T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANA BİLİM DALI
İŞLETME YÖNETİMİ PROGRAMI

DOKTORA TEZİ

E-ATIKLARIN ELDEN ÇIKARILMASI VE GERİ KAZANILMASI ÜZERİNE SÜRDÜRÜLEBİLİR BİR MODEL ÖNERİSİ

ECE ÖZER ÇİZER
19713056

TEZ DANIŞMANI
PROF.DR. İBRAHİM KIRÇOVA

2026

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANA BİLİM DALI
İŞLETME YÖNETİMİ PROGRAMI

DOKTORA TEZİ

E-ATIKLARIN ELDEN ÇIKARILMASI VE GERİ KAZANILMASI ÜZERİNE SÜRDÜRÜLEBİLİR BİR MODEL ÖNERİSİ

ECE ÖZER ÇİZER
19713056
ORCID NO: 0000-0002-8597-2073

TEZ DANIŞMANI
PROF.DR. İBRAHİM KIRÇOVA

OCAK 2026

Ece ÖZER ÇİZER tarafından hazırlanan "E-ATIKLARIN ELDEN ÇIKARILMASI VE GERİ KAZANILMASI ÜZERİNE SÜRDÜRÜLEBİLİR BİR MODEL ÖNERİSİ" başlıklı çalışma, **23/01/2026** tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oybirliği ile başarılı bulunmuş ve jürimiz tarafından İşletme Ana Bilim Dalı İşletme Yönetimi Doktora Programında **DOKTORA** tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman	**İmza**
Prof. Dr. İbrahim KIRÇOVA	……

Jüri Üyeleri	**İmza**
Prof. Dr. Ayça Can KIRGIZ ÖZER	……
Doç. Dr. Ebru ENGİNKAYA	……
Doç. Dr. Tuğçe OZANSOY ÇADIRCI	……
Doç. Dr. Ayşegül SAĞKAYA GÜNGÖR	……

ÖZET

E-ATIKLARIN ELDEN ÇIKARILMASI VE GERİ KAZANILMASI ÜZERİNE SÜRDÜRÜLEBİLİR BİR MODEL ÖNERİSİ

Bu tez, elektronik atıkların (e-atık) sürdürülebilir yönetimini tüketici davranışları odağında ve mikro–makro entegrasyonunu sağlayan bütüncül bir yöntemsel çerçeveyle ele alan disiplinlerarası bir çalışmadır. Beş tamamlayıcı alt çalışma – (i) bibliyometrik analiz, (ii) dijital duygu ve konu analizi, (iii) nitel görüşmeler ve görsel altyapı incelemesi, (iv) yapısal eşitlik modellemesi (TPB/NAM/VBN entegrasyonu) ve (v) panel veri temelli ekonometrik simülasyon – aracılığıyla hem bireysel davranışsal belirleyiciler hem de politika ve ekonomik değişkenlerin 2030 perspektifindeki etkileri ampirik olarak test edilmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda geliştirilen ESEGEM (Entegre Sürdürülebilir E-Atık Geri Dönüşüm Modeli), politika-teşvik mekanizmaları (PT), yasal uyumluluk ve denetim sistemi (YUDES), maliyet azaltıcı lojistik teknolojiler (MALT), teknolojik geri kazanım altyapısı (TEGRA) ve tüketici farkındalık–katılım mekanizması (TUKAM) olmak üzere beş bileşenli bir dönüşüm çerçevesi sunmaktadır. Model, geri dönüşüm performansını artırmanın ötesinde, veri temelli ve davranışsal bir politika mimarisi önermektedir. Kuramsal olarak çalışma, Planlı Davranış Teorisi, Norm Aktivasyon Modeli ve Değer–İnanç–Norm yaklaşımını bütünleştirerek e-atık davranışının bilişsel, ahlaki ve değer temelli katmanlarını aynı modelde test etmektedir. Böylece çevresel davranış araştırmaları ile politika tasarımı arasındaki mikro–makro boşluk analitik düzeyde kapatılmaktadır. Yöntemsel açıdan tez, karma yöntem yaklaşımının ileri bir uygulamasını temsil etmektedir. Dijital platform verileri doğal dil işleme teknikleriyle analiz edilmiş; nitel bulgular PLS-SEM modeliyle test edilmiş; çok katmanlı veri yapısı Python tabanlı simülasyon ve Çok Kriterli Karar Analizi ile makro politika senaryolarına dönüştürülmüştür. Dijital veriden türetilen "Tüketici Duyarlılık Endeksi"nin ekonometrik modele entegre edilmesi çalışmanın özgün katkılarındandır. Sonuçlar, önerilen politika kombinasyonlarının sistem performansını artırırken maliyetleri azaltma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. ESEGEM, davranışsal süreçlerle teşvik, denetim ve lojistik politikalarını bütünleştiren, senaryo temelli ve uygulanabilir bir ulusal e-atık yönetim modeli sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: E-Atık Yönetimi, Döngüsel Ekonomi, Sürdürülebilir Davranış, Tüketici Davranışı, Çok Kriterli Analiz

ABSTRACT

A SUSTAINABLE MODEL PROPOSAL FOR E-WASTE DISPOSAL AND RECOVERY

This doctoral dissertation examines the sustainable management of electronic waste (e-waste) through a consumer behavior–centered perspective and a holistic methodological framework that integrates micro–macro dynamics. Five complementary sub-studies—(i) bibliometric analysis, (ii) digital sentiment and topic analysis, (iii) qualitative interviews and visual infrastructure assessment, (iv) structural equation modeling integrating TPB/NAM/VBN, and (v) panel data–based econometric simulation—empirically test both individual behavioral determinants and the effects of policy and economic variables within a 2030 perspective. Based on the findings, the Integrated Sustainable E-Waste Recycling Model (ESEGEM) is developed, comprising five components: policy–incentive mechanisms (PT), legal compliance and auditing system (YUDES), cost-reducing logistics technologies (MALT), technological recovery infrastructure (TEGRA), and consumer awareness–participation mechanisms (TUKAM). The model goes beyond improving recycling performance by proposing a data-driven and behaviorally informed policy architecture. Theoretically, the study integrates the Theory of Planned Behavior, the Norm Activation Model, and the Value–Belief–Norm framework to test cognitive, moral, and value-based layers of e-waste behavior within a single analytical structure. In doing so, it addresses the micro–macro gap between environmental behavior research and policy design. Methodologically, the dissertation represents an advanced mixed-method application. Digital platform data are analyzed using natural language processing techniques; qualitative findings are tested via PLS-SEM; and the multilayered data structure is transformed into macro-level policy scenarios through Python-based simulations and Multi-Criteria Decision Analysis. The integration of a digitally derived "Consumer Sensitivity Index" into the econometric model constitutes a key methodological contribution. The results indicate that the proposed policy combinations have the potential to enhance system performance while reducing costs. ESEGEM offers a scenario-based, implementable national e-waste management model that integrates behavioral processes with incentive, auditing, and logistics policies in a coherent framework.

Keywords: E-Waste Management, Circular Economy, Sustainable Behavior, Consumer Behavior, Multi-Criteria Analysis

ÖN SÖZ

Küresel ölçekte artan elektronik atık miktarı, çevresel sürdürülebilirliğin yanı sıra ekonomik ve toplumsal boyutlarıyla da çağımızın öncelikli sorunlarından biri haline gelmiştir. Bu doktora tezi, e-atık yönetimini yalnızca teknik bir süreç olarak değil, bireysel davranışlardan kamu politikalarına kadar uzanan çok boyutlu bir sistem olarak ele alarak, sürdürülebilir bir model geliştirmeyi amaçlamaktadır.

Araştırma, mikro düzeyde bireysel tutum ve davranışları, makro düzeyde kurumsal ve politik faktörlerle bütünleştiren bir yaklaşım benimsemiştir. Çalışmanın kuramsal çerçevesi, pazarlama disiplininin mikro–makro, pozitif–normatif, teori–uygulama ve kar amacı güden–kar amacı gütmeyen eksenleri arasında konumlanmaktadır. Bu bağlamda geliştirilen Entegre Sürdürülebilir E-Atık Geri Dönüşüm Modeli (ESEGEM), piyasa aktörleri, kamu kurumları ve sivil toplumun ortak sorumluluğuna dayanan bütüncül bir sistem yaklaşımı sunmaktadır.

Tez süreci boyunca bilimsel rehberliği, sabırlı yönlendirmeleri ve değerli katkılarıyla çalışmanın gelişimine büyük destek veren tez danışmanım Prof. Dr. İbrahim KIRÇOVA'ya en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, yapıcı değerlendirmeleriyle çalışmayı zenginleştiren jüri üyeleri Doç. Dr. Ebru ENGİNKAYA ve Prof. Dr. Ayça Can KIRGIZ'a teşekkür ederim. Bunun yanı sıra, araştırma süresince her zaman yanımda olan, sabır, anlayış ve sevgileriyle bana moral ve motivasyon sağlayan aileme özel teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından desteklenen 124K224 numaralı "E-Atıkların Elden Çıkarılması ve Geri Kazanılması Üzerine Sürdürülebilir Bir Model Önerisi" başlıklı proje kapsamında yürütülmüştür (Program Kodu ve Adı: 1002 – Hızlı Destek Programı). Bu destek, araştırmanın bilimsel niteliğini ve uygulama kapasitesini güçlendirmiş, çalışmanın gerçekleştirilmesine önemli katkı sağlamıştır.

Bu tez, sürdürülebilir e-atık yönetimini çevresel, davranışsal ve kurumsal boyutlarıyla ele alarak, toplumsal refahın artırılmasına yönelik bütüncül bir yaklaşım önermektedir.

Ece ÖZER ÇİZER
Ocak, 2026; İstanbul

İÇİNDEKİLER

ÖZET iii
ABSTRACT iv
ÖN SÖZ v
İÇİNDEKİLER vi
TABLOLAR LİSTESİ x
ŞEKİLLER LİSTESİ xiii
KISALTMALAR LİSTESİ xv

1. GİRİŞ 1

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR ANALİZİ 15
2.1. Döngüsel Ekonomi ve Sürdürülebilir E-Atık Yönetimi 15
2.2. Döngüsel Ekonomi Yaklaşımı ve Kaynak Verimliliği 15
2.3. E-Atık Yönetimi: Küresel Sorunlar ve Politikalar 17
2.4. E-Atıkların Çevresel, Ekonomik ve Sosyal Etkileri 19
2.5. Tüketici Davranışları ve E-Atık Yönetimi 21
2.5.1. Tüketici Davranış Teorileri ve E-Atık Yönetimi 21
2.5.2. Norm Aktivasyon Modeli ve Planlı Davranış Teorisi Kapsamında E-Atık Yönetimi 23
2.6. Bireysel ve Yapısal Engeller: E-Atıkların Elden Çıkarılma Dinamikleri 28
2.7. E-Atık Yönetimi Üzerine Bibliyometrik Analiz 29
2.7.1. I. Bibliyometrik Analiz Bulguları 31
2.7.2. II. Bibliyometrik Analiz Bulguları 32
2.7.3. III. Bibliyometrik Analiz Bulguları 40
2.7.4. E-Atık Yönetimi: Literatürde Tematik Yaklaşımlar 42
2.7.4.1. E-Atık Yönetimi ve Politika Yaklaşımları 46
2.7.4.2. Tüketici Davranışları ve Farkındalık 46
2.7.4.3. Döngüsel Ekonomi ve Geri Dönüşüm Teşvikleri 47
2.7.4.4. Bölgesel Farklılıklar ve Ülke Karşılaştırmaları 47
2.7.4.5. Teorik Çerçeveler ve Metodolojiler 48

3. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ 49
3.1. Birinci Çalışma - Nitel Çalışma 49
3.1.1. Araştırma Yaklaşımı ve Tasarımı 49
3.1.2. Veri Toplama Süreci 49
3.1.3. Veri Analizi 51
3.1.4. Bulgular 52
3.1.4.1. Katılımcıların Demografik Bilgileri 52
3.1.4.2. Tematik Analiz ve Elden Çıkarma Davranışları 53
3.1.4.3. Kod Haritası 68
3.1.4.4. Sonuç 71
3.2. İkinci Çalışma - Mobil Yorumların Duygu Analizi (Sentiment Analizi) 73
3.2.1. Veri Setini Oluşturma 73

3.2.1.1. Uygulamaların Belirlenmesi 73
3.2.1.2. Araç ve Kütüphanelerin Seçimi 74
3.2.1.3. Veri Çekme Süreci 75
3.2.1.4. Verilerin İşlenmesi ve Birleştirilmesi 77
3.2.1.5. Veri Ön İşleme Süreci 78
3.2.1.6. Çeviri ve Veri Seti Temizleme 80
3.2.2. Veri Setinin Görselleştirilmesi: Kelime Bulutu 81
3.2.3. Duygu Analizi 82
3.2.4. Konu Modelleme 83
3.2.5. Duygu Analizi Bulguları 84
3.2.6. Konu Modelleme Analizi Bulguları 89
3.2.7. Sonuç 90
3.3. Üçüncü Çalışma - Anket Verisi ve Smart PLS Analizi 94
3.3.1. Planlı Davranış Teorisine Dayalı Hipotezler 95
3.3.2. Norm Aktivasyon Modeline Dayalı Hipotezler 96
3.3.3. Makro Politika Modeline Dayalı Hipotezler 98
3.3.4. Aracılık (Mediation) Etkisine Dayalı Hipotezler 99
3.3.5. Düzenleyici (Moderasyon) Etkisine Dayalı Hipotezler 100
3.3.6. Veri Toplama Süreci, Araştırma Tasarımı ve Uygulama Prosedürü 101
3.3.7. Araştırmada Kullanılan Ölçekler 102
3.3.8. Araştırmanın Modeli 105
3.3.9. Verilerin Analizi ve Bulgular 107
3.3.9.1. Kısmi En Küçük Kareler Yapısal Eşitlik Modellemesi (PLS-SEM) 107
3.3.9.2. Tanımlayıcı İstatistikler 108
3.3.9.3. Ölçüm Modeli 115
3.3.9.4. Yapısal Model 129
3.3.9.5. Hipotez Testi Sonuçları 135
3.3.9.6. Aracılık (Mediation) Analizi 137
3.3.9.7. Düzenleyici Etki (Moderation) Analizi 143
3.3.9.8. Sonuç 151
3.4. Dördüncü Çalışma - Atık Konteynırları Fotoğraf Analizi 156
3.4.1. Araştırmanın Amacı 156
3.4.2. Yöntem 157
3.4.2.1. Örneklem ve Veri Toplama Süreci 158
3.4.2.2. Kodlama Süreci ve Tematik Analiz 159
3.4.3. Bulgular 160
3.4.3.1. Atık Türlerinin Görsel Temsili 160
3.4.3.2. Yapısal Eksiklikler ve Kullanım Sorunları 162
3.4.3.3. Kullanıcı Davranışlarının Görsel Yansımaları 164
3.4.4. Sonuç 165
3.4.4.1. Teorik Çıkarımlar 165
3.4.4.2. Politika ve Pratik Sonuçlar 166
3.4.4.3. Sınırlamalar ve Gelecekteki Araştırmalar 167
3.5. 5. Çalışma - Matematiksel Model ve Ekonometrik Simülasyon 169
3.5.1. Araştırmanın Amacı 169
3.5.2. Teorik Çerçeve 171
3.5.2.1. Çevresel Davranış Modelleri: TPB, NAM ve VBN 171
3.5.2.2. Döngüsel Ekonomi İlkeleri ve Sistem Dinamikleri 174
3.5.2.3. Entegrasyon ve Sistemsel Yaklaşım 175

3.5.3. Model Formülasyonu 175
3.5.3.1. Modelleme Yaklaşımı 176
3.5.3.2. Teorik ve Pratik Gerekçeler 177
3.5.3.3. Beklenen Yön ve Etkiler 178
3.5.3.4. Yöntemsel Not 178
3.5.4. Veri Seti ve Kaynaklar 179
3.5.4.1. Veri Yapısı ve Dönem Aralığı 179
3.5.4.2. Veri Kaynakları ve Değişkenlere Göre Dağılım 179
3.5.4.3. Veri Toplama ve İşleme Süreci 180
3.5.4.4. Veri Güvenilirliği ve Sınırlılıkları 193
3.5.4.5. Etik ve Açıklık 193
3.5.5. Python ile Senaryo Tabanlı Simülasyon ve Politika Analizi 193
3.5.5.1. Simülasyonun Teknik Altyapısı ve Uygulama Ortamı 194
3.5.5.2. Regresyon Temelli Model Formülü 195
3.5.5.3. Granger Nedensellik Analizi 197
3.5.5.4. Senaryo Türlerinin Tanımlanması 199
3.5.5.5. Temel Simülasyon Sonuçları (2022 Bazlı) 200
3.5.5.6. Genişletilmiş Zaman Serisi Simülasyonları (2023–2030) 202
3.5.5.7. Senaryo Bazlı Genel Değerlendirme ve Etki Gücü Sıralaması 206
3.5.5.8. Politika Önerileri ve Uygulama Stratejileri 208
3.5.6. Sonuç 213
3.5.6.1. Teorik Çıkarımlar 214
3.5.6.2. Politika ve Pratik Sonuçlar 214
3.5.6.3. Sınırlamalar ve Gelecekteki Araştırmalar 215
3.6. Model Adı: Entegre Sürdürülebilir E-Atık Geri Dönüşüm Modeli (ESEGEM) 215
3.6.1. Modelin Amaçları 217
3.6.2. ESEGEM Bileşenleri ve Nedensel İlişkiler 218
3.6.3. Modelin 5 Ana Bileşeni 222
3.6.3.1. Politika ve Teşvik Entegrasyonu (PT-Eksenli Yaklaşım) 222
3.6.3.2. Maliyet Azaltıcı Lojistik Teknolojiler (MALT Yaklaşımı) 224
3.6.3.3. Teknolojik Geri Kazanım Altyapısı (TEGRA Ağı) 225
3.6.3.4. Yasal Uyumluluk ve Denetim Sistemi (YUDES) 227
3.6.3.5. Tüketici Farkındalık ve Katılım Mekanizması (TUKAM) 228
3.6.4. Modelin İşleyişi: Katmanlı Müdahale Haritası 229
3.6.5. Modelin Etki Projeksiyonu (2030 Hedefi) 231
3.6.6. Politika Önceliklendirmesi 232
3.7. ESEGEM Bileşenleri Politika Senaryoları 235
3.7.1. ESEGEM Bileşenleri Bazlı Senaryo Tasarımları 237
3.7.1.1. PT- Politika Teşvik Mekanizmaları 238
3.7.1.2. YUDES – Yasal Düzenleme ve Denetim Sistemi 247
3.7.1.3. MALT – Maliyet Azaltıcı Lojistik Teknolojiler 254
3.7.1.4. TEGRA – Teknolojik Geri Kazanım Altyapısı 260
3.7.1.5. TUKAM – Tüketici Katılım ve Motivasyonu 267
3.7.2. Türkiye İçin Çok Kriterli Senaryo Değerlendirmesi 274
3.7.2.1. Hesaplama ve Simülasyon Altyapısı 274
3.7.2.2. Çok Kriterli Değerlendirme (MCDA) Yaklaşımı 275
3.7.2.3. Doğrulama ve Tutarlılık Analizi 277
3.7.2.4. Senaryo Puanlama Rubriği ve U Değerlerinin Hesaplanması 279

3.7.2.5. Senaryo Uygunluk Skorları ve Türkiye İçin Çok Kriterli Değerlendirme 281
3.7.3. Türkiye İçin En Yüksek Uygunluk Skoru ve Entegre Politika Önerisi . 284
3.7.3.1. Politika ve Teşvik Mekanizmaları (PT): En uygun senaryo: PT-C – Performans Fonu 285
3.7.3.2. Yasal Uyumluluk ve Denetim Sistemi (YUDES): En uygun senaryo: YUDES-A – EAR Kayıt ve Denetim Sistemi (Almanya Modeli) 285
3.7.3.3. Maliyet Azaltıcı Lojistik Teknolojiler (MALT): En uygun senaryo: MALT-B – Bölgesel Hub–Spoke Lojistik Modeli (Finlandiya Örneği) 286
3.7.3.4. Teknolojik Geri Kazanım Altyapısı (TEGRA): En uygun senaryo: TEGRA-B – K-eco Akıllı Geri Dönüşüm ve AI Ayrıştırma (Güney Kore Modeli) 286
3.7.3.5. Tüketici Farkındalık ve Katılım Mekanizması (TUKAM): En uygun senaryo: TUKAM-B – E-Point Dijital Teşvik Platformu (Güney Kore Modeli) 286
3.7.4. Politika Yol Haritası ve Etki Düzeyleri 288
3.7.5. ESEGEM Senaryolarına İlişkin Sonuçlar 292

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME 293
4.1. Bulguların Bütüncül Okuması: Mikrodan Makroya Entegrasyon 294
4.2. Kuramsal Katkı: ESEGEM'in Literatürdeki Yeri 295
4.3. Politika ve Uygulama İmplikasyonları: Kademeli Geçişin Mantığı 295
4.4. Türkiye Bağlamı ve Uluslararası Karşılaştırma 296
4.5. Kurumsal Stratejiler ve Pazar Sonuçları 296
4.6. Sınırlılıklar ve Gelecek Araştırmalar 297
4.7. Son Sentez: ESEGEM'in Değeri 297

5. GELECEK ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNERİLER 298

KAYNAKÇA 301
EKLER 325

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. Kuramsal Çerçeve Özeti: Modellerin Temel Kavramları, Referansları ve E-Atık Yönetimi Bağlantısı 27
Tablo 2. Araştırmaya Genel Bakış 30
Tablo 3. Veri Seti Özeti 43
Tablo 4. Yarı Yapılandırılmış Görüşme Soruları 51
Tablo 5. Demografik Dağılım 53
Tablo 6. App Store ve Google Play'de Yer Alan Atık Geri Dönüşümü Uygulamaları 73
Tablo 7. Google Play Store'daki Uygulamalara İlişkin Kullanıcı Yorumlarının Çekilmesine Yönelik Kod Dizisi 75
Tablo 8. App Store'daki Uygulamalara İlişkin Kullanıcı Yorumlarının Çekilmesine Yönelik Kod Dizisi 76
Tablo 9. Veri Setinde Yer Alan Uygulamalar 78
Tablo 10. Veri Ön İşleme Süresinde Kullanılan Tablo Dizisi 79
Tablo 11. Konu Modelleme Dağılımı 90
Tablo 12. Çalışmada Kullanılan Ölçekler 103
Tablo 13. Araştırma Hipotezleri 106
Tablo 14. Katılımcılara İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler 109
Tablo 15. Katılımcıların İkamet Ettikleri İlçeler 110
Tablo 16. Elektronik Cihazları Elden Çıkarma Nedenleri 111
Tablo 17. Katılımcıların Elektronik Atıklarını Elden Çıkarma Yöntemleri 112
Tablo 18. E-Atıkları Sürdürülebilir Şekilde Elden Çıkaramama Nedenleri 113
Tablo 19. Göstergelere Ait Faktör Yükleri ve Revizyon Sonuçları 116
Tablo 20. Fornell-Larker Kriterine Göre Birinci Düzey Değişkenlerin Ayrımsal Geçerliliği 118
Tablo 21. HTMT Oranına Göre Birinci Düzey Değişkenlerin Ayrımsal Geçerliliği 119
Tablo 22. Birinci Düzey Değişkenler İçin Çapraz Yük Tablosu 120
Tablo 23. Model Değişkenlerinin Gösterge Yükleri 123
Tablo 24. Fornell–Larcker Kriterine Göre Değişkenlerin Ayrımsal Geçerliliği 125
Tablo 25. HTMT Oranına Göre Değişkenlerin Ayrımsal Geçerliliği 127
Tablo 26. Değişkenler İçin Çapraz Yük Tablosu 128
Tablo 27. Değişkenlere Ait Varyans Enflasyon Faktörü Değerleri 131
Tablo 28. Araştırma Modeline İlişkin R2 Değerleri 132
Tablo 29. Bağımlı Değişkenlerin Tahmin Gücü Göstergeleri 133
Tablo 30. Model Uyum İstatistikleri 134
Tablo 31. Hipotez Testi Sonuçları 136
Tablo 32. Yapısal Model Yolları (Path Coefficients) 139
Tablo 33. Dolaylı (Indirect) ve Toplam Etkiler 140
Tablo 34. Aracılık Etkilerinde VAF (Variance Accounted For) 140
Tablo 35. Model Açıklayıcılık (R^2) Değerleri 141
Tablo 36. Model Etki Büyüklüğü (f^2) Değerleri 141
Tablo 37. Model Uyum İndeksleri 141

Tablo 38. Kolaylık (K) değişkeninin, Niyet–Davranış ilişkisindeki düzenleyici etkisi 144
Tablo 39. Algılanan Politika Etkinliği (APE) değişkeninin, Niyet–Davranış ilişkisindeki düzenleyici etkisi 146
Tablo 40. Hükümet Yönlendiricileri (HY) değişkeninin, Niyet–Davranış ilişkisindeki düzenleyici etkisi 149
Tablo 41. Entegre Sürdürülebilir E-Atık Modelinin Katmanlı Yapısı 171
Tablo 42. Modelin Teorik Temellerinin Entegrasyonu 175
Tablo 43. Modelde Kullanılan Değişkenler 176
Tablo 44. Matematiksel Model Değişkenlerine İlişkin Beklenen Etkiler 178
Tablo 45. Matematiksel Model Değişkenleri ve Veri Kaynakları 179
Tablo 46. Atık Beyan Sistemine Beyan Edilen AEEE Miktarları (2015–2022) 180
Tablo 47. Yıllara Göre Ekonomik Teşvik ($TEŞ_t$) Değerleri (₺) 181
Tablo 48. TM_t Serisi (2015–2023) 183
Tablo 49. HF_t Serisi (2015–2023) 184
Tablo 50. Yasal Düzenleme Endeksi 185
Tablo 51. 2015 Yılı Yasal Düzenleme Endeksi Hesaplama 185
Tablo 52. 2016 Yılı Yasal Düzenleme Endeksi Hesaplama 186
Tablo 53. 2017 Yılı Yasal Düzenleme Endeksi Hesaplama 187
Tablo 54. 2018 Yılı Yasal Düzenleme Endeksi Hesaplama 187
Tablo 55. 2019 Yılı Yasal Düzenleme Endeksi Hesaplama 188
Tablo 56. 2020 Yılı Yasal Düzenleme Endeksi Hesaplama 188
Tablo 57. 2021 Yılı Yasal Düzenleme Endeksi Hesaplama 189
Tablo 58. 2022 Yılı Yasal Düzenleme Endeksi Hesaplama 190
Tablo 59. 2023 Yılı Yasal Düzenleme Endeksi Hesaplama 190
Tablo 60. 2015-2023 Yılları Arası Yasal Düzenleme Endeksi Hesaplama Özet Tablo 191
Tablo 61. Tüketici Duyarlılık Endeksi Dağılımı 192
Tablo 62. Geri Dönüşüm Miktarı Hesaplama Fonksiyonu 195
Tablo 63. Python Ortamında OLS Regresyon Modelinin Uygulanması 196
Tablo 64. OLS Regresyonundan Elde Edilen Katsayıların Yönü ve Yorumu 196
Tablo 65. Granger Nedensellik Testi Sonuçları (Lag = 1) 198
Tablo 66. %10 Artış ve Azalış Senaryolarına Göre Geri Dönüşüm Miktarı (ton) 201
Tablo 67. Senaryo Bazlı Etki Değerlendirme 205
Tablo 68. Değişken Bazlı Özet Etki Tablosu (2030 Projeksiyonları) 206
Tablo 69. ESEGEM Modeli Bileşenleri ve Teorik Dayanaklarının Eşleştirilmesi 221
Tablo 70. Katmanlı Müdahale Haritası 229
Tablo 71. Modelin Etki Projeksiyonu (2030 Hedefi) 231
Tablo 72. ESEGEM Politika Önceliklendirmesi 232
Tablo 73. Politika Teşvik Senaryoları 238
Tablo 74. Politika Teşvik Senaryoları Genel Değerlendirme 246
Tablo 75. YUDES Senaryoları 248
Tablo 76. YUDES Senaryoları Genel Değerlendirme 254
Tablo 77. MALT Senaryoları 255
Tablo 78. MALT Senaryoları Genel Değerlendirme 260
Tablo 79. TEGRA Senaryoları 261
Tablo 80. TEGRA Senaryoları Genel Değerlendirme 267
Tablo 81. TUKAM Senaryoları 267
Tablo 82. TUKAM Senaryoları Genel Değerlendirme 273
Tablo 83. Çok Kriterli Uygunluk Skorlarının Hesaplanması 280

Tablo 84. Senaryo Uygunluk Skorlar-Türkiye İçin Çok Kriterli Değerlendirme 282
Tablo 85. Türkiye İçin En Yüksek Uygunluk Skoru 284
Tablo 86. Türkiye için En Mantıklı Entegre Senaryo 287
Tablo 87. Çalışmanın Kuramsal, Yöntemsel ve Politika Temelli Katkıları 293

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. TPB-NAM-VBN Teoriler Arası Akış Modeli 25
Şekil 2. İlk Kelime Bulutu 31
Şekil 3. İkinci Kelime Bulutu 32
Şekil 4. Yıllık Bilimsel Üretim (Bibliyometrik Analiz – II) 33
Şekil 5. En İlgili Ülkeler 33
Şekil 6. En Çok Atıf Yapılan Ülkeler 34
Şekil 7. En İlgili Yazarlar 34
Şekil 8. En Çok Atıf Alan Yazarlar 35
Şekil 9. En İlgili Kaynaklar 35
Şekil 10. En Çok Yerel Atıf Alan Kaynaklar 36
Şekil 11. En İlgili Kurumlar 36
Şekil 12. En Çok Küresel Atıf Alan Belgeler 37
Şekil 13. En Çok Yerel Atıf Alan Belgeler 38
Şekil 14. Eşleşme Ağı 38
Şekil 15. Trend Konular 40
Şekil 16. Üçüncü Kelime Bulutu 41
Şekil 17. Yıllık Bilimsel Üretim (Bibliyometrik Analiz – III) 41
Şekil 18. Araştırma Sürecine İlişkin Akış Diyagramı 50
Şekil 19. Elden Çıkarma Davranışı Hiyerarşik Kod-Alt Kodlar Modeli 53
Şekil 20. Teşvik Edici Faktörler Hiyerarşik Kod-Alt Kodlar Modeli 60
Şekil 21. Engelleyici Faktörler Hiyerarşik Kod-Alt Kodlar Modeli 64
Şekil 22. E-Atıkların Ekonomik Değeri Hiyerarşik Kod- Alt Kodlar Modeli 67
Şekil 23. Kod Haritası 69
Şekil 24. Kelime Bulutu 81
Şekil 25. Genel Duygu Dağılımı 84
Şekil 26. Pozitif Kelime Bulutu 85
Şekil 27. Negatif Kelime Bulutu 86
Şekil 28. Uygulama Puanları ile Duygu Dağılımın Karşılaştırılması 88
Şekil 29. Uygulamalara Göre Duygu Dağılımı 89
Şekil 30. Araştırmanın Modeli 106
Şekil 31. Birinci Derece Değişkenlerin Gösterge Yükleri 117
Şekil 32. İkinci Derece Değişkenlerin Gösterge Yükleri 124
Şekil 33. Aracılık Modelinin Son Hali (PLS-SEM Sonuçları) 138
Şekil 34. Kolaylık x Niyet Etkileşimi 145
Şekil 35. Algılanan Politika Etkinliği x Niyet Etkileşimi 148
Şekil 36. Hükümet Yönelendiricileri x Niyet Etkileşimi 150
Şekil 37. Konteyner Atıklarına İlişkin Kod Ağacı Diyagramı 161
Şekil 38. Konteyner Atıklarına İlişkin Kelime Bulutu 161
Şekil 39. Mobil Atık Getirme Merkezi 162
Şekil 40. Marketlerde Yer Alan Atık Toplama Kutuları 163
Şekil 41. Elektronik Atık Bölümünün İçeriği 164
Şekil 42. TPB-NAM-VBN Teorilerinin Kesişim Noktası 173
Şekil 43. Senaryo Tahminleri-Geri Dönüşüm Miktarları 201

Şekil 44. TEŞ için Senaryo Analizi 203
Şekil 45. TM için Senaryo Analizi..... 203
Şekil 46. HF için Senaryo Analizi 204
Şekil 47. YZ için Senaryo Analizi 204
Şekil 48. TD için Senaryo Analizi 205
Şekil 49. ESEGEM Katmanlı Müdahale Diyagramı..... 220

KISALTMALAR LİSTESİ

ADK	: Algılanan Davranışsal Kontrol
AEEE	: Atık Elektrikli ve Elektronik Eşya
APE	: Algılanan Politik Etki
CB-SEM	: Covariance-Based Structural Equation Modeling (Kovaryans Tabanlı Yapısal Eşitlik Modellemesi)
E-Atık	: Elektronik Atık
ESEGEM	: Entegre Sürdürülebilir E-Atık Geri Dönüşüm Modeli
GDM_t	: Geri Dönüştürülen E-Atık Miktarı (ton)
HF_t	: Hammadde Fiyat Endeksi
HTMT	: Heterotrait–Monotrait Ratio (Ayrımsal Geçerlilik Oranı)
KN	: Kişisel Normlar
MALT	: Maliyet Azaltıcı Lojistik Teknolojiler
NAM	: Norm Aktivasyon Modeli
PLS-SEM	: Partial Least Squares Structural Equation Modeling (Kısmi En Küçük Kareler Yapısal Eşitlik Modellemesi)
SEM	: Structural Equation Modeling (Yapısal Eşitlik Modellemesi)
SRMR	: Standardized Root Mean Square Residual (Standartlaştırılmış Ortalama Kare Kök Artık)
TD_t	: Tüketici Duyarlılığı Endeksi
TEGRA	: Teknolojik Geri Kazanım Ağı
$TEŞ_t$	: Ekonomik Teşvik (₺ bazında)
TM_t	: Toplama ve Taşıma Maliyeti
TPB	: Theory of Planned Behavior (Planlı Davranış Teorisi)
TUKAM	: Tüketici Farkındalık ve Katılım Mekanizması
VBN	: Value–Belief–Norm Theory (Değer–İnanç–Norm Teorisi)
YUDES	: Yasal Uyumluluk ve Denetim Sistemi
YZ_t	: Yasal Düzenleme Endeksi

1. GİRİŞ

Küresel ekonominin sürdürülebilir bir yapıya evrilmesi, doğal kaynakların korunmasını ve atık yönetiminde daha verimli stratejilerin benimsenmesini gerekli kılmaktadır. Özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren hız kazanan sanayileşme, artan tüketim düzeyleri ve küreselleşmenin etkisiyle doğal kaynakların aşırı kullanımı çevresel sürdürülebilirliği tehdit eden en önemli sorunlardan biri hâline gelmiştir. Geleneksel doğrusal ekonomi modeli, "al, üret, tüket, at" mantığına dayanmakta ve bu yapının sonucunda ortaya çıkan yüksek miktardaki atık hem çevresel hem de ekonomik maliyetleri beraberinde getirmektedir (Geissdoerfer vd., 2017). Bu nedenle, kaynakların daha etkin kullanımını, yeniden kullanımını ve atıkların üretim süreçlerine yeniden kazandırılmasını esas alan döngüsel ekonomi yaklaşımı, sürdürülebilir kalkınmanın en kritik unsurlarından biri olarak görülmektedir (Kirchherr vd., 2017). Döngüsel ekonomi kavramı, son on yılda Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SDG 12: Sorumlu Tüketim ve Üretim) ile birlikte özellikle politika belgelerinde, işletme stratejilerinde ve akademik araştırmalarda merkezî bir konum kazanmıştır (Ellen MacArthur Foundation, 2019).

Döngüsel ekonominin uygulanabilirliğini en çok zorlayan alanlardan biri, elektrikli ve elektronik atıkların (e-atık) yönetimidir. Elektrikli ve Elektronik Ekipman (EEE) olarak tanımlanan ürünler, yüksek teknolojik içerikleri ve kısa yaşam döngüleri nedeniyle hızla atığa dönüşmekte; aynı zamanda içerdikleri değerli metaller nedeniyle ekonomik birer "kentsel maden" olarak görülmektedir (Cucchiella, D'Adamo & Koh, 2015). Küresel ölçekte artan dijitalleşme, bilgi ve iletişim teknolojilerinin hızla yaygınlaşması, "dijital obsolescence" (dijital eskime) olarak adlandırılan bir olguyu ortaya çıkarmaktadır. Özellikle akıllı telefonlar, bilgisayarlar ve ev elektroniği ürünleri, ortalama 2–4 yıl gibi kısa bir kullanım ömrüne sahiptir (Baldé vd., 2020). Global E-waste Monitor 2020 raporuna göre dünya genelinde e-atık üretimi 53,6 milyon tona ulaşmış olup, bunun yalnızca %17,4'ü uygun şekilde geri dönüştürülebilmektedir (Baldé vd., 2020). Avrupa Birliği'nde bu oran %42,5 iken, gelişmekte olan ülkelerde bu oran %10'un altına düşmektedir (Huisman vd., 2015).

Türkiye'de ise yıllık e-atık miktarı 700 bin tonun üzerindedir ve kayıtlı geri dönüşüm oranı %5 civarında seyretmektedir (Forti vd., 2020). Bu tablo, e-atık yönetiminin yalnızca teknik bir mesele olmadığını, aynı zamanda toplumsal davranışsal boyutlarıyla ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Türkiye'de e-atık yönetimi, Avrupa Birliği'nin WEEE Direktifi (Waste Electrical and Electronic Equipment Directive) ile büyük ölçüde paralel bir mevzuat çerçevesi üzerinden şekillenmektedir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yürürlüğe konulan Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği (2012, rev. 2021), üreticilere ve ithalatçılara genişletilmiş üretici sorumluluğu (EPR) yükümlülükleri getirmektedir. Buna karşın, uygulamada geri toplama oranlarının son derece düşük seyretmesi, düzenlemelerin sahadaki etkinliğinin sınırlı kaldığını göstermektedir (Sarıyar, 2021). Özellikle belediyeler ve lisanslı geri dönüşüm firmaları arasında koordinasyon eksiklikleri, altyapı yetersizlikleri ve tüketicilerin geri dönüşüm kanallarına dair bilgi eksiklikleri, resmi sistemlerin etkin çalışmasını engellemektedir. TÜİK çevre istatistikleri de Türkiye'de atık yönetiminde geri dönüşümden ziyade düzenli depolama ve bertaraf yöntemlerinin baskın olduğunu ortaya koymaktadır (TÜİK, 2023). Bu tablo, mevzuatın varlığına rağmen davranışsal ve yapısal engellerin e-atık yönetiminde belirleyici olduğunu göstermektedir.

Türkiye bağlamında yapılan araştırmalar, tüketicilerin e-atık konusunda yeterli bilgiye sahip olmadıklarını, çoğu zaman eski elektronik eşyaları evde depolamayı veya ikinci el satışa yönlendirmeyi tercih ettiklerini göstermektedir (Sarıyar vd., 2021; Yıldırım, 2023). Özellikle küçük ev aletleri, cep telefonları ve bilgisayarların uzun süre evlerde tutulması, resmi geri dönüşüm sistemlerine katılımı düşüren önemli bir faktördür. Ayrıca, tüketicilerin önemli bir kısmı geri dönüşüm noktalarının yerini bilmemekte ya da bu noktalara erişimi zahmetli bulmaktadır. Bu durum, Ajzen'in (1991) algılanan davranış kontrolü kavramı ile doğrudan ilişkilidir; bireyler niyet sahibi olsalar bile kolaylaştırıcı koşullar olmadığında davranış gerçekleşmemektedir. Türkiye'de çevresel farkındalık kampanyaları artmakla birlikte, davranışa dönüşümün sınırlı olduğu görülmektedir. Dolayısıyla Türkiye örneği, tüketici davranışlarının ve sosyal normların, teknik altyapıdan bağımsız olarak e-atık yönetiminin başarısında kritik rol oynadığını göstermektedir.

Türkiye'deki bu durum, yalnızca yerel bir sorun olmayıp, küresel ölçekte literatürde de sıkça vurgulanan tüketici odaklı engellerin bir yansımasıdır. Bu bağlamda mevcut akademik çalışmaların odak noktalarını incelemek önem kazanmaktadır. Mevcut literatür incelendiğinde, e-atık konusundaki çalışmaların büyük bir kısmı teknik geri dönüşüm yöntemleri (Ylä-Mella vd., 2015), mevzuat ve politika analizleri (Huisman vd., 2015) ya da işletmelerin sürdürülebilirlik stratejilerine (Baldé vd., 2020) odaklanmaktadır. Bu çalışmaların ortak noktası, e-atığı yönetimsel veya teknolojik bir sorun olarak görmeleri, ancak tüketici davranışlarını ikincil bir değişken olarak ele almalarıdır. Oysa literatürde geri dönüşüm davranışlarının başarısının büyük ölçüde tüketici katılımına bağlı olduğu birçok araştırmada ortaya konmuştur (Saphores vd., 2012; Wang vd., 2019). Tüketicilerin e-atıklarını resmi kanallardan geri dönüştürme oranlarının düşük olmasının nedenleri literatürde çok boyutlu olarak tartışılmaktadır. İlk olarak, bilgi eksikliği önemli bir engel olarak öne çıkmaktadır. Birçok tüketici, e-atıkların hangi kategorilere girdiği, nereye teslim edilmesi gerektiği ve resmi toplama kanallarının nerede bulunduğu konusunda yeterli bilgiye sahip değildir (Saphores vd., 2012). Özellikle gelişmekte olan ülkelerde bilgi eksikliği, e-atıkların evsel atıklarla karışmasına veya evlerde uzun süre depolanmasına neden olmaktadır (Golev & Corder, 2016).

İkinci olarak, düşük çevresel farkındalık e-atık geri dönüşüm davranışının önünde ciddi bir engeldir. Tüketiciler çoğu zaman e-atıkları yalnızca işlevini yitirmiş ürünler olarak görmekte, ancak bu ürünlerin çevreye ve insan sağlığına verebileceği zararların farkına varamamaktadır. Ajzen'in (1991) Planlı Davranış Teorisi bağlamında değerlendirildiğinde, çevresel farkındalık düzeyinin düşük olması, tüketici tutumlarının geri dönüşüm niyeti üzerindeki olumlu etkisini zayıflatmaktadır (Borthakur & Govind, 2017). Benzer şekilde, Stern'in (2000) Değer-İnanç-Norm Teorisi çerçevesinde bakıldığında, çevresel değer ve normların zayıf olması, kişisel sorumluluk duygusunu sınırlamakta ve davranışa geçişi engellemektedir. Üçüncü olarak, altyapı ve erişim sorunları e-atık yönetiminin başarısız olmasında kritik bir faktördür. Birçok çalışmada, geri dönüşüm için kolay erişilebilir toplama merkezlerinin yokluğunun veya yetersizliğinin tüketicilerin katılımını doğrudan azalttığı gösterilmiştir (Zeng vd., 2017; Mohamad vd., 2022). Bu bulgular, geri dönüşüm davranışının yalnızca psikolojik faktörlerle değil, aynı zamanda yapısal ve bağlamsal koşullarla da yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Sürdürülebilir

tüketim davranışlarının bu çok boyutlu doğası, literatürde de sıklıkla vurgulanmıştır (Jackson, 2005; Thøgersen, 2010; Steg & Vlek, 2009). Pazarlama bağlamında ise yeşil pazarlamanın kurumsal performansa etkileri (Ottman, 2011; Leonidou & Skarmeas, 2017) ve e-atık yönetiminde tersine lojistik uygulamalarının stratejik rolü (Srivastava, 2007; Kumar & Putnam, 2008) önceki çalışmalarda ortaya konulmuştur. Dolayısıyla, geri dönüşüm altyapısının geliştirilmesi, tüketici davranışının kolaylaştırılması açısından kritik bir ön koşuldur. Dördüncü olarak, davranışsal engeller e-atık yönetiminde belirleyici rol oynamaktadır. Literatürde "niyet–davranış boşluğu" (attitude–behavior gap) olarak bilinen olgu, özellikle sürdürülebilir tüketim bağlamında sıklıkla vurgulanmaktadır (Vermeir & Verbeke, 2006; Carrington vd., 2014). Tüketiciler çoğu zaman geri dönüşüm niyeti taşımalarına rağmen, bu niyet davranışa dönüşmemektedir. Bu boşluğun nedenleri arasında zaman maliyeti, zahmvdgısı, düşük kişisel fayda algısı ve alternatif bertaraf yollarının (örneğin ikinci el satma, evde depolama) daha cazip görünmesi yer almaktadır (Ylä-Mella vd., 2015; Gilal vd., 2022). Son olarak, sosyal normların ve kültürel faktörlerin de geri dönüşüm davranışını etkilediği bilinmektedir. Bazı toplumlarda geri dönüşüm, sosyal olarak teşvik edilen bir davranışken, bazı toplumlarda bu davranış görünür bir değer taşımamakta ve düşük katılımla sonuçlanmaktadır (Miafodzyeva & Brandt, 2013). Bu bulgu, tüketici davranışlarının yalnızca bireysel düzeyde değil, toplumsal bağlam içinde de ele alınması gerektiğini göstermektedir. Tüm bu nedenlerden dolayı, e-atık yönetimi yalnızca çevre mühendisliği perspektifinden değil, aynı zamanda pazarlama ve tüketici davranışları perspektifinden de analiz edilmelidir (Tonglet vd., 2004). Zira tüketicilerin bilgi düzeyi, çevresel değerleri, algıları, sosyal normları ve altyapıya erişimleri, geri dönüşüm niyet ve davranışlarının şekillenmesinde belirleyici rol oynamaktadır. Pazarlama literatüründe bu konular post-purchase behavior, yeşil tüketici davranışı ve sürdürülebilir değer önerisi başlıkları altında tartışılmakta ve tüketici kararlarının ürün yaşam döngüsünün son aşamasında da işletmeler açısından stratejik önem taşıdığı vurgulanmaktadır (Kotler, 2011; Peattie & Crane, 2005).

Pazarlama literatüründe tüketici davranışlarının sürdürülebilirlik bağlamında incelenmesi uzun süredir önem taşımaktadır. Özellikle post-purchase behavior (tüketim sonrası davranışlar) kapsamında, tüketicilerin ürün yaşam döngüsünün sonundaki kararlarının işletmeler açısından stratejik etkileri olduğu kabul edilmektedir. Oliver (2014), tüketim sonrası deneyimlerin yalnızca tüketici tatminini

değil, aynı zamanda marka bağlılığını ve tekrar satın alma niyetini belirlediğini vurgulamaktadır. Kotler (2011) ise sürdürülebilir değer önerisinin yalnızca satın alma öncesi değil, satın alma sonrası süreçte de tüketici ile kurulan ilişkiler üzerinden inşa edildiğini belirtmektedir. Bu perspektiften bakıldığında, tüketicilerin e-atıklarını nasıl değerlendirdikleri, yani ürünü geri dönüştürme, tamir ettirme ya da ikinci el dolaşıma sokma gibi davranışlarının, markanın çevresel sorumluluk algısını güçlendirmesi açısından kritik olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla, e-atıkların doğru şekilde yönetilmesi, yalnızca çevresel fayda sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda tüketici-marka ilişkisinin sürdürülebilirliğini güçlendiren stratejik bir pazarlama uygulaması hâline gelmektedir. Yeşil pazarlama literatürü de tüketici davranışlarının çevresel boyutunu derinlemesine ele almakta ve çevreye duyarlı tüketim pratiklerinin işletmelerin kurumsal performansı ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir (Peattie & Crane, 2005; Grimmer & Woolley, 2014). Araştırmalar, yeşil tüketici davranışlarının yalnızca bireysel düzeyde çevresel fayda üretmekle kalmadığını, aynı zamanda işletmeler için yeni rekabet avantajları yarattığını ortaya koymuştur (Leonidou vd., 2013). Geri dönüşüm davranışı, bu bağlamda yalnızca çevresel bir katkı değil, aynı zamanda tüketici ile marka arasında güvenin tesis edilmesine yönelik bir süreçtir (del Río González, 2005). Güven, özellikle çevresel iddiaların artan ölçüde sorgulandığı "greenwashing" tartışmaları bağlamında daha da kritik hâle gelmektedir (Delmas & Burbano, 2011). Bu nedenle, tüketicilerin e-atık yönetimine aktif katılımı, markaların çevresel iddialarını güçlendiren somut bir kanıt işlevi görmektedir. Çevresel sorumluluk sahibi firmaların tüketici sadakatini güçlendirdiği (Chaudhuri & Holbrook, 2001), kurumsal sosyal sorumluluk faaliyetlerinin marka değerini artırdığı (Brown & Dacin, 1997) ve yeşil tüketici davranışlarının pazarlama performansı üzerinde ölçülebilir etkiler yarattığı birçok çalışmada doğrulanmıştır. Örneğin, Martínez-Conesa vd. (2017) çevresel odaklı inovasyon yapan firmaların, tüketici nezdinde daha yüksek itibar elde ettiğini; Rahbar ve Abdul Wahid (2011) ise yeşil pazarlama uygulamalarının tüketici satın alma niyetini artırdığını göstermektedir. E-atık yönetimi bu noktada, tüketici davranışları ile stratejik marka yönetimi arasındaki kritik köprülerden birini oluşturmaktadır. Ayrıca, pazarlama yazınında sıklıkla tartışılan "tüketici-marka ilişkisinin sürdürülebilirliği" kavramı, yalnızca ürün kullanım aşamasında değil, kullanım sonrası süreçlerde de önemlidir. Ürünlerin yaşam döngüsünün sonunda tüketicilere geri dönüşüm, yeniden kullanım ya da geri alma programları sunmak, markaların sürdürülebilir değer önerisini pekiştirmekte ve uzun

vadeli müşteri bağlılığını desteklemektedir (Bhattacharya & Sen, 2004). Bu açıdan bakıldığında, e-atık yönetimi yalnızca çevresel bir zorunluluk değil, aynı zamanda pazarlama açısından rekabet avantajı sağlayan bir stratejik araçtır. Sonuç olarak, yeşil tüketici davranışlarının işletmeler açısından stratejik önem taşıdığı ve e-atık yönetiminin pazarlama yazınında hem tüketici davranışları hem de marka yönetimi için kritik bir araştırma alanı olduğu açıktır. Bu nedenle, tüketicilerin e-atık elden çıkarma davranışlarının pazarlama teorileri çerçevesinde incelenmesi, yalnızca akademik bir boşluğu doldurmakla kalmamakta, aynı zamanda işletmeler için sürdürülebilir stratejilerin geliştirilmesine doğrudan katkı sunmaktadır.

Tersine lojistik literatürü, e-atık yönetiminin pazarlamayla kesişiminde kritik bir yere sahiptir. Rogers ve Tibben-Lembke (2002), tersine lojistiği ürünlerin yaşam döngüsünün sonunda toplanması, yeniden kullanımı, yenilenmesi ya da geri dönüştürülmesi süreçleri olarak tanımlamaktadır. Geleneksel lojistik, ürünün üreticiden tüketiciye doğru akışına odaklanırken, tersine lojistik bu akışı tersine çevirerek ürünün tüketici kullanımından sonra tekrar değer zincirine kazandırılmasını sağlamaktadır (Guide & Van Wassenhove, 2009). Bu yönüyle tersine lojistik, döngüsel ekonominin temel bileşenlerinden biri olup, yalnızca operasyonel bir maliyet yönetimi değil aynı zamanda tüketici katılımının ve marka stratejilerinin belirleyici olduğu bir süreçtir.

Araştırmalar, tersine lojistik sistemlerinin başarısının büyük ölçüde tüketicilerin bu sürece katılımına bağlı olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, tüketicilerin geri dönüşüm davranışını kolaylaştıracak altyapılar, finansal teşvikler ve iletişim stratejileri kritik öneme sahiptir. Çalışmalar, teşviklerin e-atık geri getirme oranlarını artırdığını göstermiştir (Jafari, Heydari & Keramati, 2017). Benzer şekilde, Zhao et al. (2016), Çin'de üreticiler tarafından uygulanan geri alma (take-back) programlarının, tüketicilerin resmî geri dönüşüm kanallarına katılımını artırarak e-atıkların kayıt dışı bertaraf edilme olasılığını azalttığını ortaya koymaktadır. Bu bulgular, tersine lojistiğin yalnızca teknik bir süreç değil, aynı zamanda tüketici davranışlarını yönlendiren pazarlama uygulamalarıyla yakından ilişkili olduğunu kanıtlamaktadır.

Tersine lojistik, işletmeler için aynı zamanda bir rekabet avantajı ve müşteri ilişkileri yönetimi aracı olarak da değerlendirilmektedir. Örneğin, Hazen et al. (2012) tersine lojistik ve yeniden üretim uygulamalarının, tüketicilerin algıladığı değer ve firma

değerlendirmeleri üzerinde belirleyici olduğunu ve bu süreçlerin müşteri ilişkileri yönetimi açısından stratejik bir rol oynadığını vurgulamaktadır. Benzer şekilde, Klassen ve Vereecke (2012), yeşil tedarik zinciri uygulamalarının kurumsal itibar ve müşteri bağlılığı üzerinde olumlu etkiler yarattığını göstermiştir. Bu noktada, e-atıkların markalar tarafından gönüllü veya zorunlu programlarla toplanması, tüketicilerle sürdürülebilirlik temelli bir ilişki kurulmasını sağlamakta ve kurumsal sosyal sorumluluk faaliyetlerinin görünürlüğünü artırmaktadır. Ayrıca tersine lojistik sistemleri, pazarlamanın değer önerisi kavramıyla da yakından ilişkilidir. Bir ürünün yaşam döngüsü sonunda üretici tarafından geri alınması veya geri dönüşüm sürecine yönlendirilmesi, tüketicilere yalnızca ekonomik değil aynı zamanda çevresel bir değer sunmaktadır (Stock & Mulki, 2009). Bu tür uygulamalar, tüketicilerin markaya duyduğu güveni pekiştirirken, markayı rakiplerinden farklılaştıran bir unsur hâline gelmektedir. Özellikle elektronik sektöründe Apple, Samsung ve Dell gibi markaların uyguladığı geri alma programları, yalnızca çevresel fayda sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda tüketici gözünde markanın yenilikçi ve sorumlu imajını güçlendirmektedir (Atasu & Subramanian, 2012). Tersine lojistik sistemlerinin başarısında iletişim stratejileri de belirleyici rol oynamaktadır. Tüketicilerin geri dönüşüm noktalarına yönlendirilmesi, bilgilendirme kampanyaları, sosyal norm mesajları ve dijital uygulamalar aracılığıyla kolaylaştırılabilmektedir (White vd., 2019). Bu açıdan bakıldığında, tersine lojistik yalnızca lojistik yönetimi disiplini altında değil, aynı zamanda pazarlama ve tüketici davranışları literatürü içinde de çalışılması gereken çok disiplinli bir araştırma alanıdır. Sonuç olarak, tersine lojistik e-atık yönetiminin yalnızca operasyonel maliyetlerle sınırlı bir boyutu değil; aynı zamanda tüketici davranışlarının yönlendirilmesi, marka itibarı, kurumsal sosyal sorumluluk ve sürdürülebilir değer önerisi gibi pazarlama yazınının temel kavramlarıyla doğrudan ilişkili bir boyutudur. Bu nedenle, e-atık bağlamında tersine lojistik süreçlerinin incelenmesi, pazarlama literatürüne teorik ve pratik açıdan önemli katkılar sunmaktadır.

Bu tez, tüketici davranışlarını merkeze alarak e-atık yönetimine bütüncül bir bakış açısı getirmektedir. Literatürdeki mevcut çalışmaların çoğu teknik süreçlere, geri dönüşüm teknolojilerine ya da mevzuat çerçevesine odaklanırken (Baldé vd., 2020; Huisman vd., 2015), tüketici davranışlarının bu süreçteki belirleyici rolü görece ihmal edilmiştir. Oysa e-atıkların resmi toplama kanallarına yönlendirilmesi, yalnızca altyapı

veya düzenlemelerle değil, tüketicilerin algı, tutum ve niyetleriyle doğrudan ilişkilidir (Wang vd., 2019; Mohamad vd., 2022). Bu bağlamda, çalışma tüketici merkezli bir perspektifi benimseyerek literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmayı hedeflemektedir. Araştırmada, öncelikle literatürün mevcut eğilimlerini, odaklandığı temaları ve araştırma boşluklarını ortaya koymak amacıyla bibliyometrik analiz gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem sayesinde e-atık yönetimi konusunda önde gelen yazarlar, ülkeler, işbirliği ağları ve kavramsal kümeler sistematik biçimde incelenmiştir (Aria & Cuccurullo, 2017). Böylece çalışmanın teorik temelleri güçlendirilmiş, araştırma boşluğunun bilimsel kanıtlarla desteklenmesi sağlanmıştır. İkinci aşamada, tüketici algıları ve eğilimleri dijital ortamdaki kullanıcı yorumları üzerinden duygu analizi ile incelenmiştir. Bu yöntem, geleneksel anketlere kıyasla daha geniş örnekleme ulaşma ve doğal davranışsal eğilimleri ortaya çıkarma avantajı sunmaktadır (Mostafa, 2013). Özellikle mobil e-atık uygulamalarına yönelik olumlu ve olumsuz değerlendirmeler, tüketici motivasyonlarını ve engellerini ortaya koymak açısından zengin bir veri kaynağı sağlamıştır. Üçüncü aşamada, tüketicilerin geri dönüşüm niyetlerini belirleyen psikososyal faktörler Planlı Davranış Teorisi (TPB; Ajzen, 1991), Norm Aktivasyon Modeli (NAM; Schwartz, 1977) ve Değer-İnanç-Norm Teorisi (VBN; Stern, 2000) çerçevesinde test edilmiştir. Ajzen'in rasyonel karar mekanizmalarına odaklanan yaklaşımı, Schwartz'ın ahlaki norm temelli açıklamaları ve Stern'in değer yönelimli çerçevesi bir araya getirilerek, e-atık bağlamında daha kapsamlı bir açıklama gücü elde edilmiştir. Literatürde bu üç teorinin bütünleşik olarak test edildiği çalışmalar son derece sınırlıdır (Bamberg & Möser, 2007), bu nedenle tez mevcut yazına önemli bir katkı sunmaktadır Literatürde TPB ve NAM gibi psikososyal çerçevelerin birlikte kullanıldığı çalışmalar bulunsa da, farklı teorilerin tek bir bütünleşik model altında e-atık bağlamında birlikte sınandığı çalışmalar görece sınırlıdır (Bamberg & Möser, 2007; Park & Ha, 2014). Bu nedenle tez, üç teoriyi birlikte ele alarak e-atık bağlamında daha kapsamlı bir açıklama gücü sunmaktadır. TPB'nin rasyonel karar mekanizmaları (tutum, öznel norm, algılanan davranış kontrolü), NAM'in ahlaki sorumluluk boyutu (kişisel norm), VBN'nin değer temelli açıklamaları (ekolojik değerler ve çevresel inançlar) bu tezde tek bir model altında bütünleştirilmiştir. Bu bütünleşik yaklaşım, tüketicilerin yalnızca rasyonel hesaplarla değil, aynı zamanda ahlaki ve değer temelli motivasyonlarla da e-atık geri dönüşümüne yöneldiğini göstermektedir. Bu bağlamda çalışma, çevre psikolojisinin yanında pazarlama yazınına da katkı sağlamaktadır. Zira sürdürülebilir tüketim

davranışlarının teorik olarak modellenmesi, pazarlama literatüründe uzun süredir tartışılan "post-purchase behavior", "yeşil tüketici davranışı" ve "sürdürülebilir değer önerisi" kavramlarını daha somut hale getirmektedir (Kotler, 2011; Peattie & Crane, 2005). Ayrıca, niyet–davranış boşluğuna yönelik bulgular, firmaların tüketicileri geri dönüşüm sürecine dahil etmek için hangi stratejik araçları kullanabileceklerine dair pratik ipuçları sunmaktadır. Dolayısıyla bu tez, disiplinler arası bir yaklaşım benimseyerek çevre mühendisliği, psikoloji ve pazarlama literatürlerini ortak bir çerçevede buluşturmakta; teorik katkı, yöntemsel yenilik ve pratik uygulamaları bir araya getirmektedir.

Çalışmanın özgün yönlerinden biri, tüketici yorumlarından türetilen duyarlılık göstergesinin makro düzeyde ekonometrik modellemeye entegre edilmesidir. Pazarlama literatüründe uzun süredir tartışıldığı üzere, mikro düzeyde tüketici davranışlarının incelenmesi ile makro düzeyde toplumsal ve ekonomik sonuçların açıklanması arasında bir köprü kurmak büyük önem taşımaktadır (Hunt, 1983; Hunt, 2002). Shelby Hunt'ın özellikle macromarketing yazınında vurguladığı gibi, pazarlamanın yalnızca bireysel tüketici tercihlerini anlamakla sınırlı kalmayıp, bu tercihlerin toplumsal refah, kaynak dağılımı ve sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini de incelemesi gerekmektedir (Hunt, 2010). Bu tezde kullanılan yöntem tam da bu yaklaşımı somutlaştırmakta ve mikro-makro bütünleşmesini e-atık yönetimi bağlamında ampirik olarak test etmektedir. Dijital ortamda elde edilen tüketici yorumları, bireylerin e-atık yönetimine yönelik algılarını ve duygularını yansıtan mikro düzeyli bir veri kaynağıdır. Bu verilerden türetilen duyarlılık göstergeleri, yalnızca betimleyici bulgularla sınırlı kalmamış, makro düzeyde geri dönüşüm oranlarını öngören ekonometrik modellere entegre edilmiştir. Literatürde sosyal medya ve dijital verilerin tüketici davranışını tahmin etmede kullanımı giderek artmaktadır (Mostafa, 2013; Timoshenko & Hauser, 2019). Ancak Hunt'ın da (2010) vurguladığı gibi, pazarlama araştırmalarının yalnızca mikro düzeyli tahminlerle kalmaması, toplumsal faydayı ve sürdürülebilirliği merkeze alan makro çıktılar üretmesi beklenmektedir. Bu çalışma, tüketici verilerini makro politikalarla ilişkilendirerek bu beklentiyi karşılamaktadır. Makro düzeyde kurulan ekonometrik model, yalnızca tüketici duyarlılığına değil, aynı zamanda ekonomik teşvikler, maliyet unsurları, hammadde fiyatları ve düzenleme sertliği gibi politika değişkenlerine de odaklanmaktadır. Bu çok boyutlu yaklaşım, Hunt'ın resource-advantage theory

(kaynak-avantaj teorisi) ile de uyumludur. Zira kaynakların (örneğin değerli metallerin geri kazanımı), düzenleyici kurumların gücü ve tüketici katılımı, bir ülkenin rekabet avantajını ve sürdürülebilir refahını doğrudan etkilemektedir (Hunt & Morgan, 1995; Hunt, 2011). Dolayısıyla bu tez, bireysel davranışsal faktörler ile ekonomik-politik faktörleri tek bir modelde bütünleştirerek pazarlamanın hem mikro hem de makro düzeydeki işlevini ortaya koymaktadır. Bu modelin 2030 yılına yönelik senaryolarla test edilmesi, pazarlamanın yalnızca "mevcut durumu açıklayan" değil, aynı zamanda "geleceğe yönelik öngörülerde bulunan" bir disiplin olduğuna işaret etmektedir. Hunt'ın (2011) sürdürülebilir pazarlama vizyonunda belirttiği üzere, pazarlama araştırmaları yalnızca işletmelerin kârını değil, aynı zamanda toplumun uzun vadeli refahını da merkeze almalıdır. Bu tezde önerilen ESEGEM modeli, tüketici davranışlarının psikososyal boyutlarını (tutum, norm, değerler) makro ekonomik değişkenlerle (teşvik, maliyet, hammadde fiyatı, düzenleme sertliği) entegre ederek, pazarlamanın mikro ve makro işlevlerini aynı anda yerine getirmektedir. Sonuç olarak, çalışmanın bu yönü pazarlama literatüründe üç düzeyde özgün katkı sağlamaktadır:

Mikro–makro entegrasyon: Tüketici duyarlılığının (mikro) resmi geri dönüşüm oranları ve politika çıktılarıyla (makro) ilişkilendirilmesi (Hunt, 1983; Hunt, 2010).

Kaynak-avantaj perspektifi: E-atıkların "kentsel maden" niteliği sayesinde kaynakların yeniden kazanımının, ulusal ve küresel rekabet avantajıyla ilişkilendirilmesi (Hunt & Morgan, 1995; Hunt, 2011).

Sürdürülebilir pazarlama vizyonu: Tüketici davranışlarının yalnızca bireysel tercihler düzeyinde değil, aynı zamanda toplumun uzun vadeli refahına hizmet edecek biçimde modellenmesi (Hunt, 2010; Hunt, 2011).

Böylece ESEGEM modeli, yalnızca çevre politikaları için değil, aynı zamanda pazarlama disiplini için de bütüncül bir yol haritası sunmakta; mikro düzeydeki tüketici eğilimlerini makro düzeydeki sürdürülebilirlik hedefleriyle ilişkilendirerek pazarlama yazınına teorik, yöntemsel ve pratik katkılar sağlamaktadır.

Araştırma şu temel sorulara yanıt aramaktadır:

İlk olarak, Türkiye'deki tüketicilerin tutumları, öznel normları ve algılanan davranış kontrollerinin e-atıkların sürdürülebilir şekilde elden çıkarılmasına yönelik niyetlerini

hangi yönde etkilediği sorgulanmaktadır. Bu soru, Ajzen'in (1991) Planlı Davranış Teorisi çerçevesinde kurgulanmış olup, bireylerin rasyonel karar mekanizmalarının e-atık bağlamındaki geçerliliğini sınamayı amaçlamaktadır.

İkinci olarak, ahlaki normların ve kişisel sorumluluk duygusunun geri dönüşüm niyetini doğrudan mı yoksa dolaylı mekanizmalar aracılığıyla mı şekillendirdiği incelenmektedir. Schwartz'ın (1977) Norm Aktivasyon Modeli ve Stern'in (2000) Değer-İnanç-Norm Teorisi temelinde ele alınan bu soru, çevresel sorumluluk ve değer yönelimlerinin tüketici niyetleri üzerindeki etkisini daha bütüncül bir şekilde açıklamayı hedeflemektedir.

Üçüncü olarak, dijital ortamdan elde edilen tüketici duyarlılık göstergelerinin, makro düzeyde e-atık geri dönüşüm oranlarını öngörmede istatistiksel olarak anlamlı bir faktör olup olmadığı sorulmaktadır. Bu araştırma sorusu, mikro düzeydeki dijital davranışsal verilerin makro düzeydeki sürdürülebilirlik çıktılarıyla nasıl ilişkilendiğini ortaya koymayı ve pazarlama yazınında mikro–makro entegrasyonu güçlendirmeyi hedeflemektedir (Hunt, 2010; Timoshenko & Hauser, 2019).

Dördüncü olarak, ekonomik teşvikler, maliyet unsurları, hammadde fiyatları ve düzenleme sertliği gibi politika değişkenlerinin, tüketici davranışlarını ve resmi geri dönüşüm oranlarını hangi öncelik sırasına göre etkilediği sorgulanmaktadır. Literatürde bu faktörlerin tek tek incelendiği görülmekle birlikte (Atasu & Subramanian, 2012; OECD, 2019), bütüncül bir politika senaryosu çerçevesinde karşılaştırmalı etkilerinin analiz edilmesi özgün bir katkı sağlamaktadır.

Son olarak, geliştirilen ESEGEM modelinin kısa, orta ve uzun vadeli dönemlerde e-atık yönetimi süreçlerine ne tür sistematik etkiler ürettiği araştırılmaktadır. Bu soru, modelin yalnızca teorik bir öneri olmadığını, aynı zamanda politika yapıcılar ve işletmeler için uygulanabilir bir yol haritası sunduğunu göstermeyi amaçlamaktadır.

Sonuç olarak, e-atık yönetimi döngüsel ekonominin temel unsurlarından biri olup, etkin bir geri dönüşüm süreci oluşturabilmek için tüketici davranışlarının ayrıntılı şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Literatür, e-atık yönetimi üzerine çok sayıda teknik ve politika odaklı çalışma sunmasına rağmen (Huisman vd., 2015; Baldé vd., 2020), tüketici davranışlarını merkeze alan araştırmalar sınırlı kalmıştır. Bu tez, farklı

metodolojik yaklaşımlar kullanarak e-atık yönetimi ile tüketici davranışları arasındaki ilişkiyi kapsamlı biçimde incelemekte ve bu önemli literatür boşluğunu doldurmayı hedeflemektedir.

Tezin teorik katkısı, pazarlama yazınında sürdürülebilir tüketim ve post-purchase davranışlarının yeniden yorumlanmasına dayanmaktadır. Çalışma, e-atıkların yalnızca çevresel bir problem değil, aynı zamanda tüketim sonrası sürecin bir parçası olarak marka değeri, müşteri sadakati ve sürdürülebilir değer önerisi ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir (Kotler, 2011; Oliver, 2014). Yeşil pazarlama literatürü bağlamında, tüketici davranışlarının çevresel sorumluluk ve güven inşası yoluyla işletme performansını etkilediği bulgusu pekiştirilmiştir (Peattie & Crane, 2005; Grimmer & Woolley, 2014). Ayrıca, tersine lojistik süreçlerinin yalnızca operasyonel verimlilik değil, aynı zamanda tüketici katılımı ve kurumsal sosyal sorumluluk perspektifiyle de incelenmesi gerektiği ortaya konmuştur (Tibben-Lembke & Rogers, 2002; Guide & Van Wassenhove, 2009). Böylece tez, bu üç kuramsal alanı (post-purchase davranış, yeşil tüketici davranışı, tersine lojistik) bir araya getirerek pazarlama literatürüne bütüncül bir bakış açısı kazandırmaktadır. Ayrıca, her bir metodolojik adımın farklı bir katkı türüne hizmet ettiği görülmektedir: bibliyometrik analiz literatür boşluklarını açığa çıkararak teorik katkıyı güçlendirmiş; duygu analizi, doğal veri kaynaklarını kullanarak yöntemsel katkı sunmuş; yapısal eşitlik modellemesi, kuramsal modelleri test ederek teorik ve yöntemsel katkıları birleştirmiş; içerik analizi ise saha verileriyle politika önerileri geliştirerek pratik katkıyı somutlaştırmıştır.

Yöntemsel katkı, çalışmada uygulanan karma yöntem yaklaşımının çok boyutluluğunda ortaya çıkmaktadır. Bibliyometrik analiz, literatürdeki eğilimleri ve araştırma boşluklarını sistematik biçimde belirleyerek teorik çerçevenin sağlam bir temel üzerine kurulmasını sağlamıştır (Aria & Cuccurullo, 2017). Dijital kullanıcı yorumlarına uygulanan duygu analizi, geniş ölçekli veriler üzerinden tüketici algılarını ortaya koyarak literatürde görece ihmal edilmiş doğal veri kaynaklarını araştırmaya dahil etmiştir (Mostafa, 2013). Yapısal eşitlik modellemesi, TPB, NAM ve VBN teorilerinin entegrasyonu yoluyla tüketici davranışlarını etkileyen faktörlerin nedensel ilişkilerini test etmiştir (Park & Ha, 2014). İçerik analizi ise, saha gözlemleri ve görsel veriler üzerinden niyet–davranış boşluğunu açıklamaya katkıda bulunmuştur. Bu dört

yöntemin birlikte kullanımı, araştırmaya hem derinlik hem de genişlik kazandırarak, pazarlama yazınında metodolojik açıdan özgün bir değer yaratmıştır.

Pratik katkı ise, elde edilen bulguların politika yapıcılar ve işletmeler için uygulanabilir önerilere dönüştürülmesiyle ilgilidir. Çalışma, ekonomik teşvikler, maliyet unsurları, hammadde fiyatları ve düzenleme sertliği gibi değişkenlerin kısa, orta ve uzun vadeli etkilerini analiz ederek, karar alıcılar için önceliklendirilmiş bir yol haritası sunmaktadır. Bu çerçeve, ESEGEM modeli aracılığıyla sistematik hale getirilmiş; tüketici davranışlarının psikososyal boyutları ile makro düzeydeki ekonomik ve düzenleyici faktörler bir araya getirilmiştir. Böylece, işletmeler için sürdürülebilir tedarik zinciri ve tersine lojistik stratejilerinin geliştirilmesi; kamu kurumları için ise çevresel politikaların daha etkili kurgulanması mümkün hale gelmiştir.

Bu üç katkı türü birlikte değerlendirildiğinde, tez yalnızca pazarlama literatürüne kuramsal ve metodolojik yenilikler getirmekle kalmamakta, aynı zamanda Birleşmiş Milletler'in 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları ile de doğrudan hizalanmaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışma pazarlama ve sürdürülebilirlik kesişiminde hem bilimsel hem de uygulamaya dönük özgün katkılar sunmaktadır. Tezin bulguları, tüketici davranışlarının döngüsel ekonominin başarısında kritik bir rol oynadığını ortaya koymakta; mikro düzeydeki psikososyal süreçleri makro düzeydeki ekonomik ve politik senaryolarla bütünleştirerek literatürde nadiren görülen bir mikro–makro entegrasyon örneği sunmaktadır (Hunt, 2010). Böylece tez, yalnızca akademik yazına katkı sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda işletmeler ve politika yapıcılar için uygulanabilir bir sürdürülebilirlik çerçevesi geliştirmektedir. Bununla birlikte, bu araştırma gelecekte yapılacak çalışmalar için de metodolojik bir çerçeve sunmaktadır. Özellikle yapay zekâ tabanlı veri analizi ve blockchain destekli atık izleme sistemleri, tüketici davranışlarının daha şeffaf ve gerçek zamanlı biçimde izlenmesine imkân tanıyabilir. Bu tür teknolojilerin entegrasyonu hem pazarlama literatürü hem de çevresel politika uygulamaları açısından yeni araştırma alanları açacaktır. Bunun yanı sıra, davranışsal ekonomi literatüründe öne çıkan 'nudging' yaklaşımı da gelecekteki çalışmalar için önemli bir araştırma alanı sunmaktadır. Küçük itici müdahaleler (örneğin geri dönüşüm kutularının görünürlüğünü artırmak, sosyal norm mesajları

kullanmak veya dijital uygulamalarda hatırlatma bildirimleri göndermek), tüketicilerin e-atık geri dönüşüm davranışlarını önemli ölçüde artırabilmektedir (Thaler & Sunstein, 2008; White vd., 2019). Bu bağlamda, nudging stratejilerinin e-atık yönetimine entegrasyonu hem mikro düzeyde tüketici davranışlarının hem de makro düzeyde geri dönüşüm oranlarının iyileştirilmesine katkı sağlayabilir. Sürdürülebilir tüketim davranışlarının anlaşılması ve yönlendirilmesi, tüketici psikolojisi perspektifinden ele alındığında daha etkili stratejiler geliştirilmesine olanak tanımaktadır (White, Habib & Hardisty, 2019*).*

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR ANALİZİ

2.1. Döngüsel Ekonomi ve Sürdürülebilir E-Atık Yönetimi

Çalışmanın bu bölümünde döngüsel ekonomi yaklaşımı ve sürdürülebilir e-atık yönetimi kavramları ele alınmaktadır. İlk olarak, döngüsel ekonominin temel ilkeleri ve kaynak verimliliği üzerinde durularak, bu modelin e-atık yönetimine nasıl entegre edilebileceği incelenmiştir. Ardından, e-atık yönetiminin küresel boyutu, karşılaşılan sorunlar ve bu sorunlara yönelik geliştirilen politikalar değerlendirilmiştir. Son olarak, e-atıkların çevresel, ekonomik ve sosyal etkileri analiz edilerek, bu etkilerin nasıl minimize edilebileceğine dair çözüm önerileri sunulmuştur. Bu bölüm, döngüsel ekonomi ve sürdürülebilir e-atık yönetimi arasındaki ilişkiyi ortaya koymayı ve bu alanda geliştirilebilecek stratejilere ışık tutmayı amaçlamaktadır.

2.2. Döngüsel Ekonomi Yaklaşımı ve Kaynak Verimliliği

Döngüsel ekonomi, geleneksel doğrusal ekonomi modelinin ("al-kullan-at") aksine, kaynakların mümkün olduğunca uzun süre kullanımını ve atık oluşumunu minimize etmeyi hedefleyen bir ekonomik modeldir. Bu yaklaşım, ürünlerin yaşam döngüsünün her aşamasında (tasarım, üretim, kullanım ve bertaraf) kaynakların verimli kullanımını ve atıkların yeniden değerlendirilmesini öngörür. Döngüsel ekonomi, ürünlerin tasarım aşamasından başlayarak yeniden kullanım, tamir, geri dönüşüm ve yeniden üretim gibi süreçleri içerir (Ellen MacArthur Foundation, 2015). Bu model, sadece çevresel sürdürülebilirliği değil, aynı zamanda ekonomik ve sosyal faydaları da beraberinde getirir.

Döngüsel ekonominin temelinde üç ana ilke yatar. İlk olarak, atık ve kirliliği tasarım yoluyla önlemek esastır. Bu, ürünlerin tasarım aşamasında atık oluşumunu ve çevresel kirliliği en aza indirecek şekilde planlama yapılmasını gerektirir. Örneğin, toksik maddelerin kullanımının azaltılması ve malzemelerin geri dönüştürülebilir olması bu ilkenin temel unsurlarıdır. İkinci olarak, ürün ve malzemeleri kullanımda tutmak hedeflenir. Bu, ürünlerin ve malzemelerin mümkün olduğunca uzun süre

kullanımını sağlamak için yeniden kullanım, tamir ve yeniden üretim gibi stratejileri içerir. Son olarak, doğal sistemleri yeniden canlandırmak amaçlanır. Bu, kullanılan malzemelerin doğaya geri kazandırılması ve biyolojik döngülerin desteklenmesi anlamına gelir. Örneğin, kompostlama ve biyolojik olarak parçalanabilir malzemelerin kullanımı bu ilkeyi destekler.

Kaynak verimliliği, döngüsel ekonominin temel taşlarından biridir. Bu kavram, doğal kaynakların daha etkin kullanımını ve atık üretiminin azaltılmasını amaçlar. Kaynak verimliliği hem çevresel sürdürülebilirliği artırır hem de ekonomik rekabet gücünü destekler. Örneğin, enerji ve hammadde tüketiminin azaltılması, işletmelerin maliyetlerini düşürürken çevresel ayak izlerini de küçültür. Avrupa Birliği'nin Döngüsel Ekonomi Eylem Planı, kaynak verimliliğini artırmayı ve sürdürülebilir üretim ve tüketim modellerini teşvik etmeyi amaçlayan kapsamlı politika adımlarını içermektedir (World Business Council for Sustainable Development [WBCSD], 2020). Bu plan, ürünlerin ömrünü uzatmak, geri dönüşüm oranlarını artırmak ve atık yönetimini iyileştirmek gibi hedefler içermektedir. Ayrıca, döngüsel ekonomi uygulamalarının yaygınlaştırılması için finansal teşvikler, yasal düzenlemeler ve farkındalık kampanyaları gibi araçlar kullanılmaktadır.

Döngüsel ekonomi uygulamalarının çevresel etkileri kadar ekonomik faydaları da literatürde sıklıkla vurgulanmaktadır. Örneğin, döngüsel ekonomi modelleri, işletmelere maliyet tasarrufu sağlar ve yeni iş fırsatları yaratır (Geissdoerfer vd., 2017). Çevresel faydalar arasında atık azaltımı, kaynak koruma ve karbon ayak izinin azaltılması yer alır. Atık oluşumunun minimize edilmesi, çöp sahalarına giden atık miktarını azaltırken, doğal kaynakların daha verimli kullanımı kaynak tükenmesini önler ve biyolojik çeşitliliği korur. Ayrıca, geri dönüşüm ve yeniden kullanım, enerji tüketimini ve sera gazı emisyonlarını düşürerek iklim değişikliğiyle mücadeleye katkıda bulunur.

Ekonomik faydalar ise döngüsel ekonominin işletmeler ve ekonomiler üzerindeki olumlu etkilerini ortaya koyar. İşletmeler, hammadde ve enerji maliyetlerini azaltarak rekabet avantajı elde eder. Geri dönüşüm, tamir ve yeniden üretim sektörleri, yeni istihdam alanları yaratır ve ekonomik büyümeyi destekler. Ayrıca, döngüsel ekonomi, işletmeleri yenilikçi ürün ve hizmetler geliştirmeye teşvik ederek inovasyonu artırır. Bu durum, özellikle e-atık yönetimi gibi alanlarda büyük bir potansiyel sunar. E-

atıklar, değerli metaller (altın, gümüş, bakır) ve nadir toprak elementleri içerir. Bu malzemelerin geri kazanımı hem çevresel hem de ekonomik açıdan önemli faydalar sağlar. Döngüsel ekonomi, e-atıkların yeniden kullanımını, tamirini ve geri dönüşümünü teşvik ederek kaynak verimliliğini artırır ve atık oluşumunu azaltır.

Sonuç olarak, döngüsel ekonomi ve kaynak verimliliği, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için kritik bir rol oynar. Bu yaklaşım, çevresel etkileri azaltırken ekonomik büyümeyi ve sosyal refahı destekler. Özellikle e-atık yönetimi gibi alanlarda döngüsel ekonomi uygulamalarının yaygınlaştırılması, küresel çevre sorunlarına etkili çözümler sunabilir. E-atıklar, değerli metaller ve nadir toprak elementleri içermesi nedeniyle döngüsel ekonominin önemli bir parçasıdır. Ancak, e-atık yönetiminde karşılaşılan küresel sorunlar ve politikalar, bu potansiyelin tam olarak değerlendirilmesini engellemektedir. Bu nedenle, döngüsel ekonomi ilkelerinin e-atık yönetimine entegre edilmesi hem kaynak verimliliğini artıracak hem de çevresel ve sosyal etkileri minimize edecektir.

2.3. E-Atık Yönetimi: Küresel Sorunlar ve Politikalar

Elektronik atık (e-atık), teknolojinin hızla ilerlemesi ve elektronik cihazların yaşam döngüsünün kısalması nedeniyle hızla büyüyen küresel bir sorundur. E-atık, bilgisayarlar, cep telefonları, televizyonlar, buzdolapları ve diğer elektronik cihazların kullanım ömrünü tamamlamış hallerini ifade eder. 2020 Küresel E-Atık İzleme Raporu, 2019 yılında dünya genelinde 53,6 milyon ton e-atık üretildiğini ve bu rakamın 2030 yılına kadar 74 milyon tona ulaşacağını öngörmektedir (Baldé vd., 2020). Bu artış hem çevresel hem de insan sağlığı açısından ciddi riskler oluşturmaktadır.

E-atık yönetimi, bu atıkların toplanması, geri dönüştürülmesi ve bertaraf edilmesi süreçlerini kapsayan kapsamlı bir sistemdir. Ancak, bu süreçte karşılaşılan küresel sorunlar, e-atık yönetimini zorlaştırmaktadır. Başlıca sorunlar arasında yetersiz toplama sistemleri, gelişmekte olan ülkelerdeki düzensiz geri dönüşüm uygulamaları ve toksik maddelerin çevreye ve insan sağlığına olan zararları yer almaktadır (Baldé vd., 2020). Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, e-atıkların büyük bir kısmı resmi olmayan kanallar aracılığıyla toplanmakta ve ilkel yöntemlerle geri dönüştürülmektedir. Bu süreçte, e-atıklarda bulunan kurşun, cıva, kadmiyum ve

bromlu alev geciktiriciler gibi tehlikeli maddeler, çevreye salınmakta ve insan sağlığını ciddi şekilde tehdit etmektedir.

Küresel ölçekte, e-atık yönetimini düzenlemeye yönelik çeşitli politikalar ve uluslararası anlaşmalar mevcuttur. Bunların başında Basel Sözleşmesi gelmektedir. 1989 yılında imzalanan bu sözleşme, tehlikeli atıkların sınır ötesi taşınmasını düzenlemekte ve özellikle gelişmiş ülkelerden gelişmekte olan ülkelere yasa dışı e-atık ihracatını engellemeyi amaçlamaktadır. Ancak, sözleşmenin uygulanmasında yaşanan zorluklar, e-atık sorununun devam etmesine neden olmaktadır.

Avrupa Birliği (AB), e-atık yönetimi konusunda dünyadaki en kapsamlı politikaları geliştiren bölgelerden biridir. AB'nin Atık Elektrikli ve Elektronik Ekipman Direktifi (WEEE), üreticilere e-atıkların geri toplanması ve geri dönüştürülmesi sorumluluğunu yüklemektedir. Bu direktif, "üretici sorumluluğu" ilkesini benimseyerek, üreticilerin ürünlerinin ömrünü uzatmalarını ve geri dönüşüm süreçlerini kolaylaştırmalarını teşvik etmektedir. Ayrıca, AB'nin RoHS Direktifi, elektronik cihazlarda belirli tehlikeli maddelerin kullanımını sınırlandırarak e-atıkların çevresel etkilerini azaltmayı hedeflemektedir.

Ancak, küresel e-atık yönetiminde hala önemli eksiklikler bulunmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, e-atık yönetimi altyapısının yetersiz olması ve resmi olmayan geri dönüşüm sektörünün yaygınlığı, sorunun çözümünü zorlaştırmaktadır. Bu ülkelerde, e-atıklar genellikle açık alanlarda yakılmakta veya asit banyoları gibi ilkel yöntemlerle işlenmektedir. Bu süreçler hem çevre kirliliğine hem de çalışanların sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Örneğin, Hindistan, Çin ve Gana gibi ülkelerde, e-atık geri dönüşümünde çalışan işçiler, toksik maddelere maruz kalmakta ve ciddi sağlık riskleriyle karşı karşıya kalmaktadır.

E-atık yönetiminde yaşanan bu sorunların çözümü için küresel iş birliği ve daha etkili politikalar gerekmektedir. Özellikle gelişmiş ülkelerin, e-atık ihracatını sınırlandırması ve gelişmekte olan ülkelere teknoloji transferi ve finansal destek sağlaması büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, tüketicilerin e-atık konusunda bilinçlendirilmesi ve geri dönüşüm alışkanlıklarının teşvik edilmesi de sorunun çözümüne katkıda bulunabilir.

Sonuç olarak, e-atık yönetimi hem çevresel hem de sosyal açıdan küresel bir sorundur. Bu sorunun çözümü, uluslararası iş birliği, etkili politikalar ve toplumsal bilinçlenme ile mümkündür. E-atıkların doğru şekilde yönetilmesi, değerli kaynakların geri kazanımını sağlarken, çevre ve insan sağlığını koruyacak sürdürülebilir bir gelecek inşa etmemize yardımcı olabilir. Ancak, e-atık yönetiminin başarısı, yalnızca politikaların uygulanmasına değil, aynı zamanda e-atıkların çevresel, ekonomik ve sosyal etkilerinin tam olarak anlaşılmasına da bağlıdır. Bu etkiler, e-atık yönetimi stratejilerinin şekillenmesinde kritik bir rol oynar ve sürdürülebilir çözümlerin geliştirilmesine rehberlik eder.

2.4. E-Atıkların Çevresel, Ekonomik ve Sosyal Etkileri

E-atıklar, çevresel, ekonomik ve sosyal açıdan önemli etkilere sahiptir. Bu etkiler, e-atıkların yönetim şekline bağlı olarak hem olumlu hem de olumsuz sonuçlar doğurabilir. E-atıkların uygun şekilde yönetilmesi, değerli kaynakların geri kazanımını sağlarken, yanlış yönetimi ise ciddi çevresel, ekonomik ve sosyal sorunlara yol açabilir. Bu nedenle, e-atıkların etkilerini anlamak ve sürdürülebilir çözümler geliştirmek büyük önem taşımaktadır.

E-atıklar, içerdikleri tehlikeli maddeler nedeniyle çevre için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Özellikle ağır metaller (kurşun, cıva, kadmiyum) ve toksik kimyasallar (bromlu alev geciktiriciler, PCB'ler), uygun şekilde bertaraf edilmediğinde toprak, su ve hava kirliliğine neden olur. Örneğin, e-atıkların çöplüklerde veya açık alanlarda yakılması, havaya zehirli gazların salınmasına ve atmosfer kirliliğine yol açar. Bu kirlilik, ekosistemlere zarar verir ve biyolojik çeşitliliği tehdit eder (Robinson, 2009). Ayrıca, e-atıkların toprağa karışması, toprak kirliliğine ve tarım alanlarının verimliliğinin azalmasına neden olur. Su kaynaklarına sızan toksik maddeler ise su ekosistemlerini tahrip eder ve içme suyu kaynaklarını kirleterek insan sağlığını tehdit eder. Bu nedenle, e-atıkların çevresel etkileri, sadece yerel değil, küresel ölçekte de önemli bir sorundur.

E-atıklar, çevresel risklerin yanı sıra önemli bir ekonomik potansiyel de barındırır. E-atıkların içerdiği değerli metaller (altın, gümüş, bakır) ve nadir toprak elementleri, geri kazanım yoluyla ekonomiye kazandırılabilir. Örneğin, bir ton cep telefonu atığından ortalama 100-150 gram altın elde edilebilirken, bu miktar bir ton altın cevherinden

elde edilenden çok daha yüksektir (Cui & Forssberg, 2003). Bu durum, e-atıkların "kentsel madenler" olarak adlandırılmasına neden olmuştur. Ancak, gelişmekte olan ülkelerdeki düzensiz geri dönüşüm uygulamaları, bu ekonomik potansiyelin tam olarak değerlendirilmesini engellemektedir. İlkel yöntemlerle yapılan geri dönüşüm, hem değerli metallerin verimli şekilde geri kazanılamamasına hem de çevresel kirliliğin artmasına neden olmaktadır. Bu durum hem ekonomik kayıplara hem de çevresel maliyetlerin artmasına yol açmaktadır. Bu nedenle, e-atık yönetiminde modern ve sürdürülebilir geri dönüşüm teknolojilerinin kullanılması büyük önem taşımaktadır.

E-atıkların sosyal etkileri ise özellikle geri dönüşüm süreçlerinde çalışan işçilerin sağlık ve güvenlik riskleriyle ilişkilidir. Gelişmekte olan ülkelerde, e-atık geri dönüşümü genellikle resmi olmayan sektörlerde ve ilkel yöntemlerle yapılmaktadır. Bu süreçte, işçiler toksik maddelere doğrudan maruz kalmakta ve ciddi sağlık sorunları yaşamaktadır. Örneğin, e-atıkların asit banyolarıyla işlenmesi sırasında açığa çıkan zehirli gazlar, solunum yolu hastalıklarına ve cilt problemlerine neden olmaktadır (Grant vd., 2013). Ayrıca, bu tür çalışma koşulları, çocuk işçiliği gibi sosyal adaletsizlikleri de beraberinde getirmektedir. Özellikle Hindistan, Çin ve Gana gibi ülkelerde e-atık geri dönüşümünde çalışan çocuklar hem fiziksel hem de zihinsel sağlıklarını tehdit eden koşullarda çalışmaktadır. Bu durum, e-atık yönetiminde sosyal adalet ve insan hakları boyutlarının dikkate alınması gerektiğini açıkça göstermektedir.

E-atıkların çevresel, ekonomik ve sosyal etkilerini minimize etmek için kapsamlı ve sürdürülebilir çözümler gerekmektedir. Bu çözümler arasında modern geri dönüşüm teknolojilerinin yaygınlaştırılması, üretici sorumluluğu ilkesinin benimsenmesi ve üreticilerin e-atık yönetimine aktif katılımının sağlanması önemli bir yer tutar. Ayrıca, toplumsal bilinçlendirme kampanyaları ile tüketicilerin e-atık geri dönüşümüne teşvik edilmesi, bu sürecin etkinliğini artırabilir. Uluslararası iş birliği ile gelişmekte olan ülkelere teknoloji transferi ve finansal destek sağlanması, bu ülkelerdeki e-atık yönetim altyapısının iyileştirilmesine katkıda bulunabilir. Bunun yanı sıra, çalışan haklarının korunması ve resmi olmayan geri dönüşüm sektörünün denetlenmesi, e-atık geri dönüşümünde çalışanların sağlık ve güvenlik koşullarının iyileştirilmesini sağlayabilir.

Sonuç olarak, e-atıkların çevresel, ekonomik ve sosyal etkileri, küresel ölçekte dikkate alınması gereken bir sorundur. Bu etkilerin olumsuz sonuçlarını azaltmak ve e-atıkların potansiyelini değerlendirmek için döngüsel ekonomi ilkelerinin benimsenmesi ve sürdürülebilir yönetim stratejilerinin uygulanması büyük önem taşımaktadır. Modern geri dönüşüm teknolojilerinin yaygınlaştırılması, üretici sorumluluğu ilkesinin benimsenmesi ve uluslararası iş birliği gibi çözümler, e-atık yönetiminin etkinliğini artırabilir. Ancak, bu süreçte tüketicilerin rolü de göz ardı edilmemelidir. Tüketici davranışları, e-atık yönetiminin başarısını doğrudan etkileyen bir faktördür ve bu nedenle, tüketicilerin bilinçlendirilmesi ve e-atık geri dönüşümüne teşvik edilmesi büyük önem taşımaktadır.

2.5. Tüketici Davranışları ve E-Atık Yönetimi

Tüketici davranışları, e-atık yönetiminin etkinliğini belirleyen kritik bir unsurdur. Tüketicilerin e-atıklarını nasıl bertaraf ettikleri, geri dönüşüm alışkanlıkları ve çevre bilinci, e-atık yönetimi süreçlerinin başarısını doğrudan etkiler. Bu bölümde, tüketici davranış teorileri, norm aktivasyon modeli, planlı davranış teorisi ve e-atıkların elden çıkarılma dinamikleri incelenmektedir.

2.5.1. Tüketici Davranış Teorileri ve E-Atık Yönetimi

Tüketici davranış teorileri, bireylerin e-atıklarını nasıl elden çıkardıklarını, geri dönüşüm süreçlerine nasıl katıldıklarını ve bu davranışları yönlendiren bilişsel, sosyal ve normatif faktörleri açıklamada temel bir çerçeve sunmaktadır. Bu teoriler, e-atık yönetimi stratejilerinin yalnızca teknik altyapıya değil, aynı zamanda bireysel algı, tutum ve değer sistemlerine de dayanması gerektiğini göstermektedir. Rasyonel Seçim Teorisi, tüketicilerin geri dönüşüm kararlarını fayda-maliyet analizine göre aldıklarını öne sürer (Becker, 1976). Buna göre birey, geri dönüşümün sağlayacağı çevresel ve ekonomik faydaları, harcayacağı zaman ve çabayla karşılaştırarak karar verir. Ancak davranışsal iktisat literatürü, bireylerin her zaman rasyonel davranmadığını; alışkanlık, sosyal normlar ve duygusal faktörlerin de karar süreçlerinde belirleyici olduğunu göstermiştir (Thaler & Sunstein, 2008). Bu nedenle güncel çevre davranışı modelleri, tüketici kararlarının yalnızca ekonomik değil, bilişsel, duygusal ve ahlaki bileşenlerle şekillendiğini vurgulamaktadır.

Son yıllarda yapılan araştırmalar, e-atık yönetimi bağlamında tüketici davranış modellerinin yalnızca geleneksel tutum–öznel norm–algılanan kontrol ekseniyle açıklanamayacağını ortaya koymuştur. Vijayan vd. (2023), Hindistan'da yürüttükleri çalışmada hanehalkı düzeyinde e-atık geri dönüşüm niyetini Planlı Davranış Teorisi (TPB) çerçevesinde incelemiş; altyapı erişimi ve kolaylığın, öznel normlar ve algılanan davranışsal kontrol üzerindeki etkisini istatistiksel olarak doğrulamıştır. Michael vd. (2024) çalışmasında, çevresel farkındalık, bilgi düzeyi ve lojistik kolaylık gibi değişkenlerin TPB ve NAM'in öngördüğü yapısal ilişkileri güçlendirdiğini, bu faktörlerin özellikle "niyet–davranış" boşluğunu azaltıcı etkide bulunduğunu göstermiştir.

Benzer biçimde, Islam vd. (2025) Bangladeş örnekleminde genç tüketicilerin e-atık geri dönüşüm niyetini analiz ederek, klasik TPB ve VBN modellerine "pro-environmental goals (PEG)" değişkenini dahil etmiş; değer temelli motivasyonun davranışsal niyet üzerinde dolaylı ancak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. 2025 yılında yürütülen bir diğer çalışma, üniversite öğrencilerinin geri dönüşüm davranışını incelemiş ve bilgi düzeyi, sosyal etki ve altyapı faktörlerinin davranışsal niyetin en güçlü yordayıcıları olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar, davranışsal modellerin artık yalnızca niyet ve tutum temelli değil, aynı zamanda çevresel bilgi, kolaylaştırıcı koşullar ve sosyal öğrenme süreçlerini de içeren genişletilmiş bir yapıya kavuştuğunu göstermektedir.

Bu bulgular, Ajzen'in (2020) TPB modeline yönelik güncellemeleriyle de uyumludur. Ajzen, davranışın bağlamsal kısıtlar ve deneyimle güçlenen inanç yapıları üzerinden modellenmesi gerektiğini vurgulamış; erişim, altyapı ve zaman gibi çevresel koşulları davranışsal kontrolün ayrılmaz bir parçası olarak tanımlamıştır. Pro-environmental behavior kavramına ilişkin ölçümsel ve kavramsal belirsizlikler, çevresel davranış literatüründe uzun süredir tartışılmaktadır (Kollmuss & Agyeman, 2002). Bu literatür, özellikle kişisel normların çevresel davranışın en yakın ve güçlü belirleyicilerinden biri olduğunu ortaya koymaktadır (Schwartz, 1977; Stern et al., 1999; Stern, 2000). Bu bağlamda, Theory of Planned Behavior (TPB), Norm Activation Model (NAM) ve Value-Belief-Norm (VBN) yaklaşımlarının entegrasyonu; bireyin çevreye yönelik değerlerinden başlayarak (VBN), ahlaki sorumluluk duygusuna (NAM) ve davranışsal niyete (TPB) uzanan çok katmanlı bir açıklama sunmaktadır.

Bu güncel literatür ışığında, e-atık yönetiminde tüketici davranışlarının analizinde rasyonel, normatif ve değer temelli yaklaşımlar birlikte ele alınmalıdır. Böylelikle tüketici davranışı yalnızca fayda-maliyet dengesine değil, ahlaki yükümlülük, sosyal baskı, değer yönelimi ve altyapısal kolaylık bileşenlerinin ortak etkisine dayalı olarak açıklanabilir. Bu tez, e-atık geri dönüşüm davranışını bu çok boyutlu çerçeve üzerinden ele almakta; davranışsal psikolojinin mikro düzeydeki açıklayıcı gücünü, makro düzeydeki yapısal faktörlerle birleştirerek sürdürülebilir e-atık yönetimi politikaları için bütüncül bir analiz önermektedir.

Bu teorik zemin, e-atık yönetimi bağlamında bireysel davranışın hem bilişsel (TPB), hem ahlaki (NAM) hem de değer temelli (VBN) belirleyicilerini bütünleştiren yaklaşımların gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu noktada, bir sonraki bölümde bu üç kuramsal yapının nasıl kesiştiği, birbirini nasıl tamamladığı ve bu tez kapsamında geliştirilen modelin teorik omurgasını nasıl oluşturduğu ayrıntılı biçimde incelenecektir.

2.5.2. Norm Aktivasyon Modeli ve Planlı Davranış Teorisi Kapsamında E-Atık Yönetimi

Norm Aktivasyon Modeli (NAM) ve Planlı Davranış Teorisi (TPB), çevreye yönelik gönüllü davranışların altında yatan psikososyal mekanizmaları açıklamada en sık kullanılan iki modeldir. Bu modeller, e-atıkların sürdürülebilir biçimde yönetilmesinde bireysel farkındalık, normatif baskılar ve algılanan kontrol düzeylerinin nasıl etkileşim içinde olduğunu kavramsal olarak açıklar (Ajzen, 2020; Stern, 2000; White vd., 2019).

2.5.2.1. Norm Aktivasyon Modeli (NAM)

NAM, bireylerin ahlaki normlarını ve kişisel sorumluluk duygularını davranışın temel belirleyicileri olarak görür (Schwartz, 1977). Birey, çevre üzerindeki etkisinin farkına vardığında (sonuç farkındalığı) ve bu etkiden kendini sorumlu hissettiğinde (sorumluluk atfı) kişisel norm etkinleşir. E-atık bağlamında bu süreç, bireyin elektronik atıkların çevreye verdiği zararın bilincine varması ve bu zararı önleme yönünde kişisel sorumluluk üstlenmesiyle başlar.

Son yıllarda yapılan çalışmalar, NAM'in e-atık davranışlarını açıklamadaki gücünü doğrulamaktadır. Örneğin, Vijayan vd. (2023), kişisel normların çevreye duyarlı eylemler üzerinde tutumdan daha güçlü bir belirleyici olduğunu göstermiştir. Michael vd. (2024) ise NAM'in farkındalık ve sorumluluk atfı bileşenlerinin yalnızca doğrudan değil, algılanan kolaylık ve altyapı erişimi aracılığıyla dolaylı etkiler yarattığını ortaya koymuştur. Bu bulgular, NAM'in artık yalnızca ahlaki değil, davranışsal niyetin oluşumuna altyapısal bir katkı sunduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, farkındalık ve sorumluluk atfı, geri dönüşüm davranışını tetikleyen normatif bir mekanizma işlevi görür. Bu yönüyle NAM, çevresel farkındalık kampanyalarının ve eğitim programlarının davranış üzerindeki dolaylı etkisini açıklamada kullanışlı bir çerçeve sunar.

2.5.2.2. Planlı Davranış Teorisi (TPB)

TPB, bireyin davranışının en yakın belirleyicisi olarak davranış niyetini merkeze alır. Niyet; bireyin davranışa ilişkin tutumları, sosyal çevresinin beklentilerini temsil eden öznel normlar ve davranışı gerçekleştirme konusundaki yeterlik algısını ifade eden algılanan davranışsal kontrol (ADK) tarafından şekillenir (Ajzen, 1991).

E-atık yönetimi bağlamında bireylerin geri dönüşüm yapma niyetleri, çevreye duyarlı tutumlarının gücü, yakın çevrelerinin desteği ve geri dönüşüm altyapısına erişim kolaylığına dair algıları tarafından belirlenir. Ajzen'in (2020) modelin güncel versiyonuna ilişkin açıklamaları, niyetin yalnızca bilişsel faktörlerden değil, bağlamsal kısıtlardan (örneğin altyapı, zaman, maliyet) da etkilendiğini göstermektedir. Bu nedenle, çalışmada geri dönüşüm davranışının oluşumunda altyapı ve erişim koşulları ayrıca değerlendirilmiştir.

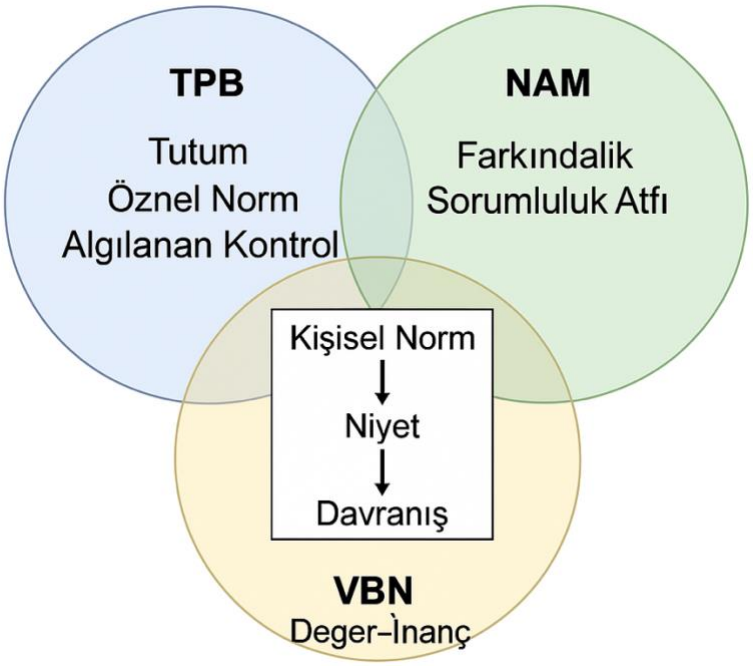
Yeni çalışmalar, TPB'nin çevresel davranışlardaki açıklayıcı gücünü artırmak için modele ekolojik kaygı, çevreye yönelik bilgi ve davranışsal alışkanlık değişkenlerinin dahil edilmesi gerektiğini önermektedir (Zhang vd., 2025; Islam vd., 2025). Özellikle e-atık yönetiminde, TPB'nin genişletilmiş versiyonları ("Extended TPB") bireylerin yalnızca niyet düzeyinde değil, eylem aşamasında da hangi koşullarda davranışa geçtiğini ortaya koymaktadır.

2.5.2.3. NAM–TPB–VBN Entegrasyonu

Bu tezde TPB, NAM ve VBN modelleri birlikte ele alınmış ve e-atık geri dönüşüm davranışının çok katmanlı yapısını açıklamak amacıyla entegre edilmiştir. Entegrasyon, rasyonel belirleyiciler (tutum, öznel norm, ADK) ile ahlaki ve değer temelli belirleyicilerin (farkındalık, sorumluluk atfı, kişisel norm, değer–inanç yapıları) tek bir sistematik akışta birleşmesiyle sağlanmıştır.

Stern'in (2000) "çevresel olarak anlamlı davranış"a ilişkin yeniden değerlendirmesi, kişisel normun davranışın en yakın normatif belirleyicisi olduğunu ortaya koymuştur. Stern ve Dietz (2022), bu zinciri güncelleyerek "değer–inanç–norm–davranış" dizisini, özellikle çevreye yönelik bilgi ve etik duyarlılık boyutlarıyla genişletmiştir. Bu doğrultuda, farkındalık ve sorumluluk atfının kişisel normu tetiklediği (NAM), kişisel normun ise davranış niyetine dolaylı etki ettiği (TPB) bir akış varsayılmıştır. Islam vd. (2025) tarafından yapılan analizlerde, bu yapının özellikle gelişmekte olan ülkelerde güçlü biçimde doğrulandığı rapor edilmiştir.

Şekil 1. TPB-NAM-VBN Teoriler Arası Akış Modeli



Kaynak: Yazar tarafından Ajzen (2020), Stern (2000) ve Schwartz (1977) temel alınarak oluşturulmuştur.

VBN yaklaşımı, değer ve inançların bu süreci üst düzeyde besleyerek kişisel normun oluşumuna zemin hazırladığını öne sürer. Bu teorik entegrasyonun görsel özeti Şekil 1'de sunulmuştur. Üç modelin ortak alanında kişisel norm bulunur; kişisel norm NAM'deki ahlaki aktivasyonun sonucu, TPB'deki niyetin normatif kaynağıdır. VBN modeli, değer ve inançlar aracılığıyla kişisel normu besleyen üst düzey bir yapı sunar. Kesişimdeki "Kişisel Norm → Niyet → Davranış" akışı, tezde test edilen bütünleşik varsayımı özetlemektedir.

Bu teorik entegrasyon yalnızca bireysel düzeydeki davranışsal süreçlerle sınırlı değildir. Çevresel davranışların yönlendirilmesinde kamu politikaları, bireylerin niyet ve norm yapılarını destekleyen makro düzeyli araçlar olarak işlev görmektedir. Bu doğrultuda, Davranışsal Kamu Politikası (Behavioral Public Policy) yaklaşımı, çevresel eylemleri sadece bilgi ve farkındalık yoluyla değil; aynı zamanda teşvik, çerçeveleme (framing) ve sosyal norm müdahaleleri aracılığıyla yönlendirmeyi amaçlar (Sunstein, 2023).

Bu yaklaşım, Planlı Davranış Teorisi'ndeki algılanan davranışsal kontrolü makro düzeyde güçlendirirken; Norm Aktivasyon Modeli'ndeki kişisel sorumluluk duygusunu destekleyen kamusal sinyaller üretir. Dolayısıyla kamu politikaları, bireysel niyetin toplumsal davranışa dönüşmesini kolaylaştıran kurumsal bağlamsal güç olarak kavramsallaştırılabilir. Bu bağlantı, ilerleyen bölümlerde geliştirilen ESEGEM modelinin kuramsal omurgasını oluşturarak bireysel davranışsal belirleyiciler ile kurumsal politika araçları arasındaki etkileşimi açıklar. Böylece, çevresel davranışların yalnızca bireysel düzeydeki psikososyal mekanizmalarla değil, aynı zamanda politika temelli yönlendirme araçlarıyla da şekillendiği bütünleşik bir çerçeve sunulmaktadır.

Bu bütünleşik bakış, pazarlama disiplininde giderek önem kazanan macromarketing yaklaşımıyla da örtüşmektedir. Macromarketing, bireysel tüketici davranışlarını toplumsal refah, sürdürülebilirlik ve kaynak döngüselliği gibi makro sistem hedefleriyle ilişkilendiren normatif bir anlayış geliştirir (Hunt, 2018; Mittelstaedt vd., 2014). Bu çerçeve, kamu politikalarının çevresel davranışlar üzerindeki dolaylı etkilerini toplumsal değer sistemleriyle bütünleştirirken, çevresel yönetişimi pazarlama etiğiyle buluşturmaktadır.

Bu yaklaşımdan hareketle geliştirilen ESEGEM modeli, bireysel niyet ve norm yapılarını kamu politikaları, teşvik sistemleri ve çevresel düzenlemelerle ilişkilendiren çok katmanlı bir teorik zemin sunmaktadır. Model, mikro düzeydeki bireysel motivasyonların, makro düzeydeki kurumsal ve politik yapıların dinamik etkileşimiyle nasıl biçimlendiğini açıklamayı amaçlamaktadır.

Tablo 1. Kuramsal Çerçeve Özeti: Modellerin Temel Kavramları, Referansları ve E-Atık Yönetimi Bağlantısı

Model / Yaklaşım	Temel Kavramlar	Ana Referanslar	E-Atık Yönetimi Bağlantısı	ESEGEM ile İlişki
Norm Aktivasyon Modeli (NAM)	Sonuç farkındalığı, sorumluluk atfı, kişisel norm, ahlaki yükümlülük	Schwartz (1977); Vijayan vd. (2023); Michael vd. (2024)	Bireyin çevresel etkisinin farkına varması ve sorumluluk hissetmesi geri dönüşüm davranışını tetikler.	Kişisel Norm → Niyet → Davranış akışının ahlaki temeli.
Planlı Davranış Teorisi (TPB)	Tutum, öznel norm, algılanan davranışsal kontrol (ADK), niyet	Ajzen (1991, 2020); Zhang vd. (2025); Islam vd. (2025)	Geri dönüşüm niyeti tutum, toplumsal baskı ve altyapı erişimiyle şekillenir.	Rasyonel karar ve öz yeterlik boyutunu açıklar; NAM ile birleşerek niyet oluşumuna gider.
Değer-İnanç-Norm Modeli (VBN)	Değerler (biyosferik, altruistik, egosantrik), inanç, kişisel norm	Stern (2000); Stern vd. (2022)	Değerler → İnanç → Norm → Davranış zinciriyle çevresel sorumluluk geliştirir.	Üst düzey değer sistemi olarak NAM ve TPB'yi besler.
Davranışsal Kamu Politikası (Behavioral Public Policy)	Teşvik (nudge), çerçeveleme (framing), sosyal norm müdahaleleri	Sunstein (2023)	Kamu politikaları bireylerin niyet ve sorumluluk duygularını destekleyici makro araçlardır.	Makro düzeyde normatif ve davranışsal destek sağlar; ESEGEM'in PT ve YUDES katmanlarını oluşturur.
Macromarketing Yaklaşımı	Toplumsal refah, sürdürülebilir tüketim, etik pazarlama	Hunt (2012, 2018); (Mittelstaedt vd., 2014)	Pazarlamanın toplum ve çevre yararını gözetmesi gerektiğini vurgular; çevresel tüketim kararlarını normatif temele oturtur.	Mikro (birey) ile makro (politika) arasında normatif köprü kurar; ESEGEM'in kuramsal omurgasını destekler.

Kaynak: Yazar tarafından Ajzen (2020), Stern (2000), Schwartz (1977), Sunstein (2023) ve Hunt (2018) temel alınarak derlenmiştir.

Tablo 1, çalışmanın kavramsal bütünlüğünü oluşturan teorik yaklaşımları bir arada sunmaktadır. Bu tablo, e-atık yönetiminde bireysel davranışsal süreçler ile kurumsal-politik düzenlemeler arasındaki etkileşimi açıklayan çok katmanlı teorik temeli

özetlemektedir. NAM bireysel farkındalık ve ahlaki sorumluluğu; TPB rasyonel niyet oluşumunu; VBN ise değer ve inanç temelli motivasyonları ortaya koymaktadır. Bu üç model birlikte, çevresel davranışın mikro düzeydeki psikososyal belirleyicilerini açıklamaktadır. Öte yandan, Davranışsal Kamu Politikası yaklaşımı, bu bireysel mekanizmaların makro düzeyde nasıl desteklendiğini — yani politika araçlarının (teşvik, çerçeveleme, sosyal norm müdahaleleri) bireysel niyet ve normları nasıl yönlendirdiğini — göstermektedir. Macromarketing ise bu yapıya disiplinlerarası bir normatif boyut kazandırarak çevresel davranışı toplumsal refah, sürdürülebilirlik ve etik pazarlama ilkeleriyle ilişkilendirmektedir. Bu bağlamda, makro düzeydeki etik pazarlama anlayışı, mikro düzeydeki bireysel çevre davranışlarının toplumsal refah hedefleriyle uyumlanmasına katkı sağlamaktadır. Bu kuramsal sentez, ESEGEM modelinin teorik altyapısını oluşturmaktadır. Model, NAM–TPB–VBN üçlüsünün mikro düzeyli psikolojik yapısını, kamu politikaları ve macromarketing ilkeleriyle bütünleştirerek e-atık yönetimini mikro-mezo-makro etkileşim çerçevesinde kavramsallaştırmaktadır.

2.6. Bireysel ve Yapısal Engeller: E-Atıkların Elden Çıkarılma Dinamikleri

E-atıkların elden çıkarılması sürecinde hem bireysel hem de yapısal engeller tüketici davranışlarını etkileyebilir. Bu engeller, tüketicilerin geri dönüşüm davranışlarını sınırlayarak, e-atık yönetimi süreçlerinin etkinliğini azaltır. Bu nedenle, bu engellerin anlaşılması ve üstesinden gelinmesi, sürdürülebilir e-atık yönetimi için kritik öneme sahiptir.

Bireysel engeller, tüketicilerin bilgi eksikliği, çevresel farkındalık düzeyi, tutumları ve alışkanlıkları gibi faktörleri içerir. Örneğin, birçok tüketici, e-atıkların nasıl ve nerede geri dönüştürüleceği konusunda yeterli bilgiye sahip değildir (Wang vd., 2016). Bu bilgi eksikliği, tüketicilerin e-atıklarını yanlış şekilde bertaraf etmesine veya geri dönüşüm sürecine katılmamasına neden olabilir. Ayrıca, tüketicilerin çevresel konulara ilgisiz olması veya geri dönüşümün zaman alıcı olduğunu düşünmesi, e-atıkların doğru şekilde elden çıkarılmasını engelleyebilir. Bu tür bireysel engeller, tüketicilerin çevresel tutumlarını ve davranışlarını olumsuz yönde etkileyebilir.

Yapısal engeller ise, geri dönüşüm altyapısının yetersizliği, geri dönüşüm noktalarına erişim zorluğu ve ekonomik teşviklerin eksikliği gibi faktörleri kapsar. Örneğin, bazı

bölgelerde geri dönüşüm kutularının bulunmaması veya geri dönüşüm süreçlerinin karmaşık olması, tüketicilerin e-atıklarını geri dönüştürme konusunda isteksiz olmasına neden olabilir (Zhang vd., 2019). Ayrıca, geri dönüşümün ekonomik faydalarının yeterince vurgulanmaması, tüketicilerin bu sürece katılımını azaltabilir. Bu tür yapısal engeller, tüketicilerin geri dönüşüm yapma niyetini ve motivasyonunu düşürebilir.

Bu engellerin aşılması için hem bireysel hem de yapısal düzeyde çözümler geliştirilmelidir. Örneğin, tüketicilerin e-atık geri dönüşümü konusunda bilinçlendirilmesi, çevresel farkındalık kampanyaları ve eğitim programları yoluyla sağlanabilir. Ayrıca, geri dönüşüm altyapısının iyileştirilmesi ve geri dönüşüm noktalarının daha erişilebilir hale getirilmesi, tüketicilerin bu sürece katılımını kolaylaştırabilir. Ekonomik teşviklerin sunulması ise, tüketicilerin geri dönüşüm davranışlarını olumlu yönde etkileyebilir. Yerel yönetimlerin ve özel sektörün iş birliği, bu çözümlerin uygulanmasını destekleyerek, e-atık yönetimi süreçlerinin daha etkin hale getirilmesine katkıda bulunabilir.

2.7. E-Atık Yönetimi Üzerine Bibliyometrik Analiz

Çalışmanın literatür kısmı, bibliyometrik analiz yöntemi kullanılarak oluşturulmuş ve sınırları belirlenmiştir. Araştırma kapsamında, çeşitli veri setleri kullanılarak kademeli olarak bibliyometrik analizler gerçekleştirilmiştir. Önceki analizlerin sonuçlarına dayanarak, analiz için yeni veri setleri oluşturulmuştur. Çalışmanın veri setleri, Web of Science veritabanından "Plain Text File" (Düz Metin Dosyası) formatında indirilen araştırmaların "Full Record and Citation References" (Tam Kayıt ve Atıf Referansları) bölümlerinden oluşmaktadır. Web of Science, birçok alandan yüksek kaliteli bilimsel makalelere sahip olduğu için çalışmanın veritabanı olarak seçilmiştir. Çalışmaya ilişkin genel bilgiler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Araştırmaya Genel Bakış

	I. Bibliyometrik Analiz	II. Bibliyometrik Analiz	III. Bibliyometrik Analiz
Veri Tabanı:	Web of Science	Web of Science	Web of Science
Yazılım:	RStudio	RStudio	RStudio
Paket/ Komut:	Bibliometrix-Biblioshiny	Bibliometrix-Biblioshiny	Bibliometrix-Biblioshiny
Anahtar Kelimeler (Konu):	"disposal behav*"	"disposal behavior*" and "consumer*"	"disposal behav*" and "consumer*" and "e-waste"
Veri Seti Büyüklüğü:	260 çalışma	128 çalışma	26 çalışma

Çalışma, üç aşamalı bir metodolojik yaklaşımla gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, Web of Science veritabanında "disposal behavior"* (elden çıkarma davranışı*) anahtar kelimesini içeren çalışmalar taranmış ve literatürde elden çıkarma davranışının hangi temel konular çerçevesinde ele alındığı incelenmiştir. Bu aşamada, elden çıkarma davranışına ilişkin genel eğilimler, araştırma alanları ve disiplinler arası yaklaşımlar belirlenmiştir. Bu tarama, konunun geniş bir perspektifte anlaşılmasını sağlamıştır.

İkinci aşamada, çalışmanın kapsamını daraltmak ve tüketici davranışı odaklı bir analiz gerçekleştirmek amacıyla, ilk aşamada tespit edilen en sık kullanılan anahtar kelimeler ve terimler üzerinden yeni bir anahtar kelime grubu oluşturulmuştur. Bu kapsamda, "disposal behavior"* (elden çıkarma davranışı*) ve "consumer"* (tüketici*) terimleri birleştirilerek yeni bir tarama yapılmıştır. Bu ikinci tarama sonucunda, elden çıkarma davranışının tüketici bağlamında ele alındığı popüler konular, en çok araştırılan temalar, öne çıkan yazarlar ve dergiler belirlenmiştir. Bu aşama, tüketici davranışlarının elden çıkarma süreçlerine etkisini anlamak için önemli bir çerçeve sunmuştur.

Üçüncü ve son aşamada, "e-waste" (e-atık) terimi, ikinci aşamada belirlenen anahtar kelime grubuna eklenerek yeni bir tarama yapılmıştır. Bu seçim, ikinci aşamanın bulgularına dayanarak gerçekleştirilmiş ve döngüsel ekonomi bağlamında elden çıkarma davranışının giderek daha fazla araştırılan bir konusu olan elektronik atık (e-atık) üzerine odaklanılmıştır. Bu aşamada, e-atık üzerine gerçekleştirilen 26 çalışma detaylı bir şekilde analiz edilmiş ve tartışılmıştır. Bu analiz, e-atık yönetimi ve tüketici davranışları arasındaki ilişkiyi anlamak için önemli bir temel oluşturmuştur.

2.7.1. I. Bibliyometrik Analiz Bulguları

İlk bibliyometrik analizde, yalnızca "disposal behav*" (elden çıkarma davranışı) anahtar kelimesi kullanılarak veri seti oluşturulmuş ve veri setini temizlemek için başka bir anahtar kelime veya filtreleme yapılmamıştır. Arama sonuçlarına paralel olarak, 260 çalışmadan oluşan ilk veri seti elde edilmiştir. İlk bibliyometrik analiz, R programı ve Biblioshiny komutu kullanılarak veri setine uygulanmıştır. Analizlerden daha anlamlı sonuçlar elde etmek amacıyla, "Remove" (Kaldır) ve "Change" (Değiştir) dosyaları txt formatında hazırlanmıştır. Veri setini düzenlemede kullanılan bu dosyalar arasında, "survey" (anket), "pls-sem" (pls-sem) vb. gibi analiz yöntemleri ve araçları "Remove" dosyasına eklenirken, aynı anlama gelen "behavior" (davranış) ="behaviour" (davranış) gibi kavramlar "Change" dosyasına dahil edilmiştir.

Şekil 2. İlk Kelime Bulutu



Şekil 2, "disposal behavior" (elden çıkarma davranışı) ve "consumer behavior" (tüketici davranışı) kavramlarının veri setinde en sık geçen kavramlar olduğunu göstermektedir; bu da ilk bibliyometrik çalışmanın sonuçlarıyla uyumludur. İlk veri

setinden elde edilen bu en sık geçen terimler, ikinci bibliyometrik analiz araştırmasını yapmak amacıyla ikinci veri setini oluştururken arama terimi olarak kullanılmıştır.

2.7.2. II. Bibliyometrik Analiz Bulguları

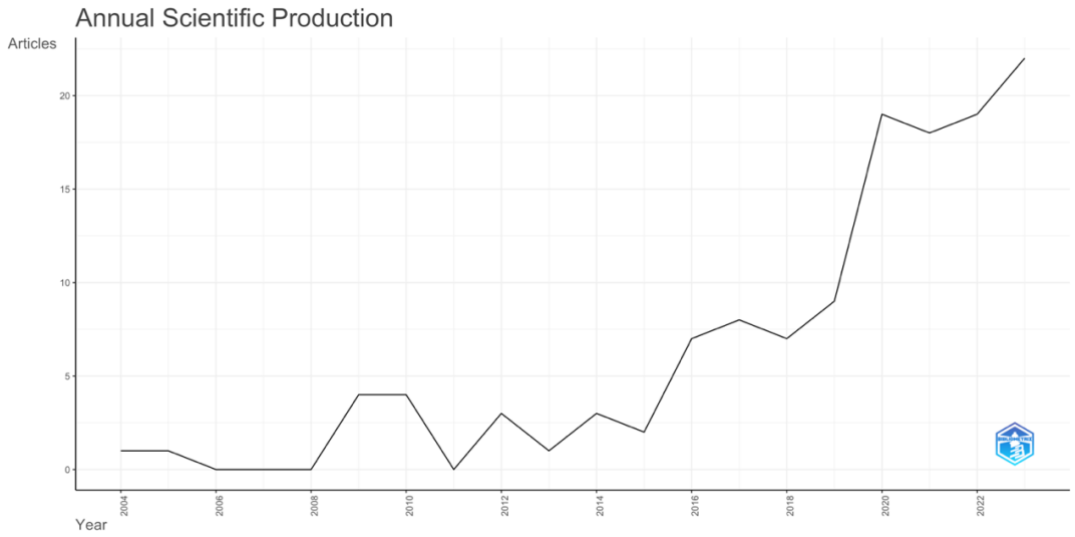
İlk araştırmanın sonuçlarına dayanarak, "disposal behavior*" (elden çıkarma davranışı) ve "consumer*" (tüketici) ile ilgili anahtar kelimelerle Web of Science veritabanından 128 makale elde edilmiştir ve ikinci sistematik literatür analizinin bir parçası olarak R yazılımı kullanılarak incelenmiştir.

Şekil 3. İkinci Kelime Bulutu



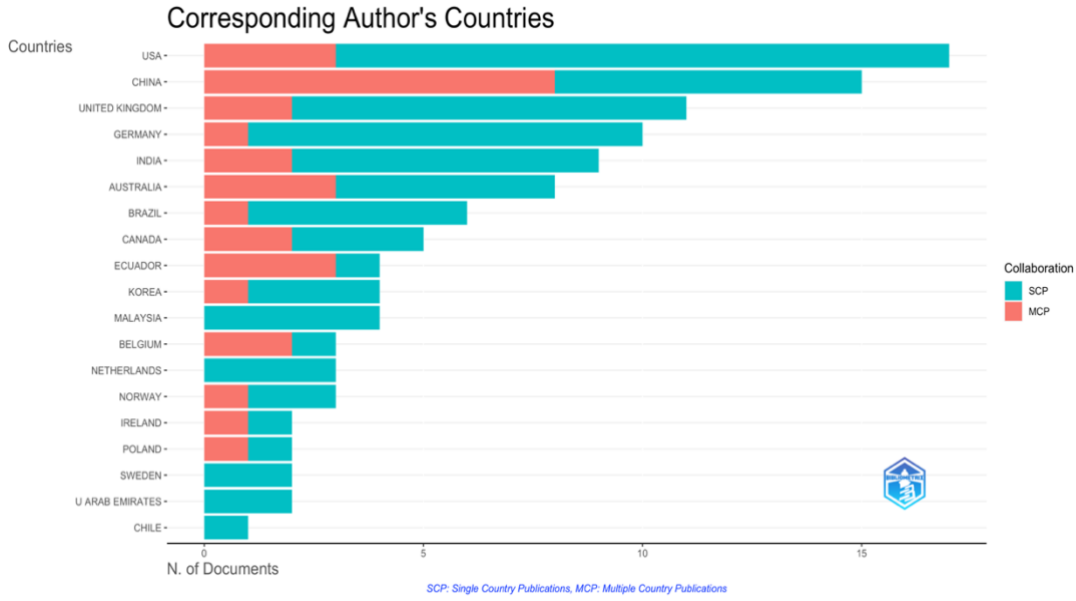
İkinci bibliyometrik analiz sonuçlarıyla tutarlı olarak, Şekil 3, "e-waste" (elektronik atık), "consumer behavior" (tüketici davranışı), "circular economy" (döngüsel ekonomi) ve "disposal behavior" (elden çıkarma davranışı) kavramlarının veri setinde en sık karşılaşılan kavramlar olduğunu göstermektedir.

Şekil 4. Yıllık Bilimsel Üretim (Bibliyometrik Analiz – II)



Şekil 4, bu konu üzerine özellikle 2020 yılında çok sayıda araştırma yapıldığını göstermektedir. Grafik, 2020 sonrasında bir artış eğilimi olduğunu göstermektedir. Genel olarak, grafik, son yıllarda tüketiciler bağlamında elden çıkarma davranışı üzerine yapılan araştırmalarda bir artış olduğunu göstermektedir.

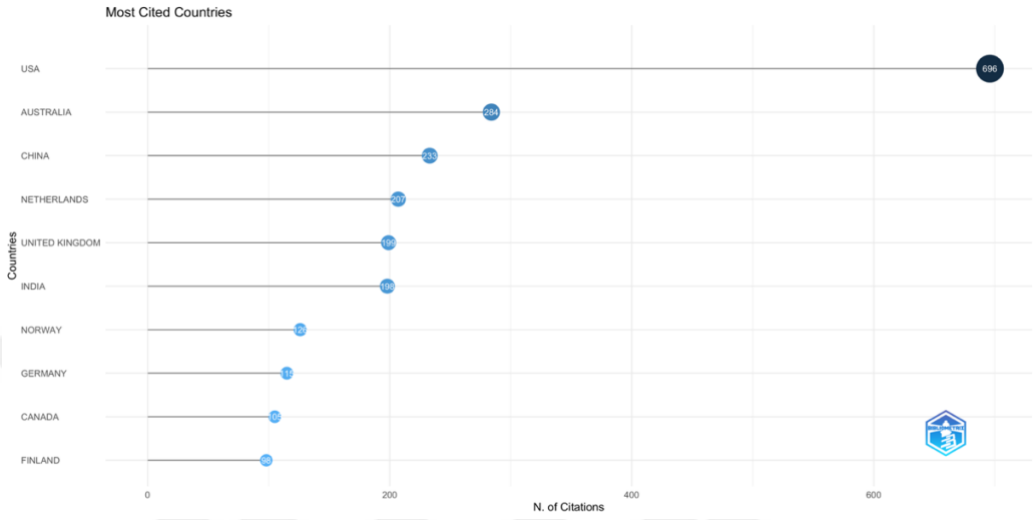
Şekil 5. En İlgili Ülkeler



Şekil 5, veri setine dahil edilen çalışmaların yazarlarının bağlı olduğu ülkeleri incelemekte ve göstermektedir. Görüldüğü üzere, Amerika Birleşik Devletleri, toplamda en fazla yayına sahip olan ülkedir. Çin, Birleşik Krallık, Almanya ve ABD,

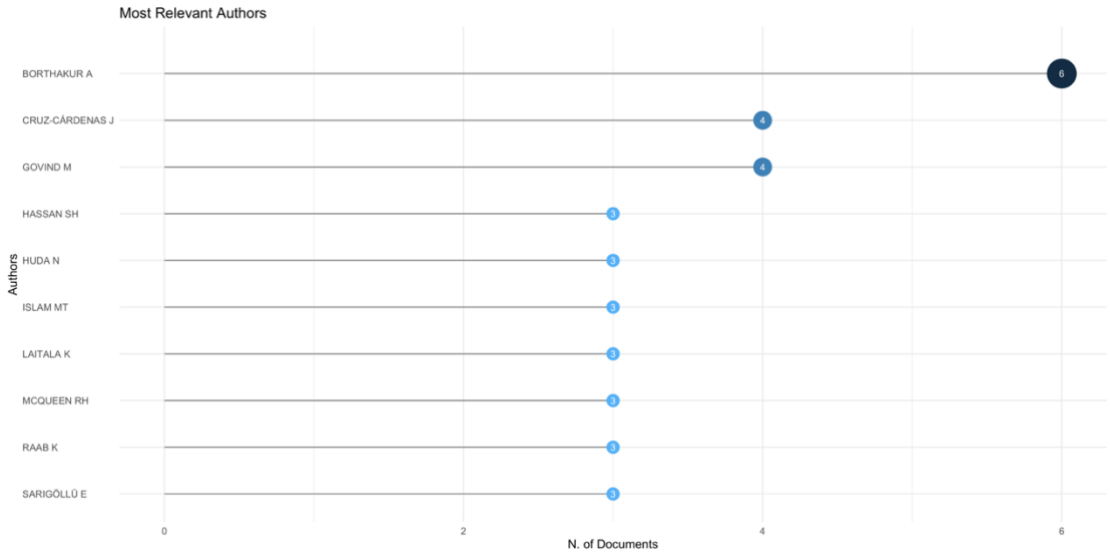
sırasıyla onu takip etmektedir. Tabloyun yeşil bölümleri, her yayının tek bir ülkede üretildiğini gösterirken, turuncu bölümler, birden fazla ülkeden gelen yayın sayısını göstermektedir.

Şekil 6. En Çok Atıf Yapılan Ülkeler



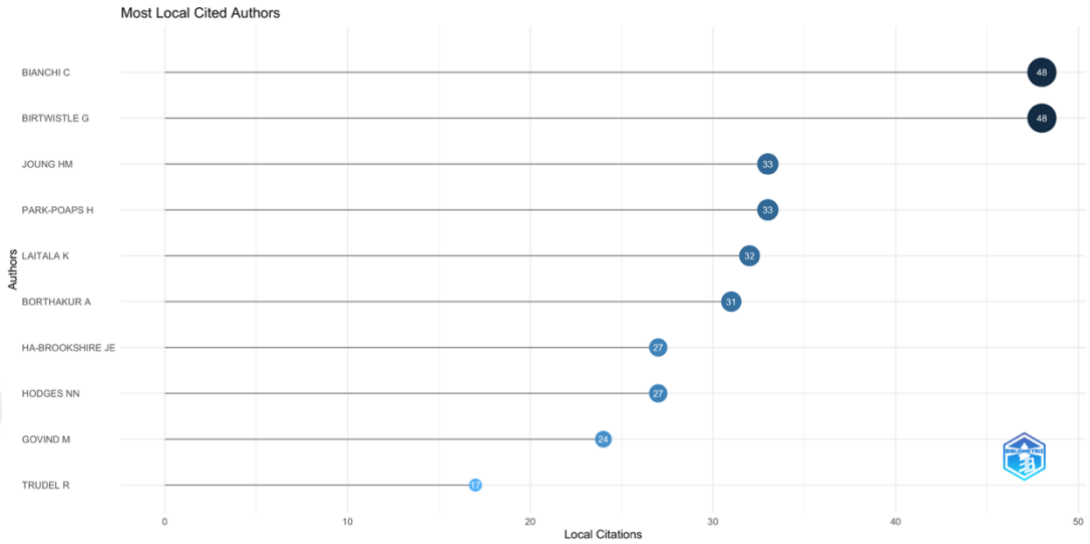
Şekil 6, tüketicilerin elden çıkarma davranışları üzerine yapılan en sık atıf yapılan araştırmaların yazarlarının sırasıyla Amerika Birleşik Devletleri, Avustralya, Çin, Hollanda ve Birleşik Krallık'tan olduğunu göstermektedir.

Şekil 7. En İlgili Yazarlar



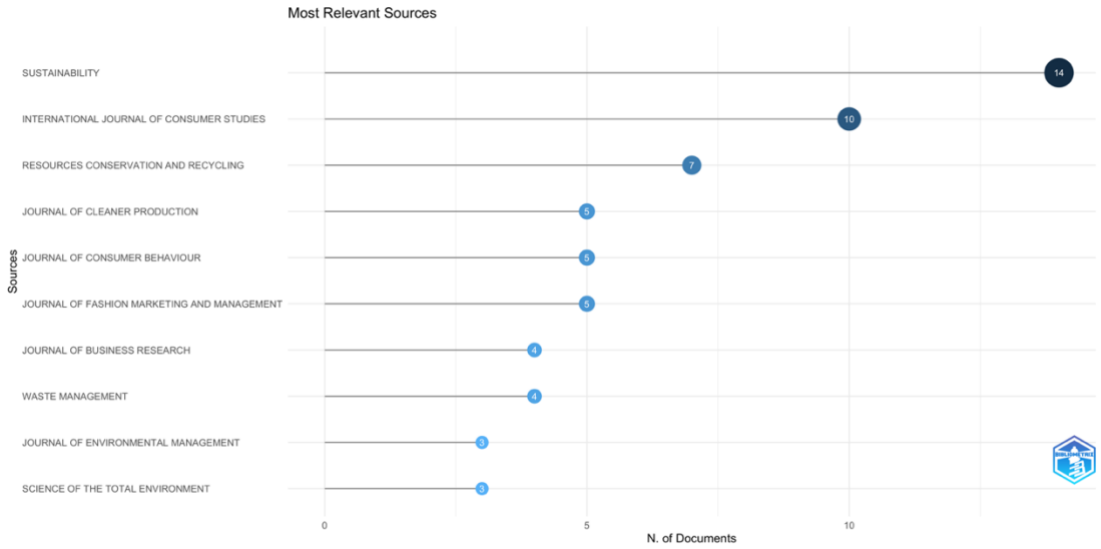
Şekil 7, veri setinde en fazla çalışması bulunan yazarın Borthakur A. olduğunu ve ardından Cruz-Cardenas J. ve Govind M.'nin her birinin dört çalışması olduğunu göstermektedir.

Şekil 8. En Çok Atıf Alan Yazarlar



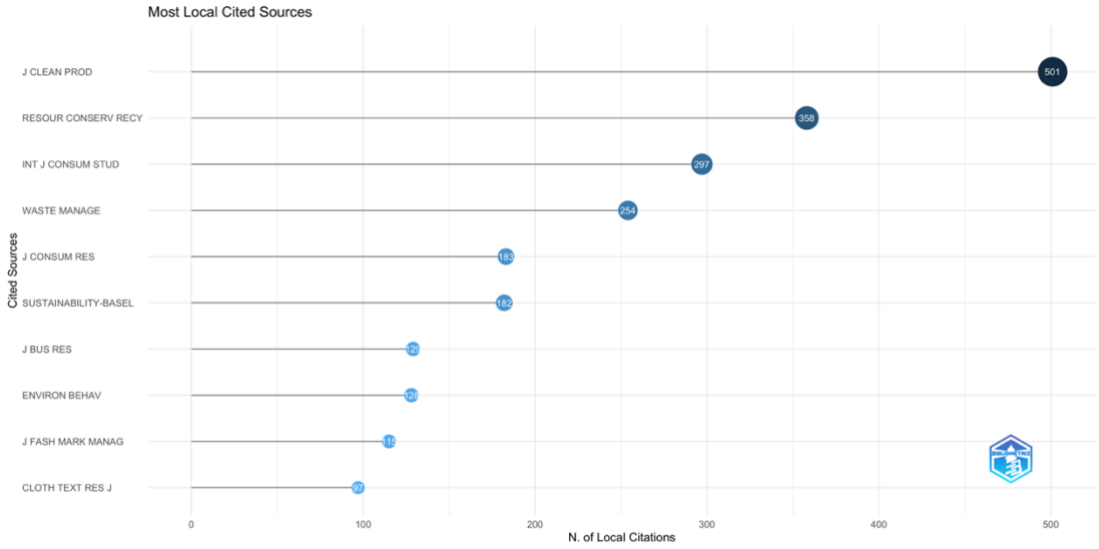
Yazarlar, yerel atıflarına göre sıralanmıştır ve Şekil 8'de yer alan verilere göre, Bianchi C. ilk sırada yer almakta, ardından Birtwistle G. ve son olarak Joung H.M. gelmektedir.

Şekil 9. En İlgili Kaynaklar



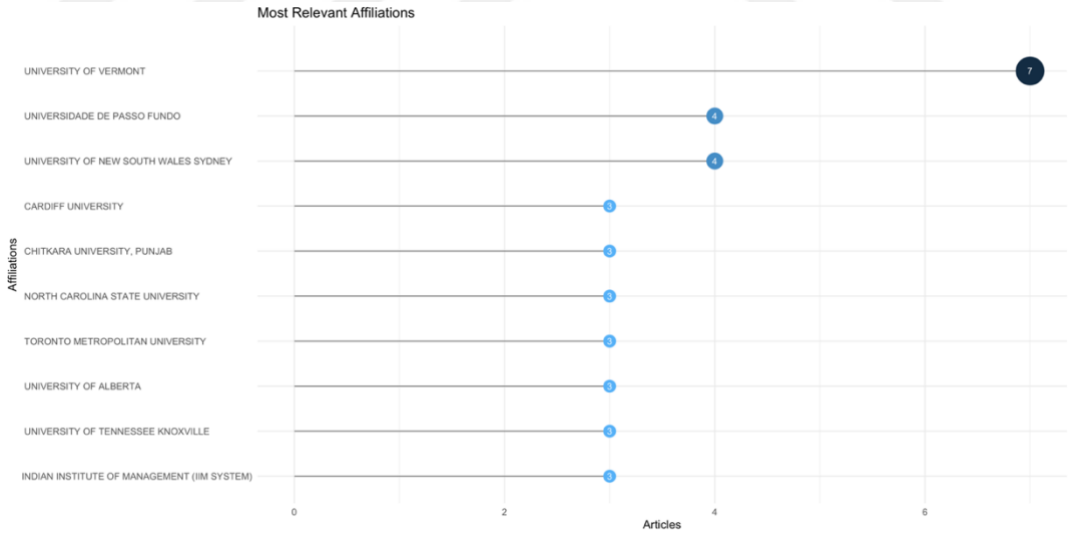
Şekil 9, veri setindeki araştırmaların çoğunun yayınlandığı dergilerin sıralamasını göstermektedir. Veri setinde yer alan 14 araştırma, "Sustainability" dergisinde yayımlandığı görülmektedir. "Sustainability" dergisini yedi çalışma ile "Resources Conservation and Recycling" dergisi ve on çalışma ile "International Journal of Consumer Studies" dergisi takip etmektedir.

Şekil 10. En Çok Yerel Atıf Alan Kaynaklar



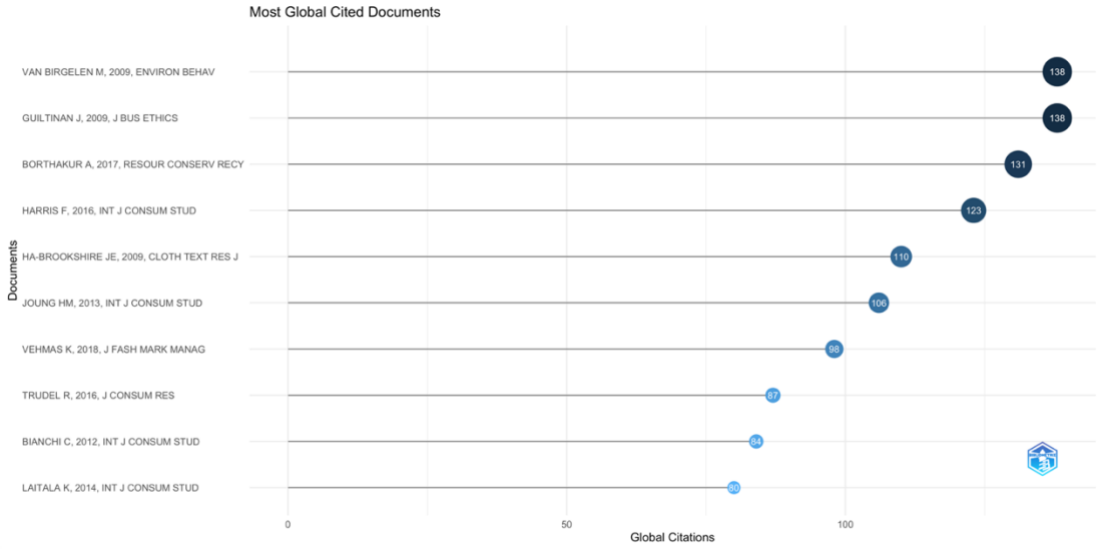
Şekil 10, veri setindeki kaynakların yerel atıf miktarına göre sıralandığı dergileri göstermektedir. "Journal of Cleaner Production" dergisi, 501 atıf ile ilk sırada yer almaktadır. "Resources Conservation and Recycling" dergisi ikinci sırada, 358 atıf ile yer almakta, "International Journal of Consumer Studies" dergisi ise üçüncü sıradadır.

Şekil 11. En İlgili Kurumlar



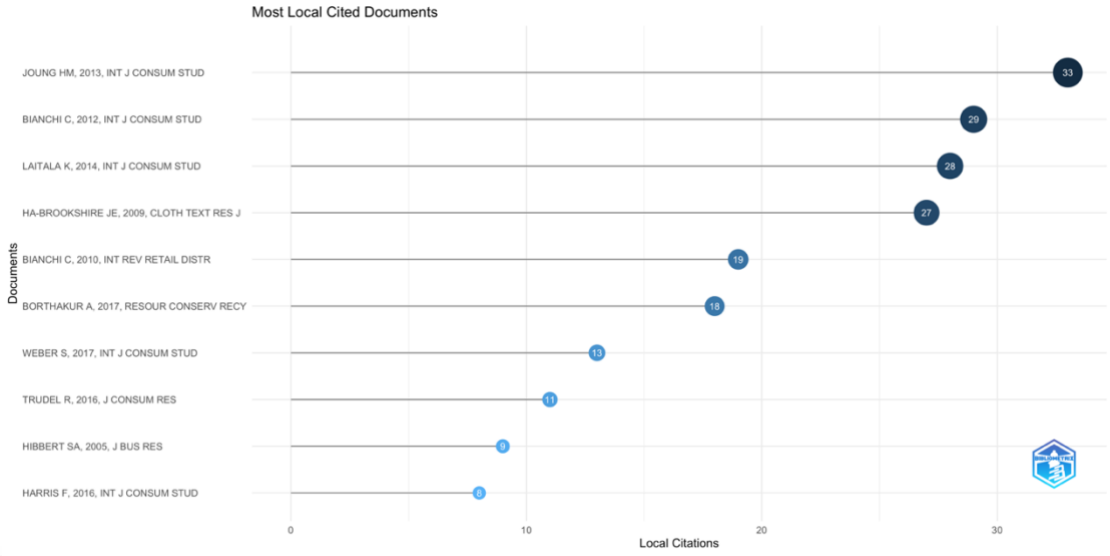
Şekil 11, veri setindeki araştırmaların yapıldığı kurumları göstermektedir. "University of Vermont" yedi çalışmayla ilk sırada yer almakta, "Universidade de Passo Fundo" ve "University of New South Wales Sydney" sırasıyla dördüncü sırada, her biri dört çalışmaya sahip olarak yer alıyor.

Şekil 12. En Çok Küresel Atıf Alan Belgeler



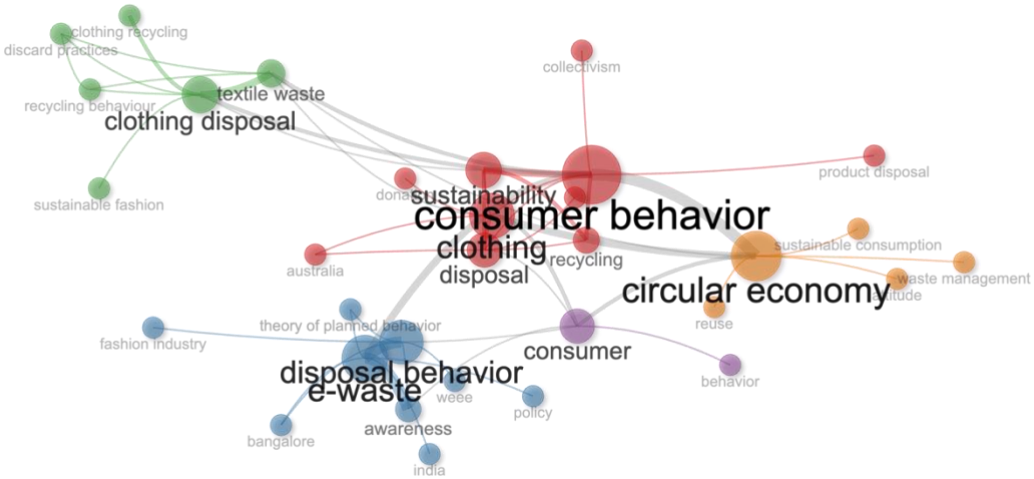
Şekil 12, veri setindeki en sık atıf yapılan makaleleri göstermektedir. Van Birgelen (2009) tarafından "Packaging and Pro-environmental Consumption Behavior: Investigating Purchase and Disposal Decisions for Beverages" başlıklı makale, 138 küresel atıf ile ilk sıradadır. Bu çalışma, içecek tüketimi bağlamında, tüketici davranışı ve çevresel faktörlerin nasıl etkileşimde bulunduğunu incelemektedir. Satın alma kararları ve kullanım sonrası atıkların nasıl bertaraf edileceği üzerine odaklanmaktadır. Guiltinan'ın (2009) "Creative Destruction and Destructive Creations: Environmental Ethics and Planned Obsolescence" başlıklı makalesi, aynı şekilde 138 atıfla birinci sıradadır. Bu makale, planlı eskime konusunun yeniden gündemde olduğunu tartışmakta ve yaratıcı hükümet politikaları, çevre dostu ürün tasarımları ve pazarlama stratejilerinin bu sorunu hafifletebileceğini, ancak tüketici değişim ve atık davranışı verisi eksikliği nedeniyle etkinliklerinin şüpheli olduğunu belirtmektedir.

Şekil 13. En Çok Yerel Atıf Alan Belgeler



Şekil 13, veri setindeki yerel atıf sayısına göre en çok atıf yapılan yayınları göstermektedir. Joung (2013), 33 atıf ile ilk sırada yer almakta; Bianchi (2012) 29 atıf ile ikinci sırada, Laitala (2014) ise 28 atıf ile üçüncü sıradadır. İlk üç çalışma, "International Journal of Consumer Studies" dergisinde yayımlanmış ve bu çalışmalar, giysi atıklarının bertarafına odaklanmıştır.

Şekil 14. Eşleşme Ağı



Şekil 14'teki anahtar kelimelerin eşleşme ağı analizi, terimlerin beş farklı gruba dağıldığını göstermektedir. Bu ağ, araştırma projelerinde yaygın olarak birlikte kullanılan terimlerin dağılımını ortaya koymaktadır.

Kırmızı küme, en fazla ağ bağlantısına sahip olup "consumer behavior" (tüketici davranışı) anahtar kelimesi etrafında merkezlenmiştir. Bu kümede "clothing" (giyim), "disposal" (elden çıkarma), "sustainability" (sürdürülebilirlik), "donation" (bağış) ve "recycling" (geri dönüşüm) kavramları tüketici davranışıyla bağlantılı olarak yer almaktadır.

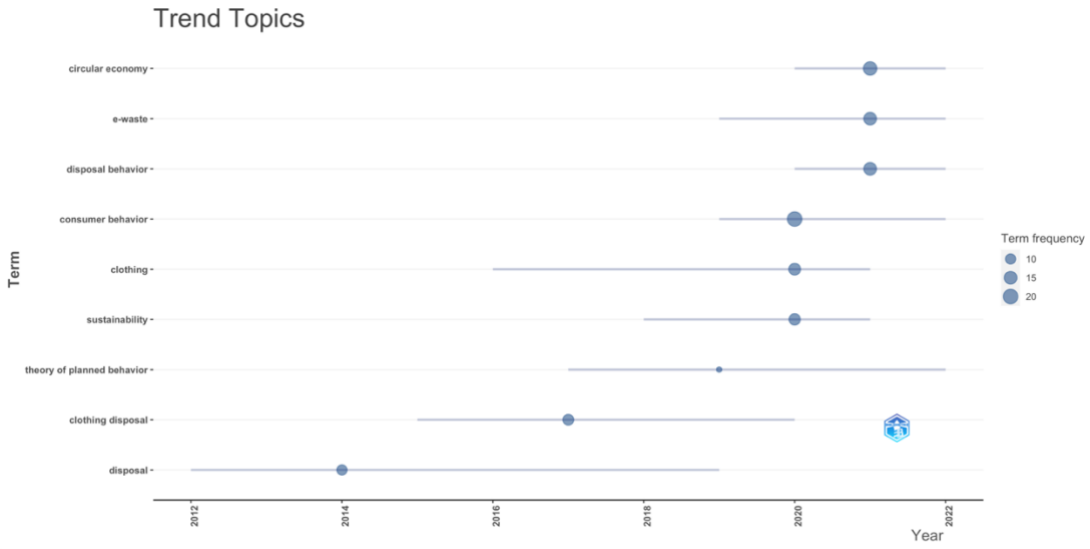
Mavi küme, "disposal behavior" (elden çıkarma davranışı) kavramı etrafında dağılmıştır. Kümede "e-waste" (elektronik atık), "weee" (atık elektrikli ve elektronik ekipmanlar), "awareness" (farkındalık) ve "theory of planned behavior" (planlı davranış teorisi) gibi kavramlar bulunmaktadır.

Sol üst köşede yer alan yeşil kümede, tüm kavramların "clothing disposal" (giyim elden çıkarma) etrafında toplandığı görülmektedir. Giysi atımı üzerine yapılan araştırmalar bu kümede yer almakta olup "textile waste" (tekstil atığı), "sustainable fashion" (sürdürülebilir moda), "recycling behavior" (geri dönüşüm davranışı) ve "discard practices" (atma uygulamaları) gibi konuları kapsamaktadır.

Sağ taraftaki turuncu küme, "circular economy" (döngüsel ekonomi) kavramını merkezine almıştır. Bu kümede "sustainable consumption" (sürdürülebilir tüketim), "waste management" (atık yönetimi), "attitude" (tutum) ve "reuse" (yeniden kullanım) kavramları döngüsel ekonomi ile bağlantılı olarak yer almaktadır.

Sağ alt köşedeki mor küme, merkezi olmayan yalnızca iki ilişkili kavram içermektedir. "Consumer" (tüketici) ve "behavior" (davranış) anahtar kelimeleri, diğer kavramlardan bağımsız olarak sıklıkla birlikte çalışılan kavramlar arasında yer almaktadır.

Şekil 15. Trend Konular



Araştırma bulgularına göre (Şekil 15), "e-waste" (elektronik atık) terimi, son yıllarda literatürde önemi artan bir konu olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, literatürdeki diğer çalışmalar (Islam vd., 2021; Echegaray ve Hansstein, 2017) da bu konu üzerine daha fazla araştırma yapılmasının gerekliliğine işaret etmektedir. Bu bilgilerin ışığında, "e-waste" (elektronik atık) anahtar kelimesini içeren üçüncü bir makale araması yapılmış ve literatürdeki bu konuya dair çalışmalar daha ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

2.7.3. III. Bibliyometrik Analiz Bulguları

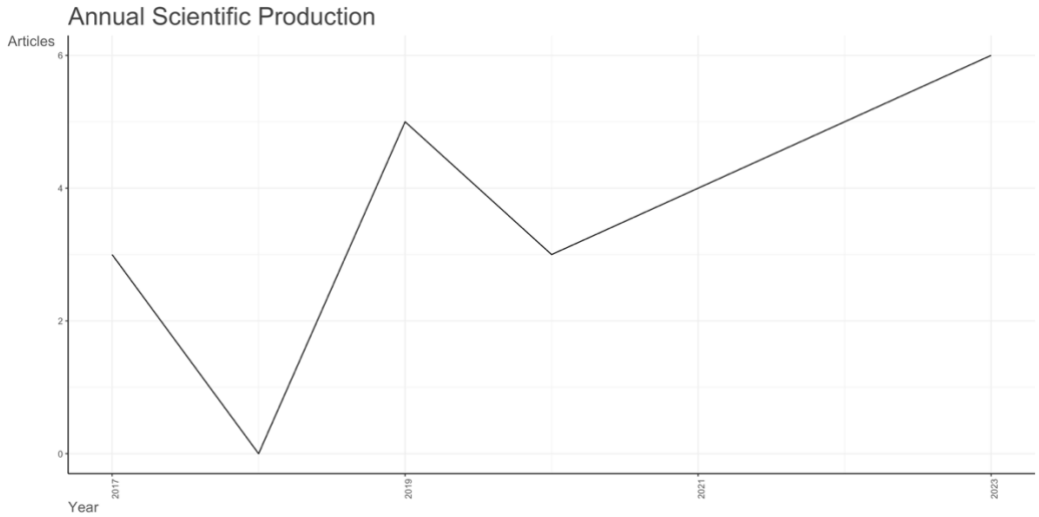
İkinci bibliyometrik analiz sonrası, ("disposal behav*" (elden çıkarma davranışı), "consumer*" (tüketici) ve "e-waste" (elektronik atık)) terimleri tespit edilmiştir ve bu terimler üçüncü bibliyometrik analiz için kullanılmıştır. Üçüncü analizde, Web of Science veritabanında 26 makale erişilmiştir. Çalışmanın üçüncü veri setinin analiz bulgularına göre, literatürde arama terimleri dışında en sık karşılaşılan kelimeler "awareness" (farkındalık), "theory of planned behavior" (planlı davranış teorisi) ve "circular economy" (döngüsel ekonomi) olarak belirlenmiştir (Şekil 16).

Şekil 16. Üçüncü Kelime Bulutu



Şekil 17, araştırmanın üçüncü veri setindeki makalelerin yıllara göre dağılımını gösteren grafik sunmaktadır. Sunulan görsele dayalı olarak, grafik, 2020 sonrasında yükselen bir eğilim sergilemekte ve 2023'te en yüksek sayıda makale yayımlandığını göstermektedir.

Şekil 17. Yıllık Bilimsel Üretim (Bibliyometrik Analiz – III)



2.7.4. E-Atık Yönetimi: Literatürde Tematik Yaklaşımlar

Üçüncü bibliyometrik analizde kullanılan makalelere ilişkin veri seti .xls formatında indirilerek veri seti içindeki 26 çalışma derinlemesine incelenmiştir. İncelemeye ilişkin özet bilgilere Tablo 3'de yer verilmiştir. Çalışmanın, e-atık yönetimi, tüketici davranışları ve döngüsel ekonomi bağlamında gerçekleştirilen güncel akademik araştırmalar incelenmiştir. Tablo 3'de sunulan veriler, farklı ülkelerdeki e-atık yönetimi politikalarını, tüketici farkındalığını ve geri dönüşüm teşviklerini anlamamıza yardımcı olmaktadır. Ayrıca, e-atık yönetimi konusunda uygulanan teorik yaklaşımlar ve metodolojiler değerlendirilerek, bu alandaki araştırmaların yönelimleri ortaya konulmuştur. Aşağıda detaylandırılan çalışmalar, e-atık yönetiminin bölgesel farklılıklarını ve etkili politika geliştirme süreçlerini anlamada önemli bulgular sunmaktadır.

Tablo 3. Veri Seti Özeti

NO	YAZARLAR	ÜLKE	FON	ÖZET
1	Borthakur & Govind (2017a)	Hindistan	+	E-atık Sürdürülebilir e-atık yönetimi Tüketicilerin elden çıkarma davranışı Farkındalık Küresel deneyimler
2	Borthakur & Govind (2017b)	Hindistan	+	Hindistan'daki E-atık Yönetimi Zorlukları E-atık ikilemi: Tehlikeli bileşenler ve değerli malzemeler Bangalore'da e-atık elden çıkarma uygulamalarının değerlendirilmesi 2016 E-atık (Yönetim) Kuralları kapsamında büyük tüketicilerin uyum yaklaşımları Sorumlu e-atık elden çıkarma davranışının önemi ve sektörler arası şeffaf sistem ihtiyacı
3	Nduneseokwu vd. (2017)	İtalya	+	Nijerya'da Elektronik Atık (E-atık) Yönetimi Zorlukları Elektronik atık (e-atık) geri dönüşüm niyetlerini incelemek için Planlı Davranış Teorisi (TPB) uygulaması Etkileyen faktörleri inceleyen teorik çerçeve Altyapı ve ekonomik teşvikler gibi değişken faktörlerin incelenmesi Devlet müdahalelerinin e-atık geri dönüşüm davranışlarını teşvik etmedeki rolü
4	Borthakur & Govind (2019)	Hindistan	+	Elektronik Atıkların (E-atık) Sürdürülebilir Yönetimi Hindistan'ın gelişen ekonomisi Elektronik ürün tüketimi Kentsel alanlarda e-atık elden çıkarma Bangalore vaka çalışması
5	Gilal vd. (2019)	Çin	+	E-atık Zehirli maddeler Tüketicilerin e-atıklarını elden çıkarmakta isteksiz olması Temel Psikolojik İhtiyaçlar Teorisi (BPNT) Ağızdan ağıza pazarlama (WOM)
6	Zhang vd. (2019)	Çin	+	Çin, Jiangsu Eyaletindeki Üniversitelerde Şehir Madenciliği Potansiyeli Kullanımda olan ve atıl duran kişisel elektronik cihazların karakterizasyonu Üniversite öğrencilerinin kişisel elektronik cihazlarını elden çıkarma davranışları Eskiyen, atıl duran ve geri dönüşüme giden cihazları etkileyen faktörler Üniversitelerde şehir madenciliğinin geliştirilmesi ve geri dönüşüm davranışlarını teşvik etme önerileri
7	Shevchenko vd. (2019)	Norveç	+	Tüketici Elektroniklerinin Geri Dönüşümünün Önemi Uygun olmayan elden çıkarma işlemlerinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri Tüketicilerin atıl durumdaki elektronik ve elektrikli ekipmanları (EoL EEE) toplama oranlarını artırmak için teşviklerin incelenmesi Elektronik Bonus Kart Sistemi (EBCS) önerisi Mevcut teşviklere kıyasla EBCS'nin avantajları ve paydaş işbirliğinin önemi
8	Nowakowski (2019)	Polonya	+	Ömrünü Tamamlamış Elektrikli ve Elektronik Ekipmanların (WEEE) Stoklanma Nedenleri WEEE elden çıkarma davranışlarını inceleyen model oluşturulması ve test edilmesi Polonya'da yapılan anketle WEEE kategorilerine göre davranış farklılıklarının belirlenmesi Eğitim, yaş, cinsiyet ve ikamet türünün elden çıkarma davranışları üzerindeki etkisi En çok stoklanan ürünlerin bilgisayar aksesuarları ve cep telefonları olması

NO	YAZARLAR	ÜLKE	FON	ÖZET
9	Islam vd. (2020)	Avusturalya	+	Avustralya'daki MobileMuster Programı ve Döngüsel Ekonomi Elektronik atık (e-atık) Atık cep telefonları (WMP) Döngüsel ekonomi Tüketici farkındalığı, tüketim ve elden çıkarma davranışları
10	Shaikh vd. (2020)	Avusturalya	-	Pakistan'daki Elektronik Atık Ekosistemine Genel Bakış E-atık oluşumu ve elden çıkarılmasının ekosistem çerçevesinde analizi Paydaş katılımı: E-atık işçileri, iş sahipleri ve tüketiciler İşlem avantajları ve zayıf yönlerinin belirlenmesi Pakistan'daki yerel e-atık üretimi üzerine yapılan anket bulguları Elden çıkarma kararlarını etkileyen tüketici tutumlarının incelenmesi
11	Mansuy vd. (2020)	Belçika	+	Döngüsel Ekonomiye Geçiş ve Birincil Hammaddelere Bağımlılığın Azaltılması Elektrikli ve Elektronik Ekipman (EEE) toplama hizmetlerine yönelik tüketici tercihleri Brüksel'deki tüketici tercihlerini değerlendirmek için Seçime Dayalı Birleşik Analiz (Choice-Based Conjoint) kullanımı EEE toplama hizmetlerine yönelik tüketici tercihlerinin fiyat odaklı yapısı Gelir, hane yapısı, mesleki statü ve depolama alanı gibi faktörlerin tüketici tercihleri üzerindeki etkisi
12	Attia vd. (2021)	BAE	-	Birleşik Arap Emirlikleri'nde Elektrikli ve Elektronik Atık (E-atık) Yönetimi E-atık oluşumu E-atık yönetimi ve geri dönüşüm uygulamaları Dubai vaka çalışması
13	Phulwani vd. (2021)	Hindistan	-	Kişisel İletişim Cihazları ve E-atık Elden Çıkarma Davranışları E-atık oluşumu Tüketicilerin elden çıkarma davranışları Planlı Davranış Teorisi (Theory of Planned Behavior) Çevresel olarak sorumlu elden çıkarma uygulamaları
14	Borthakur & Singh (2021)	Hindistan	+	Hindistan'daki Gelişmekte Olan Ekonomilerde Elektronik Atık Yönetimi Hindistan gibi gelişmekte olan ekonomilerin e-atık hacmine katkısı Elektronik ekipmanların "elektronik ürün" olmaktan "elektronik atık" haline gelme süreci Yeni Delhi'de gerçekleştirilen pilot çalışma Satın alma davranışları, e-atık farkındalığı ve cep telefonlarının elden çıkarılması arasındaki boşluk
15	Islam vd. (2021)	Avusturalya	+	Genç Tüketicilerin Elektrikli ve Elektronik Atık (WEEE) Algıları ve Elden Çıkarma Davranışları Eğitimli genç yetişkinler arasında e-atık tüketici davranışını anlamaya yönelik ilk girişim E-atık toplama noktaları ve geri dönüşüm programları hakkında bilgi eksikliği Uygun e-atık elden çıkarımı için farkındalık programlarının önemi Sürdürülebilir e-atık yönetimi stratejileri geliştirmek için politika yapıcılara yönelik öneriler
16	Gilal vd. (2022)	Çin	-	E-atık, Zehirli Kimyasallar ve İnsan Sağlığına Etkileri Tüketici davranışları Geri dönüşüm süreçleri

NO	YAZARLAR	ÜLKE	FON	ÖZET
17	Siddiqua vd. (2022)	BAE	+	Birleşik Arap Emirlikleri'nde Sürdürülebilir Kalkınma ve Döngüsel Ekonomi Elektronik cihaz satın alma ve elden çıkarma davranışları E-atık elden çıkarma farkındalığı
18	Borthakur & Singh (2022)	Hind.	+	Genç Yetişkinlerde Elektronik Atık Tüketimi ve Algıları Eskimiş elektronikler ve e-atık Elektronik ekipman tüketim alışkanlıkları E-atık farkındalığı, algıları ve elden çıkarma davranışları Kuramsal çerçeveler: Gösteriş tüketimi (conspicuous consumption) ve tek kullanımlık toplum (throwaway society) Planlı ve erken eskime
19	Laeequddin, vd. (2022)	Hind.	-	Tüketicilerin Güvenli Elden Çıkarma Niyeti ve Davranışları Cep telefonları örneği Gerekçeli Eylem Teorisi ve Planlı Davranış Teorisi Güvenli elden çıkarma niyet ve davranışlarını etkileyen faktörler: farkındalık, kolaylık, öznel normlar, üretici müdahaleleri ve düzenlemeler (PLS-SEM) analizi
20	Gautam & Jain (2022)	Hind.	-	Hindistan'da Elektronik Atık ve Çevresel Davranışlar Genç tüketicilerin çevreye duyarlı davranışları E-atık geri dönüşüm davranışlarını etkileyen faktörler Mülakat transkriptlerinin tematik analizi Elden çıkarma davranışını etkileyen gizli değerler ve kavramsal model
21	Wang vd. (2023)	Çin	+	Çin'de Elektronik Atık Elden Çıkarma Davranışları Tüketicilerin elden çıkarma davranışları Çin'deki e-atık yönetimi zorlukları Sosyoekonomik değişkenler Bölgesel farklılıklar
22	Singh vd. (2023)	Hind.	+	E-atık Yönetimi Üzerine Ulusal Çapta Yapılan Bir Anket Tüketici algıları Resmi ve gayri resmi elden çıkarma yöntemleri
23	Thukral vd. (2023)	Hind.	+	Elektrikli ve Elektronik Atık Yönetimi Üzerine Kapsamlı Bir İnceleme Tüketici farkındalığı, elden çıkarma davranışları ve algıları Literatür taraması yöntemi E-atık ayrıştırma davranışlarını etkileyen faktörler Farkındalık programları ve girişimlerin eksikliği
24	Azizi vd. (2023)	Malez.	+	Malezya, Putrajaya'da Elektronik Atık Yönetimi ve Malzeme Akış Analizi Evsel elektrikli ve elektronik atıkların (WEEE) elden çıkarma uygulamaları ve tercihleri Tüketici bilgi seviyesi, farkındalık ve geri dönüşüme katılma istekliliği üzerine bulgular Atık yönetimi politikalarının iyileştirilmesine yönelik öneriler
25	Shevchenko vd. (2023)	Norveç	+	Döngüsel Ekonomide Tüketici Katılımının Önemi Döngüsel ekonomi geçişinde tüketicinin üç rolü: ürün müşterisi, ürün kullanıcısı ve kullanım ömrü sonundaki ürün sahibi 15 döngüsel ürün kategorisinden oluşan sınıflandırma önerisi Tüketici katkı seviyelerini tanımlamak için beş seviyeli hiyerarşik piramit sunumu
26	Dehghan vd. (2023)	USA	-	EPR Çerçevesi ve Twitter Verileri Üzerine Bir Analiz Twitter'daki bölgesel e-atık tartışmalarının analizi Yaş grupları bazında yapılan inceleme ile gençlerin çevresel konulara ilgisinin belirlenmesi Eğitim ve farkındalık gibi sosyal faktörlerin tüketici katılımı üzerindeki etkisi Üreticilerin ekonomik faydalar ve altyapı geliştirme konularına odaklanması

2.7.4.1. E-Atık Yönetimi ve Politika Yaklaşımları

Son yıllarda artan elektronik atık üretimi, sadece çevresel tehditleri değil, aynı zamanda yasal, yönetsel ve toplumsal uyumsuzlukları da beraberinde getirmiştir. Bu bağlamda yapılan çalışmalar, özellikle e-atık yönetimi politikalarının etkinliği ve uygulanabilirliği konularında önemli tartışmalar sunmaktadır. Örneğin, Hindistan bağlamında yapılan çalışmalar (Borthakur & Govind, 2017a; 2017b; 2019), özellikle Bangalore örneğinde, e-atık elden çıkarma uygulamalarındaki yapısal sorunlara ve 2016 tarihli E-Atık (Yönetim) Kuralları çerçevesinde büyük tüketicilerin düzenlemelere uyum sağlama biçimlerine dikkat çekmektedir. Bu çalışmalar, Hindistan gibi gelişmekte olan ekonomilerde mevzuatın uygulama düzeyinde karşılaştığı zorluklara ışık tutmaktadır.

Benzer şekilde, Shaikh vd. (2020), Pakistan'daki e-atık yönetimi sistemini çok paydaşlı bir yapı içerisinde incelemiş ve sistemin zayıf yönlerine dikkat çekmiştir. Malezya bağlamında yürütülen bir diğer çalışma olan Azizi vd. (2023) ise, tüketici davranışlarını etkileyen unsurları analiz ederek, mevcut e-atık yönetimi politikalarının yetersizliklerini ortaya koymuş ve politika iyileştirme önerileri geliştirmiştir. Shevchenko vd. (2019) tarafından Norveç'te önerilen Elektronik Bonus Kart Sistemi (EBCS) ise, geri dönüşüm oranlarını artırmak adına teşvik edici ve yenilikçi bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Bu bağlamda, e-atık yönetimine ilişkin politika geliştirme süreçlerinin ülkesel farklılıklar, kaynak kapasiteleri ve kültürel dinamikler doğrultusunda şekillendiği görülmektedir.

2.7.4.2. Tüketici Davranışları ve Farkındalık

E-atık yönetiminde başarılı politikaların ve uygulamaların geliştirilmesi, yalnızca teknik altyapı ile değil, aynı zamanda bireysel düzeydeki tutum ve davranışların da kapsamlı biçimde anlaşılması ile mümkündür. Zhang vd. (2019), Çin'in Jiangsu eyaletindeki üniversite öğrencileriyle yaptığı çalışmada, kişisel elektronik cihazların elden çıkarılma biçimlerini ve şehir madenciliği potansiyelini ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Islam vd. (2021), Avustralya'daki genç yetişkinlerin e-atık farkındalığına dair bilgi düzeylerinin düşük olduğunu ve bu durumun sürdürülebilir elden çıkarma davranışlarını olumsuz etkilediğini tespit etmiştir.

Laeequddin vd. (2022) tarafından yürütülen bir diğer çalışmada, Planlı Davranış Teorisi (TPB) ve Gerekçeli Eylem Teorisi (TRA) çerçevesinde, tüketicilerin güvenli elden çıkarma davranışlarını etkileyen faktörler analiz edilmiştir. Bulgular, farkındalık düzeylerinin, öznel normların ve algılanan kolaylığın, tüketicilerin geri dönüşüm kararlarını doğrudan etkilediğini göstermektedir. Bu kapsamda, farkındalık düzeylerinin artırılması, bilgiye erişimin kolaylaştırılması ve güven temelli hizmetlerin sunulması, tüketici davranışlarını olumlu yönde değiştirebilecek stratejik önlemler olarak değerlendirilmektedir.

2.7.4.3. Döngüsel Ekonomi ve Geri Dönüşüm Teşvikleri

Literatürde döngüsel ekonomi, e-atık yönetiminin uzun vadeli sürdürülebilirliğini sağlayabilecek anahtar bir paradigma olarak tanımlanmaktadır. Islam vd. (2020) tarafından incelenen Avustralya'daki MobileMuster programı, atık cep telefonlarının geri kazanımına yönelik bir döngüsel ekonomi örneği sunmaktadır. Programın başarısı, tüketici farkındalığı ile stratejik kamu-özel sektör iş birliklerinin entegrasyonuna dayanmaktadır. Benzer şekilde, Mansuy vd. (2020), Belçika'da tüketicilerin EEE (Elektrikli ve Elektronik Ekipman) toplama hizmetlerine yönelik tercihlerinin ekonomik yönlerini incelemiş ve hizmetlerin fiyatlandırma stratejilerinin katılım düzeyleri üzerinde belirleyici olduğunu ortaya koymuştur.

Shevchenko vd. (2023) ise döngüsel ekonomi kapsamında tüketici rollerini üç aşamalı (ürün müşterisi, kullanıcı ve ürünün kullanım ömrü sonunda sahibi) ve beş seviyeli bir katılım modeli çerçevesinde sınıflandırmıştır. Bu yaklaşım, tüketicilerin e-atık yönetimine katkı düzeylerinin yapısal olarak modellenmesine olanak sağlamakta ve davranış değişikliklerinin hangi aşamada nasıl teşvik edilebileceğine dair önemli ipuçları sunmaktadır.

2.7.4.4. Bölgesel Farklılıklar ve Ülke Karşılaştırmaları

E-atık yönetimi pratiklerinin ve politika uygulamalarının ülkeler ve bölgeler arasında önemli ölçüde değişiklik gösterdiği çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur. Wang vd. (2023), Çin'de tüketici davranışlarını sosyoekonomik faktörler ve bölgesel farklılıklar temelinde analiz etmiş; özellikle gelir düzeyi, eğitim ve kentleşme oranlarının elden çıkarma davranışları üzerindeki etkilerine dikkat çekmiştir. Nowakowski (2019)

tarafından Polonya'da gerçekleştirilen çalışma ise, bireylerin yaş, cinsiyet ve konut türü gibi demografik değişkenlerine göre WEEE stoklama eğilimlerinin farklılaştığını ortaya koymuştur. Bu bulgular, e-atık yönetimi stratejilerinin yerel bağlamlara duyarlı şekilde yapılandırılması gerektiğini göstermektedir.

2.7.4.5. Teorik Çerçeveler ve Metodolojiler

E-atık yönetimi üzerine yapılan araştırmalarda, tüketici davranışlarının ve politika etkinliklerinin analizinde çeşitli teorik modeller ve metodolojik yaklaşımlar kullanılmaktadır. Nduneseokwu vd. (2017), Nijerya örneğinde Planlı Davranış Teorisi'ni (TPB) kullanarak geri dönüşüm niyetlerini açıklamaya çalışırken; Gilal vd. (2019), Temel Psikolojik İhtiyaçlar Teorisi'ni (BPNT) esas alarak, tüketicilerin e-atık elden çıkarma konusundaki isteksizliklerini analiz etmiştir. Öte yandan, Gautam ve Jain (2022), tematik analiz yöntemiyle Hindistan'daki genç tüketicilerin çevreye duyarlı davranışlarını anlamaya çalışmış ve bu davranışların ardında yatan değer sistemlerine odaklanmıştır. Bu çeşitlilik, e-atık yönetiminin çok boyutlu yapısını ve disiplinler arası yaklaşım gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır.

Yukarıda özetlenen literatür, e-atık yönetimi alanında son yıllarda gerçekleştirilen akademik çalışmaların tüketici davranışları, politika etkileri, döngüsel ekonomi uygulamaları ve farkındalık düzeyleri gibi çeşitli temalar etrafında yoğunlaştığını ortaya koymuştur. Bu çalışmalar, özellikle bireysel davranışların ve sosyoekonomik değişkenlerin e-atık elden çıkarma sürecindeki belirleyici rolünü vurgulamaktadır (örneğin, Laeequddin vd., 2022; Zhang vd., 2019; Wang vd., 2023). Bununla birlikte, tüketici motivasyonlarının, algılarının ve karar alma süreçlerinin daha derinlemesine anlaşılması, mevcut nicel verilerin ötesine geçen niteliksel bir yaklaşıma ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Bu noktada, e-atık yönetiminde tüketici davranışlarının ardındaki anlam dünyasına odaklanan bir analiz, literatürde tanımlanan yapısal ve davranışsal sorunlara daha bütüncül çözümler sunabilir. Bu nedenle, bu çalışmanın birinci bölümünde, e-atık elden çıkarma davranışlarının ardında yatan motivasyonları, tutumları ve bilişsel süreçleri anlamaya yönelik olarak tasarlanan nitel araştırma, bu literatürün sunduğu çerçeveyi derinleştirici ve tamamlayıcı bir işlev görmektedir.

3. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Bibliyometrik analiz ile e-atık yönetimi alanındaki kavramsal kümeler, öncü çalışmalar ve araştırma boşlukları belirlendikten sonra çalışmada, birbirini tamamlayan beş uygulamalı araştırma yürütülmüştür. Her çalışma, bir önceki aşamada elde edilen bulgulara dayalı olarak tasarlanmış ve sonraki aşama için kavramsal veya pratik girdi sağlamıştır.

3.1. Birinci Çalışma - Nitel Çalışma

Çalışmada tüketicilerin e-atık elden çıkarma davranışlarını anlamlandırma amaçlanmıştır. Bu amaç kapsamında tüketicilerin motivasyon kaynaklarını, algılarını, tutumlarını ve karar alma süreçlerini derinlemesine incelemek gerekmektedir. Bu kapsamlı incelemeyi gerçekleştirmek için çalışmada tüketicilerin sürdürülebilir elden çıkarma davranışlarını etkileyen temel faktörleri belirlemek için nitel bir araştırma tasarımı kullanılmıştır (Creswell, 2009).

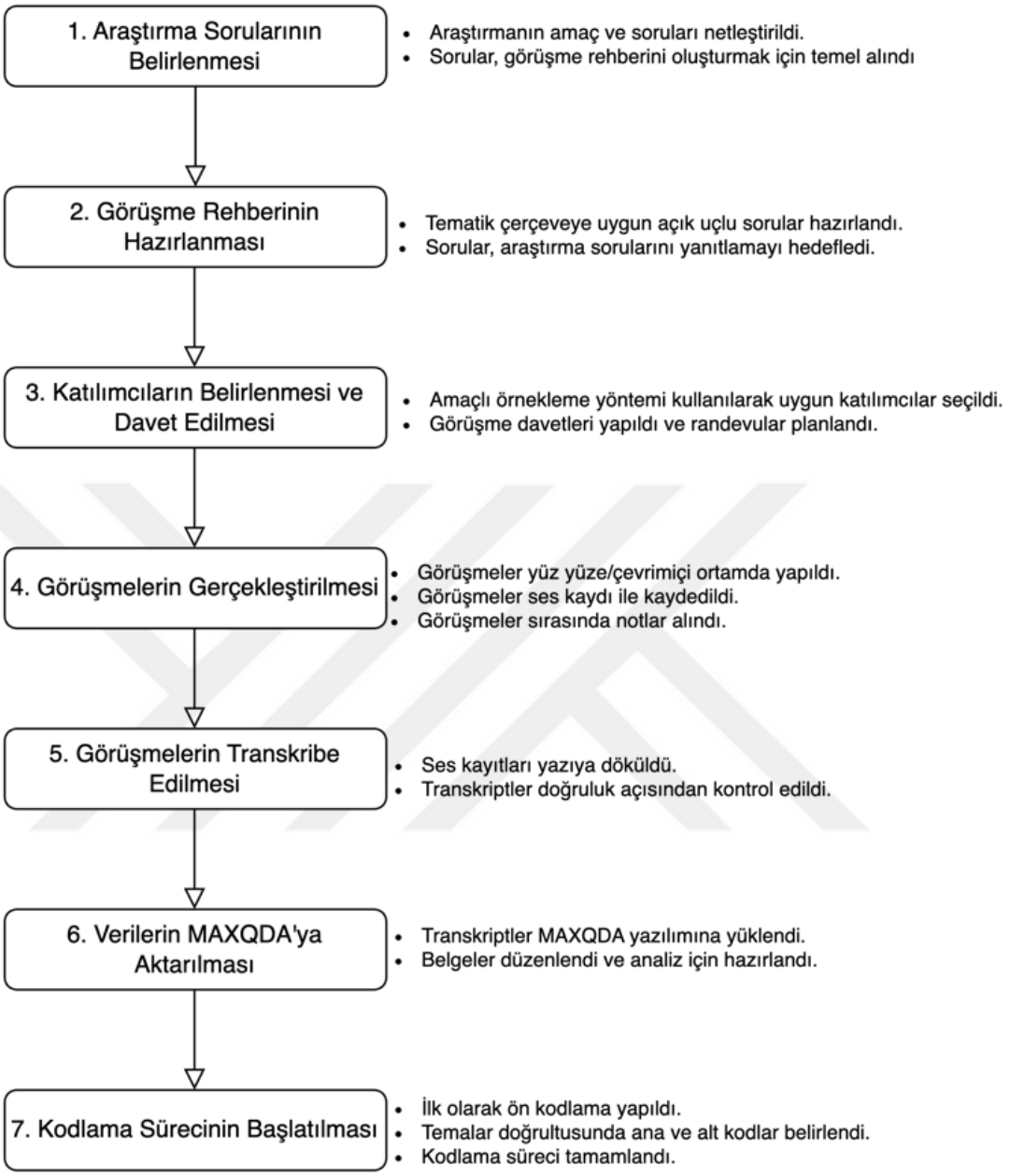
3.1.1. Araştırma Yaklaşımı ve Tasarımı

Bu çalışmada bireylerin yaşadıkları deneyimlere ve eylemlere atfettikleri anlamları anlamaya odaklanan fenomenolojik bir araştırma yaklaşımı benimsenmiştir (Moustakas, 1994). E-atık yönetimiyle ilgili tüketici davranışlarının karmaşıklığını analiz etmek için ise nitel bir yöntem seçilmiştir. Bu yöntem, araştırmacıların katılımcıların sürdürülebilir elden çıkarma yöntemlerine ilişkin motivasyonlarını, zorluklarını ve düşünce süreçlerini daha derinlemesine incelemelerine olanak tanımıştır.

3.1.2. Veri Toplama Süreci

Çalışmada veri toplama süreci sistematik bir şekilde tasarlanmıştır. Araştırma Sürecinin Akış Diyagramı (Şekil 18), çalışmanın her aşamasını özetleyen adımları göstermektedir. Bu aşamalar şunlardır:

Şekil 18. Araştırma Sürecine İlişkin Akış Diyagramı



Çalışmanın verileri yarı yapılandırılmış derinlemesine görüşmeler ile toplanmıştır. Yarı yapılandırılmış görüşmelerde, katılımcıların bakış açılarını özgürce ifade etmelerine izin verilirken katılımcı tutarlılığı sağlanmıştır (Kvale, 2007). Görüşme soruları (Tablo 4) Çalışmanın amaçlarıyla tutarlı olmaya dikkat edilerek mevcut literatür ve uzman görüşleri dikkate alınarak hazırlanmıştır.

Tablo 4. Yarı Yapılandırılmış Görüşme Soruları

Genel Araştırma Sorusu: Türkiye'deki tüketicilerin elektronik atık konusunda sürdürülebilir elden çıkarma davranışında (geri dönüştürme, tamir ettirme, ikinci el olarak satma/bağışlama) bulunmalarını etkileyen faktörler nelerdir?
Araştırma Soruları:
1-Kullanım ömrü biten ürünlerinizi elden çıkarmak için kullandığınız yöntemler nelerdir?
2-Farklı ürün grupları söz konusu olduğunda tercih ettiğiniz elden çıkarma yöntemleri farklılaşır mı? Farklılaşırsa kullandığınız yöntemler nelerdir?
3-Sürdürülebilir elden çıkarma nedir? Bu yöntemlerin farkında mısınız? (geri dönüştürme, tamir ettirme, ikinci el olarak satma/bağışlama)
4-Sürdürülebilir elden çıkarma yöntemlerini daha çok hangi ürün grupları için kullanıyorsunuz?
5-Elektronik atık nedir? (E-atıklar hakkında farkındalığa sahip midir?)
6-Sizce elektronik atık kapsamına hangi ürünler girmektedir? Kullanım ömürleri biten elektronik ürünlerinizi ne yapıyorsunuz? Neden?
7-E-atıkların yol açabileceği potansiyel riskler (sonuçlar) nelerdir?
8-Sizce e-atıkların ekonomik değeri var mıdır?
9-E-atıkları sürdürülebilir şekilde elden çıkartmak için sizi hareket geçirecek teşvik edici unsurlar nelerdir?
10- Tüketiciler neden e-atıklarını sürdürülebilir şekilde elden çıkarmıyorlar? Engelleyici olarak gördükleri unsurlar neler? Sizin açınızdan engelleyici unsurlar nelerdir?

Tablo 4'de yer verilen açık uçlu görüşme soruları, katılımcıların e-atık elden çıkarma davranışına ilişkin tutumları, niyetleri ve algıları hakkında bilgi edinmek için tasarlanmıştır. Bu sorulara ek olarak bireylerin davranışlarını şekillendiren faktörleri daha iyi anlamak için amacıyla katılımcıların yaş, cinsiyet, meslek ve eğitim düzeyi gibi demografik bilgileri de toplanmıştır (Silverman, 2024).

Araştırma kapsamında toplam 11 katılımcı amaçlı örnekleme kullanılarak seçilmiştir. Bu şekilde katılımcıların ilgili deneyimlere ve çeşitli geçmişlere sahip bireylerden olması sağlanmıştır (Patton, 2014). Örneklem, yaş, cinsiyet, meslek ve eğitim düzeyi gibi faktörlere dayalı olarak çeşitli bakış açılarını yakalamak üzere tasarlanmıştır.

Tüm görüşmeler, katılımcıların deneyimleri hakkında açıkça konuşmalarına izin veren bir ortamda yüz yüze gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya ilişkin etik onay 2024 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Etik Kurulu'ndan alınmıştır.

3.1.3. Veri Analizi

Görüşmelerden toplanan nitel verileri analiz etmek için tematik analiz kullanılmıştır. Tematik analizler veri setindeki kalıpların ve tekrar eden temaların tanımlanmasına olanak sağlayan yöntemlerdir (Braun ve Clarke, 2006). Analiz süreci sırasıyla veri tanımlama, kodlama, tema tanımlama ve veri yorumlama adımlarından oluşmuştur. Veri tanımlama aşamasında, yanıtları anlamak için transkripsiyonlar incelenmiştir. İkinci adımda, kodlama aşaması başlatılarak, temel ifadeler ve kavramlar sistematik olarak kategorize edilmiştir. Üçüncü adımda ise kodlar teorik çerçevelere (TPB ve

TAM) dayalı olarak kapsayıcı temalara gruplandırılarak yorumlanmıştır. Son olarak, bulgular anlamlı sonuçlar elde etmek için mevcut literatür ve teoriler bağlamında açıklanmıştır. Nitel verileri düzenlemek ve analiz etmek için güvenilirliği artırmak amacıyla MAXQDA yazılımı kullanılmıştır (Silver ve Lewins, 2014). Ayrıca, tutarlılığı sağlamak ve önyargıyı en aza indirmek için birden fazla araştırmacının kodlama sürecini incelediği üçgenleme yöntemi uygulanmıştır. Bu metodolojik yaklaşımın kullanılması çalışma bulgularının tüketicilerin e-atık elden çıkarma davranışları hakkında kapsamlı ve güvenilir bir anlayış sağlamasını kolaylaştırmıştır.

3.1.4. Bulgular

Çalışmanın bu bölümünde tüketicilerin elektronik atıkların sürdürülebilir şekilde elden çıkarmalarını etkileyen faktörlerle ilgili nitel verilerin analizleri yer almaktadır. MAXQDA yazılımı kullanılarak yürütülen tematik analizin bulguları bu bölümde ayrıntılı olarak incelenmiş, grafikler ve şekiller kullanılarak görselleştirilmiştir.

3.1.4.1. Katılımcıların Demografik Bilgileri

E-atık elden çıkarma davranışlarının yaşa, cinsiyete, mesleğe ve eğitim düzeyine göre nasıl değiştiğini anlamak için katılımcıların demografik özellikleri kapsamlı bir şekilde analiz edilmiştir. Bu bilgilere Tablo 5. Demografik Dağılım başlığı altında yer verilmiştir.

Çalışmaya katılan bireylerin yaşları 25 ila 54 arasında değişmekte olup üç gruba ayrılmıştır: 25-34 yaş (%54,5), 35-44 yaş (%27,3) ve 45-54 yaş (%18,2). Yaş gruplarındaki bu çeşitlilik, farklı nesillerin e-atık yönetimine nasıl yaklaştıklarının karşılaştırmalı bir analizine olanak tanımaktadır.

Cinsiyet dağılımı açısından ise katılımcıların %55'i kadın, %45'i ise erkek katılımcıdan oluşmaktadır. Bu dengeli katılımcı dağılımı, cinsiyetin e-atık yönetimi üzerindeki etkisini değerlendirmek için homojen bir dağılım sunmaktadır. Ek olarak, tüm katılımcılar doktora derecesine sahiptir ve bu da e-atık elden çıkarma davranışlarının yüksek eğitimli bir nüfus bağlamında derinlemesine incelenmesine olanak sağlamaktadır.

Mesleki statü açısından, katılımcılar kamu sektörü çalışanları (%90,9) ve özel sektör çalışanları (%9,1) olarak sınıflandırılmıştır. Bu ayrım, farklı mesleki geçmişlerin e-atık yönetimi algılarını nasıl etkilediğine dair değerli içgörüler sunmaktadır.

Bulgular, demografik değişkenlerin meslek ve eğitim düzeyleriyle birlikte bireylerin elektronik elden çıkarma davranışlarını nasıl şekillendirdiğine ışık tutmaktadır.

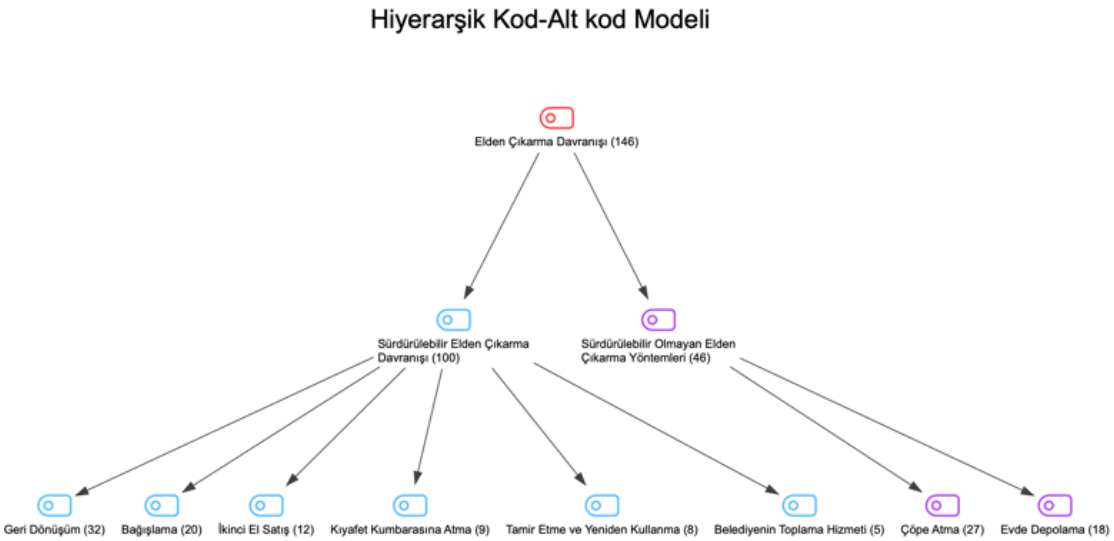
Tablo 5. Demografik Dağılım

Değişken	Kategoriler	Frekans (n)	Yüzde (%)
Yaş Aralığı	25-34	6	54.5
	35-44	3	27.3
	45-54	2	18.2
Cinsiyet	Kadın	6	55
	Erkek	5	45
Eğitim Seviyesi	Doktora	11	100
Meslek Grupları	Kamu Personeli	10	90.9
	Özel Sektör	1	9.1

3.1.4.2. Tematik Analiz ve Elden Çıkarma Davranışları

Bu çalışma, tüketicilerin atık elden çıkarma davranışlarını anlamaya ve bu davranışları sürdürülebilirlik çerçevesinde incelemeye odaklanmaktadır. Elden çıkarma davranışı hiyerarşik kod-alt kod modeli çerçevesinde belirlenen temaların ve alt kodların frekansları görselleştirilmiştir. Bu temalar ve alt kodlar, Şekil 19'da sunulan hiyerarşik model içerisinde daha ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Her kodun metinde geçme sıklığı n değeri ile gösterilmektedir. Model, sürdürülebilir atık elden çıkarma davranışlarının daha yaygın olmasına rağmen, sürdürülebilir olmayan yöntemlerin de önemli bir yer kapladığını ortaya koymaktadır. Elden çıkarma yöntemlerine ilişkin bulgular sürdürülebilir elden çıkarma davranışları (n=100) ve sürdürülebilir olmayan elden çıkarma davranışları (n=46) olmak üzere iki ana temaya ayrılmıştır.

Şekil 19. Elden Çıkarma Davranışı Hiyerarşik Kod-Alt Kodlar Modeli



3.1.4.2.1. Sürdürülebilir Elden Çıkarma Davranışları

Araştırma bulgularına göre, katılımcılarla gerçekleştirilen görüşmelerde sürdürülebilir elden çıkarma davranışlarına toplamda 100 kez atıfta bulunulmuştur. Sürdürülebilir elden çıkarma davranışları kapsamında, en sık tekrar eden altı temel alt kod ortaya çıkmıştır. Bu kodlar sırasıyla geri dönüşüm (n = 32), bağışlama (n = 20), ikinci el satış (n = 12), giysi toplama kutularına atma (n = 9), tamir etme/yeniden kullanma (n = 8) ve belediyelerin toplama hizmetleri (n = 5) olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, bireylerin sürdürülebilir elden çıkarma uygulamaları çerçevesinde çeşitli stratejiler ve yöntemler benimsediğini göstermektedir.

3.1.4.2.1.1. Geri Dönüşüm

Geri dönüşüm (n = 32), katılımcılar arasında en sık belirtilen sürdürülebilir elden çıkarma yöntemi olmuştur. Katılımcılar, kağıt ve diğer atık türlerini sürdürülebilir geri dönüşüm süreçlerine dahil ettiklerini vurgulamışlardır. Örneğin, bir katılımcı geri dönüşüm alışkanlıklarını şu şekilde ifade etmiştir:

Katılımcı 6: " Diğer taraftan da mesela kağıt gibi ürünleri genellikle geri dönüşüme vermeye çalışıyorum. Özellikle kitaplar. Mesela örnek vereyim. Üniversite sınavından sonra elimde çok fazla test kitabı kalmış mesela onları geri dönüşüme vermiştim."

Ek olarak, bazı katılımcılar elektronik atıkların geri dönüşümüyle ilgili farkındalıklarını dile getirmişlerdir.

Katılımcı 7: “Pilleri biliyorum çünkü okullarda böyle bir şey yerler var, oraya bırakabiliyorsun.”

Bu bulgulara göre, bireylerin farkındalık seviyelerinin farklı atık türlerine göre değiştiğini ve geri dönüşüm uygulamalarının kişisel alışkanlıklar tarafından şekillendirildiği görülmektedir.

3.1.4.2.1.2. Bağışlama

Katılımcılar sıklıkla sürdürülebilir bir elden çıkarma yöntemi olarak bağışlama yöntemini tercih ettiklerini söylemişlerdir (n = 20). Özellikle ihtiyaç sahiplerine veya hayır kurumlarına yapılan bağışlar, bireylerin yalnızca çevresel sürdürülebilirlikle değil aynı zamanda sosyal sorumluluk duygusuyla da yönlendirildiğini desteklemektedir. Örneğin, bir katılımcı kıyafetlerini atmak yerine etrafındakilerle paylaşmayı tercih ettiğini belirtmiştir:

Katılımcı 1: “Kıyafette yani kıyafete hiçbir şekilde çöpe atmıyorum genellikle. Onu mutlaka kullanılabilir durumdaysa yakınlarıma veriyorum.”

Benzer şekilde, başka bir katılımcı bağış yapma motivasyonunu şu şekilde dile getirmiştir:

Katılımcı 6: “Genellikle ihtiyacı olan başka birisine vermeyi tercih ediyorum. Bu bir yakınım da olabilir ya da ihtiyaç sahibi birisi de olabilir.”

Bağışlama davranışı literatürde sadece sürdürülebilir tüketim ile sınırlı değildir. Bu davranış kapsayıcı tüketim ve döngüsel ekonomi kavramları kapsamında da önemli bir yere sahiptir (Bocken vd., 2016). Bu katılımcıların bağışlama davranışlarının yalnızca bireysel tercihler olmadığını, aynı zamanda toplumsal dayanışma ve kolektif tüketimden de etkilendiğini göstermektedir.

3.1.4.2.1.3. İkinci El Satış

Katılımcıların kullandığı sürdürülebilir elden çıkarma stratejileri arasında, ikinci el satış da önemli bir yer kaplamaktadır (n = 12). Katılımcılar genellikle ikinci el satış yapmak için finansal kazanç elde etmek ve malların yeniden kullanımını teşvik etmek üzere iki temel motivasyondan bahsetmişlerdir.

Örneğin, bir katılımcı elektronik ürünleri ekonomik nedenlerle satmayı tercih ettiğini belirtmiştir.

Katılımcı 5: “Genelde elektronik ürünleri satmayı daha çok tercih ediyorum.”

Öte yandan, başka bir katılımcı ikinci el satışın yalnızca finansal olarak faydalı olmadığını, aynı zamanda sürdürülebilir tüketim için de önemli olduğunu vurgulamıştır.

Katılımcı 7: “Kıyafet için. Şimdi ikinci el satma deyince aklıma geldi bu tabii ki. İstanbul'a ilk geldiğimde ve pandemi zamanında olduğu için çok vaktim olduğunda ürünlerimi satmıştım. Çünkü çok fazla şeyim vardı benim. Bir de ben ikinci el vintage ürünleri çok sevdiğim için ve zamanında çok aldığım için ama hiçbirini giymediğim için yine aynı şekilde aynı platformlar üzerinden sattım. Ama ciddi bir efor gerekiyor onun için.”

Bu bulgular, bireylerin eşyalarını ikinci el pazarına kazandırarak sürdürülebilir bir tüketim modeline katkıda bulunduklarını gösteren işbirlikçi tüketim kavramıyla da uyumluluk göstermektedir (Botsman & Rogers, 2010).

3.1.4.2.1.4. Giysi Toplama Kutularına Bırakma

Katılımcılar, tekstil ürünlerini atmak yerine, giyim toplama kutularını kullanarak (n = 9) elden çıkarmayı tercih ettiklerini belirtmiştirler. Bu uygulama, bireylerin hem çevresel hem de sosyal sorumluluk konusundaki farkındalıklarının yüksek olduğunu da göstermektedir. Katılımcılar, kullanılmamış ancak iyi korunmuş giyim eşyalarını bağış için bu kutulara koyduklarını ifade etmişlerdir.

Katılımcı 1: "Kıyafette yani kıyafete hiçbir şekilde çöpe atmıyorum genellikle. Onu mutlaka kullanılabilir durumdaysa yakınlarıma veriyorum, kıyafet kumbaralarına atıyorum falan."

Benzer şekilde, bazı katılımcılar giyim kutularını düzenli olarak kullanmasalar da ara sıra bu yöntemi seçtiklerini belirtmiştirler.

Katılımcı 8: " Kıyafet kumbaralarını gördüğümde yani her zaman olmasa da çoğunlukla çok kötü durumda değillerse iyi durumda olanları kıyafet kumbaralarına atıyorum."

Bu bulgular, giysi toplama kutularının sürdürülebilir elden çıkarma süreçlerinde önemli bir araç olarak hizmet ettiğini ve bireylerin bu yöntemi aktif olarak değerlendirdiğini göstermektedir.

3.1.4.2.1.5. Onarım ve Yeniden Kullanım

Onarım ve yeniden kullanım (n = 8), katılımcılar tarafından temel sürdürülebilir tüketim stratejilerinden biri olarak görülmektedir. Katılımcılar, kullanılamaz hale geldiklerinde hemen atmak yerine eşyaları onarmayı veya yeniden kullanmayı tercih ettiklerini ifade etmişlerdir. Katılımcıların bu davranışı benimsemesi eşyalarının kullanım ömrünü uzatma çabalarının da olduğunu göstermektedir.

Katılımcı 7: "Tost makinesi bozuldu mesela. Onu mümkün değil çöpe atamam. Ya birine vereceğim bozuk şu an ama biri yaptırılabilir, kullanılabilir."

Ek olarak, katılımcılar onarımın sürdürülebilir tüketimin temel bir bileşeni olduğunun farkında olduklarını dile getirmişlerdir.

Katılımcı 11: "Tamir ettirme sürdürülebilir bir yöntem."

Bu ifadeler, bireylerin ürün kullanım ömrünü uzatma ve israfı önleme amacıyla hareket ettiklerini, davranışlarını sürdürülebilir tüketim uygulamalarıyla uyumlu hale getirdiklerini göstermektedir.

3.1.4.2.1.6. Belediye Toplama Hizmetleri

Belediye atık toplama hizmetleri (n = 5) de katılımcılar tarafından önemli bir sürdürülebilir atık elden çıkarma yöntemi olarak belirlenmiştir. Belediye hizmetlerinin güvenilirliği özellikle büyük eşyaların elden çıkarılması konusunda katılımcılarca dile getirilmiştir.

Katılımcı 3: "Çok büyük bir şeyse mesela belediyelerin sağladığı imkanlar oluyor. Onları arıyorsunuz, evinize gelip alabiliyorlar. Onu kullanabilirsiniz. Koltuk takımını atacaktık. Onu söyledik. Kağıthane Belediyesine haber verdik. Şu saatte geleceğiz dediler. Gelip aldılar."

Ayrıca, bazı katılımcılar belediyelerin atık yönetimi ve ayırma süreçlerine güven duyduklarını ifade etmişlerdir.

Katılımcı 11: "Buradaki bir düşüncem de tabi sonrasında nasıl olsa işte belediye devreye giriyordur, devlet devreye giriyordur, bunları ayrıştırıp ona göre gerekli adımı atıyordur düşüncesi yani onlara bir güven duyduğum için aslında buna dikkat ediyorum. Ne kadar doğru tabi. Sonrasında ayrıştırılıyor mu, ne yapıyor bu konuda bilgim yok. Güvenmek zorundaymışım gibi hissediyorum."

Bu bulgular, belediye hizmetlerinin sürdürülebilir bertaraf için önemli bir alternatif sunduğunu ve kamu kurumlarının bireylerin atık yönetimi davranışlarını şekillendirmede önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

3.1.4.2.1.7. Diğer Sürdürülebilir Elden Çıkarma Yöntemleri

Hiyerarşik kodlama modeline ek olarak, katılımcılar belirli durumlarda ara sıra tercih ettikleri birkaç sürdürülebilir bertaraf yönteminden bahsettiler. Bu alternatif yaklaşımlar arasında hurdacılara satış (n = 4), ürün ömrünü uzatma (n = 4), ürünleri tedarikçilere iade etme (n = 3) ve ürünleri farklı kullanımlar için yeniden kullanma (n = 3) gibi sürdürülebilir elden çıkarma yöntemleri yer almaktadır.

Bazı katılımcılar, büyük ürünleri hurdacılara satmanın ürünleri elden çıkarmak için pratik bir çözüm olduğunu belirtmişlerdir.

Katılımcı 1: "Bilmiyorum neden ama hiç bana öyle bir çekici gelmiyor açıkçası o kampanyalar. Hani hiç öyle de faydalanmadık sanırım. Ama şeyde olabilir yani beyaz eşyada da oluyor orada da mantıklı yine. Çünkü büyük eşyaları çıkartmak daha büyük bir sorun. Yani onu zaten evden çıkartmak bile bir sorun işte bu hurdacı hurdacı olunca aslında öyle bir kolaylığı var. Alıyor götürüyor yani sen uğraşmamış oluyorsun."

3.1.4.2.1.7.1. Hurdacıya Satma

Birkaç katılımcı, yeni bir elektronik cihaz satın alırken eskisini tedarikçiye iade etmeyi tercih ettiklerini ve geri dönüşüm sürecine katkıda bulunduklarını vurgulamıştır.

Katılımcı 5: "Yeni bir ürün teknolojik ürün aldıysam aldığım yere eski ürünümü veriyorum garanti süresini uzatmak için onu çöpe atmaktansa. Çünkü çöpe atılmış, hiçbir işe yaramayacak. En azından parçası kullanılabilir parçalarını tedarikçi alsın, tekrardan kullanılabilir bir hale getirsin diye tedarikçiye veriyorum." – Tedarikçiye

3.1.4.2.1.7.2. İade Etme

Katılımcılar ayrıca eşyalarını mümkün olduğunca uzun süre kullanarak atığı en aza indirme amacı güttüklerini belirtmişlerdir.

Katılımcı 2: "İkinci el genelde satmıyorum. Yani ben ürünü genelde cılkı çıkana kadar kullanıyorum. Dolayısıyla ikinci el düşünecek kadar bile bir hali kalmıyor. O yüzden genelde satmıyorum." – Ömrünü Uzatma

Bazı katılımcılar artık işlevsel olmayan eşyaları değerlendirmenin alternatif amaçla yeniden kullandıklarını belirtmişlerdir.

Katılımcı 1: "Kıyafetlerimi genellikle hala kullanılabilir durumda olanları kendi yakın çevreme veriyorum. Veya işte bu kumbaralar oluyor, kıyafet kumbaraları ona atıyorum. Kullanılmayacak durumda olanları da yine sanırım o kumbaralara atıyoruz. Veya çok kötü olanları çöpe işte el bezi olarak falan yer bezi olarak kullanılabiliyorlar." – Farklı Bir Amaçla Yeniden Kullanma

3.1.4.2.2. Sürdürülebilir Olmayan Elden Çıkarma Yöntemleri

Katılımcılarla yapılan görüşmelerde sürdürülebilir olmayan elden çıkarma yöntemlerinden toplamda 46 kez bahsedilmiştir. Sürdürülebilir olmayan elden çıkarma yöntemleri eşyaları atmak (n = 27) ve evde saklamak (n = 18) olmak üzere iki temel alt kategoriye ayrışmaktadır. Katılımcılar genellikle bilgi eksikliği veya geri dönüşüm imkanlarına erişimde zorluk çekmeleri nedeniyle bu yöntemlere başvurduklarını belirtmiştir.

3.1.4.2.2.1. Çöpe Atmak

Görüşmelerde katılımcıların elektronik atıklarını doğrudan çöpe attıkları 27 kez belirtilmiştir. Katılımcılar genellikle geri dönüşüm olanakları hakkında farkındalık eksikliği yaşamaları sebebiyle ya da onarım maliyetlerinin yeni bir ürün satın almakla

neredeyse aynı olması nedeniyle bozuk veya kullanılamaz elektronik ürünlerini doğrudan çöpe attıklarını belirtmişlerdir.

İki katılımcı bu ikilemi şöyle açıklamıştır.

Katılımcı 2: "Mesela en son tıraş makinem bozulmuştu, direkt attım çünkü şey yoktu. Herhangi bir tamir opsiyonu yok. Tamir ettirmeye çalıştığınız zaman daha pahalıya geliyor. Dolayısıyla atıp yenisini aldım."

Katılımcı 11: "Daha pahalı elektronik bir ürünse sanki onu saklama taraftarıyız gibi oluyor. Ama daha basit ürünlerde yani şey bile aslında saç kurutma makinesi bile çok pahalı bir ürün değil aslında ama geçen mesela bozulmuştu. Şöyle bir şey oldu. Hani biz bunu atsak mı ne yapsak diye düşündük. Yaptırmayı tercih ettik yani gidelim tamir ettirelim diye. Tamir için söylediği fiyat neredeyse yeni ürünle aynı fiyat olduğu için dedik ki tamam o zaman hani bunu tamir ettirmeye gerek yok, biz yeni ürün alalım dedik, saç kurutma makinesini çöpe attık."

Benzer şekilde, başka bir katılımcı şunları belirtmiştir.

Katılımcı 8: "Çok küçük bir şeyse atılıyor da laptop falan böyle genelde kalıyor gibi. Ben de öyle kaldı. En azından mutfak gereci falan çöpe atılıyor. Bir de genelde sanki ne yapacağını bilemediği için çöpe atıyor insan."

3.1.4.2.2.2. Evde Depolama

Katılımcılar tarafından kullanılmayan elektronik cihazları evde depoladıkları 18 kez vurgulanmıştır. Katılımcılar, eski elektronik cihazlarını genellikle gelecekte ihtiyaç duyma olasılığı, sürüdürlebilir atık elden çıkarma seçeneklerini bilmeme veya sadece fazla yer kaplamadıkları için saklama gibi çeşitli nedenlerle evde tutuklarını açıklamışlardır.

Bir katılımcı şunları iletmiştir.

Katılımcı 1: "Benim mesela telefonlarımın eski telefonlarımın hepsi evde duruyor. Hiçbirini atmadım. Onların hepsi evde duruyor. Bilgisayarları mesela şu ana kadar. Bu benim üçüncü kişisel bilgisayarım. Bir önceki bilgisayarımı da hala kullanmaya devam ediyorum. Daha öncekini de babam kullanmaya devam ediyordu. O artık çok kullanılmıyor ama yine de evde duruyor, atmadık. Hani bu şekilde genellikle kablolar falan var bir sürü. Artık kullanılmıyorlar ama hepsi evde duruyor."

Başka bir katılımcı, elektronik atıkların zamanla nasıl biriktiğini vurgulamıştır.

Katılımcı 7: "Mesela şey vardı, benim çok eski bir Samsung telefonum vardı. Niyeyse ben İzmir'den Muğla'ya taşınırken bile o kırık olmasına rağmen alıp götürmüşüm

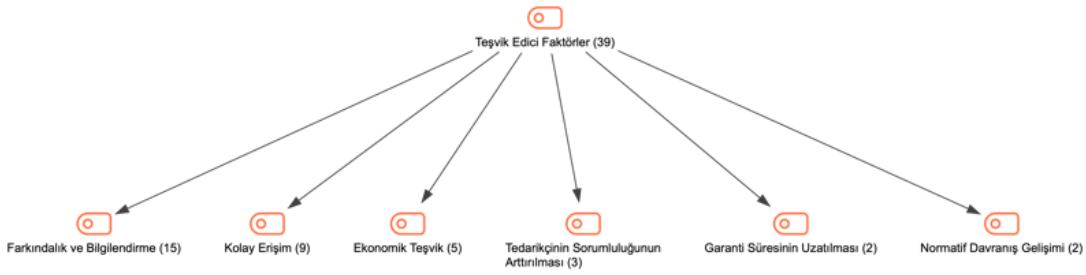
Muğla'ya. Elektronik atık deyince tabii onun bataryası bozulmuş, ben onu parçalamıştım, tamir olur mu falan diye. Yani elektronik atık aslında o ama onu atmamışım çöpe. Şu an onu ne yaptığımı bilmiyorum ama çok uzun yıllar Muğla'da benimle birlikte kaldı. Çalışmadığı halde dışarı da atamadığım için. Ama sonra onu ben ne yaptım hatırlamıyorum. Bu arada çöpe atsaydım direkt gelmiyor, belki de atmışımdır en sonunda taşınırken atmış olabilirim ama spesifik olarak onu çok uzun yıllar beklettim."

Bu içgörüler, birçok kişinin sürdürülebilir elden çıkarmanın öneminin farkında olmasına rağmen, uygulamada yaşanan zorluklar ve bilgi eksikliklerinin onları genellikle sürdürülebilir olmayan davranışlar benimsemeye yönlendirdiğini göstermektedir.

3.1.4.2.3. Teşvik Edici Faktörler

Elektronik atıkların sürdürülebilir şekilde elden çıkarılmasını teşvik eden faktörler arasında, farkındalık ve bilgi alt kodunun (n = 15) en önemli faktör olduğu ortaya çıkmıştır. Onu sırasıyla erişim kolaylığı (n = 9), finansal teşvikler (n = 5), tedarikçi sorumluluğunun arttırılması (n = 3), garanti sürelerinin uzatılması (n = 2) ve normatif davranışın geliştirilmesi (n = 2) alt kodları takip etmektedir (Şekil 20).

Şekil 20. Teşvik Edici Faktörler Hiyerarşik Kod-Alt Kodlar Modeli



3.1.4.2.3.1. Farkındalık ve Bilgi

Çok sayıda katılımcı, elektronik atıkların geri dönüşüm sürecine ilişkin bilgi eksikliğinin kişilerin sürdürülebilir elden çıkarma davranışında bulunma motivasyonlarını azalttığını belirtmiştir. Bir katılımcı bu duruma ilişkin fikrini şu şekilde beyan etmiştir.

Katılımcı 1: "Bir de şöyle bir şey var belki verdiğimiz yani oraya attığımız şeyi atıyorum. Dedim ya mahallede bir tane var ama ne oluyor bilmiyoruz. Hani bunun sonuçlarını aslında görebiliyor olsak, işte şuraya attığınız elektronik atıklar dönüştü,

şