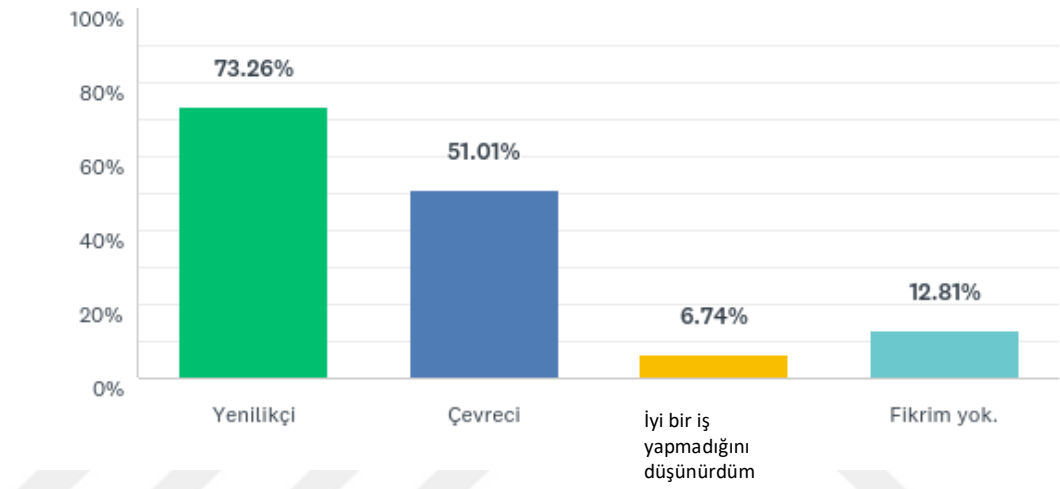
**Şekil 5.16 :** Katılımcıların eski ürünlerini değerlendirme tercihleri.

#### 24. Ürün satmaya ek olarak, kiralama modeli de geliştiren bir marka hakkındaki düşünceniz ne olurdu?

- Yenilikçi
- Çevreci

- İyi bir iş yapmadığını düşünürdüm.
- Nötr

**Sonuçlar:** Soruda birden fazla seçenek işaretleme hakkı verilmiştir. Markaların yeni bir iş modeli kurarken en büyük endişesi, tüketicinin marka hakkındaki fikrinin değişip değişmeyeceği ve dolayısıyla satışlara olan etkisidir. Anket katılımcıları, %73 oran ile kiralama iş modeli kuran bir markanın “yenilikçi” olduğunu düşünmektedir. Markanın çevreci olduğunu düşünenlerin oranı da %51 olarak belirlenmiştir. İyi bir iş yapmadığını düşünenler ise sadece %7’de kalmıştır.



**Şekil 5.17 :** Katılımcıların kiralama metodu uygulayan firmalar hakkındaki düşünceleri.

## 25. Anket sonucunda döngüsel ekonomi hakkında ne kadar bilgi sahibi oldunuz? (0 ila 100 arası puanlayınız).

**Sonuçlar:** Katılımcıların, anket sonrası döngüsel ekonomi ve prensiplerini kavradıklarını söylemek mümkündür. Çünkü ortalama olarak 445 katılımcıdan 78/100 puan verilmiştir.

## 5.1 DEA Kişisel Verilerin İşlenmesine İlişkin Aydınlatma Metni

### a) Veri Sorumlusu ve Temsilcisi

6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu (“Kanun”) uyarınca, kişisel verileriniz; veri sorumlusu olarak Muratcan Başkurt tarafından aşağıda açıklanan kapsamda işlenebilecektir.

## **b) Kişisel Verilerin Hangi Amaçla İşleneceği**

Veri Sorumlusu olarak Muratcan Başkurt Döngüsel Ekonomi anketini doldurmanız sebebiyle elde edilen sonuçları, Türkiye’de döngüsel ekonomiye yaklaşımın anlaşılması için yapılacak çalışmalarda ve yazılacak makalelerde kullanılması amacıyla Kanun’un 5. Ve 6. Maddelerinde belirtilen kişisel veri işleme şartları dahilinde, yeni önerilerin geliştirilmesi ve yeni çalışmaların yapılması amaçlarıyla işleyebilecektir.

## **c) İşlenen Kişisel Verilerin Kimlere ve Hangi Amaçla Aktarılabileceği**

Toplanan kişisel verileriniz; herhangi bir üçüncü kişiye aktarılmamaktadır.

## **ç) Kişisel Veri Toplamanın Yöntemi ve Hukuki Sebebi**

Kişisel verileriniz **Muratcan Başkurt** tarafından yukarıda sıralanan amaçlar kapsamında ve fiziki ortamda toplanacaktır. Toplanan kişisel verileriniz açık rıza hukuki sebebe dayalı olarak; Kanun’un 5. ve 6. maddelerinde belirtilen kişisel veri işleme şartlarına uygun bir biçimde toplanmaktadır.

## **d) İlgili Kişi’nin Kanun’un 11. Maddesinde Sayılan Hakları**

**İlgili Kişi olarak Kanun’un 11. maddesi uyarınca aşağıdaki haklara sahip olduğunuzu bildiririz:**

- Kişisel veri işlenip işlenmediğini öğrenme,
- Kişisel verileri işlenmişse buna ilişkin bilgi talep etme,
- Kişisel verilerin işlenme amacını ve bunların amacına uygun kullanılıp kullanılmadığını öğrenme,
- Yurt içinde veya yurt dışında kişisel verilerin aktarıldığı üçüncü kişileri bilme,
- Kişisel verilerin eksik veya yanlış işlenmiş olması hâlinde bunların düzeltilmesini isteme ve bu kapsamda yapılan işlemin kişisel verilerin aktarıldığı üçüncü kişilere bildirilmesini isteme,
- Kanun ve ilgili diğer kanun hükümlerine uygun olarak işlenmiş olmasına rağmen, işlenmesini gerektiren sebeplerin ortadan kalkması hâlinde kişisel verilerin silinmesini veya yok edilmesini isteme ve bu kapsamda yapılan işlemin kişisel verilerin aktarıldığı üçüncü kişilere bildirilmesini isteme.



## 6. SONUÇLAR - ÖNERİLER

Beyaz Eşya Sektöründe Büyüme Öngörüsü: Beyaz eşya sektörüne 2030 yılına kadar 3 milyar yeni kullanıcının daha eklenmesi beklenmektedir. Bu nedenle de özellikle tasarım aşamasında doğru stratejiyi (yeniden kullanım, geri dönüşüm, yeniden üretim gibi) seçmek hala son derece zorlu bir süreçtir.

Türkiye için döngüsel ekonomi iş modellerinden özellikle “Ürün olarak Hizmet” modelinin yaygınlaştırılması gerekmektedir. Bu model ile ürün yaşam döngülerinin uzatılması ve böylelikle atık elektrikli elektronik eşya miktarının azaltılması, ürünün maksimum süreyle kullanımda tutulması ve şirketlerin de ürün başına elde ettiği gelirlerin artması sağlanacaktır.

Tez kapsamında döngüsel ekonomi beyaz eşya sektörü özelinde değerlendirilse de, diğer endüstriler için de detaylı analizler yapılması ve yeni iş modellerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Türkiye için döngüsel ekonomi iş modellerinden özellikle “Ürün olarak Hizmet” modelinin yaygınlaştırılması önerilmektedir. Bu model ile ürün yaşam döngülerinin uzatılması ve böylelikle atık elektrikli elektronik eşya miktarının azaltılması, ürünün maksimum süreyle kullanımda tutulması ve şirketlerin de ürün başına elde ettiği gelirlerin artması sağlanacaktır. Yapılan anket çalışması, Türkiye genelinde döngüsel ekonomi bilinirliği, döngüsel ekonomi yaklaşımları ve özellikle “kiralama” gibi yeni metodlara yaklaşımın daha iyi irdelenmesini sağlayacaktır.

Döngüsel ekonomi iş modelinin kurulması, şirketlere entegre edilmesi tek başına yeterli olmayacaktır. Yaşadığımız dijital çağda, ürünlerin dijital ikizlerinin yaratılarak ürünün izlenirliğinin sağlanması, ürünün ilgili tasarım ve modellemelerinin dijital ikizler üzerinden yapılması önem kazanacağından, her ürün özelinde gerekli altyapı kurulmalıdır. Bu çalışmalar yapılırken, ulusal ve uluslararası mevzuatların da çok iyi takip edilmesi gerekmektedir. Bir ürün geniş kitleler tarafından ulaşılabilir olmalı, isteyen herkes tamir, servis gibi hizmetleri uygun maliyetlerle alabilmelidir. Ürünlerin kompleks yapıda olması yerine daha modüler olması ile istendiğinde ürün değişimi

yerine sadece ilgili parça/parçaların değişimi ve /veya yükseltilmesi sağlanabilir. Tüm bu çalışmaların yapılabilmesi için sürdürülebilirlik bakış açısına ihtiyaç vardır. İş modelleri kurulup hizmet verilmeye başlamadan önce oluşabilecek risklerin analizi yapılmalı, riskler fırsata çevrilmeli ve iş kesintisi riskleri detaylıca ele alınmalıdır. Döngüsel ekonomiye geçiş ile, büyümeden bağımsız olarak hammaddeye duyulan talep de azaltılmalıdır. Üretim için gerekli olan girdiler, ürünlerin veya atıkların geri dönüşümü, geri kazanımı, yeniden kullanımı, ara ürün kullanımı, başka bir endüstrinin atığının kullanımı (endüstriyel simbiyoz uygulamaları) veya geri dönüştürülmesi ilgili mevzuatlara uygun şekilde yapılmalıdır. Bunun için, tüm üreticilerin “kapalı döngü üretim” hedefi koymaları ve proseslerini bu şekilde uygulamaları önerilmektedir.

Tez kapsamında, endüstriyel simbiyoz örneği olarak buzdolabı işletmesinden çıkan poliüretan atıklarının inşaat sektöründe değerlendirilebilirliği araştırılmıştır. Yapılan ön çalışmada, poliüretan atıkları hafif beton üretiminde kullanılmıştır ve ön çalışmaların taşıyıcı olmayan hafif beton üretiminde inşaat sektöründe kullanılma potansiyeli olduğu görülmüştür. Ancak çalışmanın detaylandırılması gerekmektedir. İleriki çalışmalarda PU atık ilave edilen betonların ısı iletkenliklerinin ölçülmesi planlanmaktadır. Otomotiv ve ayakkabı sektöründen de PU atıklar ile ilave çalışmalar yapılması planlanmaktadır. Böylece hem ısı yalıtımı hem ses yalıtımı özelliği geliştirilmiş beton üretilmesi planlanmaktadır.

Döngüsel ekonomi yalnızca ürün odaklı değildir; aynı zamanda ürünün dağıtım, kullanım, yaşam döngüsü tamamlaması sonrası tersine lojistik yaklaşımıyla toplanıp yeniden kullanılabilir ürün haline getirilmesi adımlarını da içerir. Özellikle ürünler üretildikten sonra dağıtım için ambalajlama aşamasında ayak izi düşük, çevreci ambalajlar kullanılmalıdır. Geri dönüştürülmüş malzeme içeren ambalajlar, biyo-malzeme içeren ambalajlar, daha az plastik içeren (hatta hiç içermeyen) ambalajlar kullanılmalıdır.

İklim değişikliği etkilerini azaltmak için döngüsel ekonominin bir fırsat olduğu bilinmektedir. Tezde çalışılan “beyaz eşya sektörü için suyun gerçek bedelinin belirlenmesi” çalışmasının tüm sektörlerle yaygınlaştırılması, bu sayede şirketlerin su risklerini minimize etmelerine katkıda bulunacak, havzalardaki su stresini azaltacak, gelecek nesillere doğal kaynakların aktarılmasını sağlayacaktır. Beyaz eşya sektörü dahil olmak üzere, her fabrika bulunduğu havzada su stresi yaratır. İklim değişikliğinin su kaynaklarına olan etkisi incelendiğinde, mevcut su tüketim alışkanlıkları

sürdürülemez. Su riskleri yönetilmelidir. Tez kapsamında geliştirilen metodolojiyle suya ödenmesi gereken gerçek su fiyatının endüstrilerin ödediği fiyattan çok daha fazla olduğu kanıtlanmıştır. “Gerçek Su Fiyatının Belirlenmesi” çalışmasında seçilen 2 havzada (Sakarya ve Ergene) 4 farklı vaka analizi ele alınmıştır. Sakarya Havzası Tesis 1 Şebeke ve Kuyu Suyu kullanmakta, Sakarya Havzası Tesis 2 sadece kuyu suyu kullanmakta, Ergene Havzası Tesis 3 şebeke ve kuyu suyu kullanmakta, Ergene Havzası Tesis 4 sadece şebeke suyu kullanmaktadır. Bu 4 tesis arasında hesaplanan gerçek su bedeli ile tesislerin ödedikleri fatura bedelleri özet halinde Çizelge 6.1 ile verildiği gibidir:

**Çizelge 6.1 : 4 tesis için hesaplanan gerçek su bedeli ile tesislerin ödedikleri fatura bedelleri özeti.**

| <b>Tesis</b>              | <b>Fatura Bedeli</b> | <b>Hesaplanan, olması gereken gerçek su fiyatı</b> |
|---------------------------|----------------------|----------------------------------------------------|
| <b>Sakarya Havzası T1</b> | 33.000               | 73.500                                             |
| <b>Sakarya Havzası T2</b> | 30.650               | 133.705                                            |
| <b>Ergene Havzası T3</b>  | 32.300               | 200.700                                            |
| <b>Ergene Havzası T4</b>  | 278.900              | 355.000                                            |

Bu 4 tesis arasında mevcutta ödenen su bedeli (fatura bedeli) ile hesaplanan (olması gereken) su bedelinin bu kadar farklı olmasının en büyük nedeni; tesislerin ürettiği beyaz eşya çeşidinin farklı olmasıdır. Örneğin; bir tesis buzdolabı üretirken diğer tesis fırın üretiyor olabilir. Bu nedenle prosesler farklıdır. Ortaya çıkan bedeller de farklıdır.

Bu çalışma ile şirketlerin su yatırımlarında geri dönüş sürelerinin gerçek ve doğru şekilde hesaplanması, oluşturulabilecek bir “su fonuna” belirli bir bütçe aktarılması ve sonrasında bu bütçenin sadece su projeleri için harcanmasında kullanılması önerilmektedir. Gölge fiyat çalışmasının tüm endüstrilerce kullanılması önerilmektedir. Endüstriler Risk & fırsat analizi yapmalı ve endüstriyel simbiyoz olanaklarını geliştirmelidir. Gerçek su fiyatının belirlenmesi çalışması ile önerilen metodoloji, gönüllülük esasına dayanmaktadır. Ancak, uluslararası sürdürülebilirlik endeksleri, şirketlerin çevresel- sosyal ve ekonomik alanlarda performanslarını ölçerken su risklerini nasıl yönettiklerini de sormakta ve şirketleri bu alanlarda

değerlendirmektedir. Daha sonra bu değerlendirmeler de yatırımcılara sunulmaktadır. Yani bir şirket, su risklerini yönetmek için gerekli aksiyonları almazsa yatırımcı o şirketi su risklerini yönetemediği için gerekli yatırımı yapmayacaktır. Dolayısıyla bu çalışma zorunlu olmamakla birlikte, şirketlerin performanslarını arttırmak için tüm endüstrilerce kullanımı önerilmektedir.

Anket sonuçlarına göre, katılımcıların büyük çoğunluğu çevreci ve enerji verimli ürünlere daha fazla ücret ödemeye gönüllüdür. Özellikle anket sonuçlarından da anlaşılacağı üzere, Türkiye’de sıfır ürün satışına ek olarak, için döngüsel ekonomi iş modellerinden özellikle “Ürün olarak Hizmet” modelinin yaygınlaştırılması gerekmektedir. Bu sayede AEEE azaltımı, ürünün kullanım ömrünü uzatma, bir üründen elde edilen gelirin arttırılması sağlanacaktır. Anketten elde edilen diğer sonuçlara göre;

- Sabit Ücret ile Kiralama metodu en çok Klima, Kurutma Makinesi, TV ürünleri için tercih edilmiştir. Kiralama metodu bu 3 ürün özelinde denenmeye başlanabilir.
- Kullandığın kadar öde prensibi ile Kiralama metodu en çok Klima, Kurutma Makinesi, TV, Çamaşır Makinesi için tercih edilmiştir.
- WIFI üzerinden bağlı ürünlerde kullanım kadar ödeme prensibinde tüketiciler en çok Kurutma Makinesinde bu modeli denemek istedikleri belirtilmiştir.
- Revizyonlu ürün satın alımında, Kurutma Makinesi, TV, Klima, Pişirici Cihazlar öne çıkmaktadır.
- Bir ürünü kiralarken oluşabilecek endişelerin en çok kalite, hijyen ve servis-bakım olduğunu söylemek mümkündür. Kiralama metodu geliştirilirken özellikle bu endişeleri giderecek çalışmalar yapılmalıdır. Kalite- Servis ve Bakım- Marka endişeleri en çok TV kategorisinde, Hijyen endişesi en çok Bulaşık Makinesinde, ilk kullanıcı olma isteği ise en çok Buzdolabı kategorisinde ortaya çıkmıştır.

Kurutma Makinesi ve klima, en çok kiralanmak ya da revizyonlu olarak alınmak istenen ürünlerdir. Satın alım yerine kiralama metodu ancak bu metod ekonomikse & ürün hijyen ve kalite koşullarını sağladığına dair kanıt sunabiliyorsa tercih edilmektedir. Ürün kiralama için belirli bir bölge ya da il seçilerek deneme yapılabilir. Ancak şehir ve kırsal arasında hiçbir ayrım gözetilmemelidir. Bu nedenle, bu iş

modelini kuracak herhangi bir şirketin bu iş modelini kuracağı yerde herkese erişebilir olması gerekmektedir.





## KAYNAKLAR

- [1] **Url-1** < <https://www.electroluxgroup.com/sustainabilityreports/2019/>>, Erişim tarihi 13.07.2020.
- [2] **Lacy, P., Long, J., & Spindler, W.** (2020). The Circular Business Models BT - The Circular Economy Handbook: Realizing the Circular Advantage. In P. Lacy, J. Long, & W. Spindler (Eds.), (pp. 17–42). London: Palgrave Macmillan UK.
- [3] **Bressanelli, G., Perona, M., & Saccani, N.** (2017). Reshaping the Washing Machine Industry through Circular Economy and Product-Service System Business Models. *Procedia CIRP*, 64, 43–48.
- [4] **Rosa, P., Sassanelli, C., Urbinati, A., Chiaroni, D., & Terzi, S.** (2020). Assessing relations between Circular Economy and Industry 4.0: a systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 58(6), 1662–1687.
- [5] **Zinck, S., Ayed, A., Niero, M., Head, M., Wellmer, F., & Scholz, R. W.** (2018). Designing Sustainable Technologies, Products and Policies. *Designing Sustainable Technologies, Products and Policies*, 3–9.
- [6] **The Ellen MacArthur Foundation.** (2013). Towards The Circular Economy.
- [7] **Antikainen, R., Lazarevic, D., & Seppälä, J.** (2018). Circular Economy: Origins and Future Orientations, 115–129.
- [8] **European Commission.** (2020). Rules and requirements for energy labelling and ecodesign.
- [9] **European Commission.** (2015). Circular Economy Action Plan.
- [10] **European Commission.** (2019). The European Green Deal.
- [11] **Url-2** < <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150402-2.htm>>, Erişim tarihi 13.07.2020.
- [12] **Url-3** <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R1369&from=EN>>, Erişim tarihi 09.08.2019 .
- [13] **Url-4** <<https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-efficient-products/list-regulations-product-groups-energy-efficient-products>>, Erişim tarihi 13.07.2020.
- [14] **De Jesus, A., Antunes, P., Santos, R., & Mendonça, S.** (2018). Eco-innovation in the transition to a circular economy: An analytical literature review. *Journal of Cleaner Production*, 172, 2999–3018.
- [15] **Url-4** <<https://www.science.org.au/curious/earth-environment/population-environment>>, Erişim tarihi 09.08.2019.
- [16] **Url-5** < [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Global\\_Risks\\_Report\\_2019.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2019.pdf)>, Erişim tarihi 30.08.2019.
- [17] **Url-6** <<http://www.overshootday.org/newsroom/past-earth-overshoot-days/>>, Erişim tarihi 09.08.2019.
- [18] **Url-7** < [https://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15\\_chapter3.pdf](https://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_chapter3.pdf)>, Erişim tarihi 09.08.2019.

- [19] **Url-8** < <http://www.homeappliancesworld.com/2018/01/26/>>, Erişim tarihi 30.08.2019.
- [20] **Url-9** < <https://www.manchester.ac.uk/discover/news/microwaves-could-be-as-bad-for-theenvironment->>, Erişim tarihi 12.08.2019.
- [21] **Somarathna, H. M. C. C., Raman, S. N., Mohotti, D., Mutalib, A. A., & Badri, K. H.** (2018). The use of polyurethane for structural and infrastructural engineering applications: A state-of-the-art review. *Construction and Building Materials*, 190, 995–1014.
- [22] **Yang, W., Dong, Q., Liu, S., Xie, H., Liu, L., & Li, J.** (2012). Recycling and Disposal Methods for Polyurethane Foam Wastes. *Procedia Environmental Sciences*, 16, 167–175.
- [23] **Simón, D., Borreguero, A. M., de Lucas, A., & Rodríguez, J. F.** (2018). Recycling of polyurethanes from laboratory to industry, a journey towards the sustainability. *Waste Management*, 76, 147–171.
- [24] **Cregut, M., Bedas, M., Durand, M.-J., & Thouand, G.** (2013). New insights into polyurethane biodegradation and realistic prospects for the development of a sustainable waste recycling process. *Biotechnology Advances*, 31(8), 1634–1647.
- [25] **Gómez-Rojo, R., Alameda, L., Rodríguez, Á., Calderón, V., & Gutiérrez-González, S.** (2019). Characterization of Polyurethane Foam Waste for Reuse in Eco-Efficient Building Materials. *Polymers*.
- [26] **Calderón, V., Gutiérrez-González, S., Gadea, J., Rodríguez, Á., & Junco, C.** (2018). 10 - Construction Applications of Polyurethane Foam Wastes. In S. Thomas, A. V. Rane, K. Kanny, A. V.K., & M. G. B. T.-R. of P. F. Thomas (Eds.), *Plastics Design Library* (pp. 115–125). William Andrew Publishing.
- [27] **Zia, K. M., Bhatti, H. N., & Ahmad Bhatti, I.** (2007). Methods for polyurethane and polyurethane composites, recycling and recovery: A review. *Reactive and Functional Polymers*, 67(8), 675–692.
- [28] **Url-9** < <https://www.cdp.net/en/info/about-us/what-we-do>>, Erişim tarihi 12.08.2019.
- [29] **Url-10** <<https://6fefcbb86e61af1b2fc4-c70d8ead6ced550b4d987d7c03fcdd1d.ssl.cf3.rackcdn.com/cms/reports/documents/000/002/824/original/CDP-Global-Water-Report-2017.pdf?1512469118>>, Erişim tarihi 12.08.2019.
- [30] **Url-11** < <http://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/beyaz-esya-sektorel-gorunum-subat-2018.pdf>>, Erişim tarihi 09.08.2019.
- [31] **Url-12** < [https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/documents/112727-gics-mapbook\\_2018\\_v3\\_letter\\_digitalspreads.pdf](https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/documents/112727-gics-mapbook_2018_v3_letter_digitalspreads.pdf)>, Erişim tarihi 09.08.2019.
- [32] **Url-13** < <http://www.turkbesd.org/bilgiler.php?P=3>>, Erişim tarihi 12.08.2019.
- [33] **Url-14** < <https://rec.org.tr/wp-content/uploads/2020/06/AtiginOtesinde2020.pdf> >, Erişim tarihi 13.07.2020.
- [34] **Url-15** < <https://www.circularity-gap.world/2020>>, Erişim tarihi 09.08.2019.
- [35] **Url-16** <[https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Documents/Toolbox/GEM\\_2020\\_def.pdf](https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Documents/Toolbox/GEM_2020_def.pdf)>, Erişim tarihi 13.07.2020.
- [36] **Url-17** <<https://globalewaste.org/statistics/country/turkey/2019/>>, Erişim tarihi 13.07.2020.
- [37] **Kumar, A., Holuszko, M., & Espinosa, D. C. R.** (2017). E-waste: An overview on generation, collection, legislation and recycling practices.



*Resources, Conservation and Recycling*, 122, 32–42.

- [38] **Url-18** <  
[http://pdf.wri.org/aqueduct\\_metadata\\_global.pdf](http://pdf.wri.org/aqueduct_metadata_global.pdf)&5Cn[http://www.thecityfix.com/sites/default/files/resources/aqueduct\\_metadata\\_global.pdf](http://www.thecityfix.com/www.thecityfix.com/sites/default/files/resources/aqueduct_metadata_global.pdf)>, Erişim tarihi 08.09.2019.
- [39] **Url-19** <[https://wri.org/applications/aqueduct/water-risk-atlas/#/?advanced=false&basemap=hydro&indicator=w\\_awr\\_def\\_tot\\_cat&lat=30&lng=-80&mapMode=view&month=1&opacity=0.5&ponderation=DEF&predefined=false&projection=absolute&scenario=optimistic&scope=baseline&timeScale=annual&year=baseline&zoom=3](https://wri.org/applications/aqueduct/water-risk-atlas/#/?advanced=false&basemap=hydro&indicator=w_awr_def_tot_cat&lat=30&lng=-80&mapMode=view&month=1&opacity=0.5&ponderation=DEF&predefined=false&projection=absolute&scenario=optimistic&scope=baseline&timeScale=annual&year=baseline&zoom=3)>, Erişim tarihi 12.08.2019.





## ÖZGEÇMİŞ



**Ad-Soyad** : Muratcan BAŞKURT

**Doğum Tarihi ve Yeri** : 22.02.1993/ İstanbul

**E-posta** : baskurtm@itu.edu.tr

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2016, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği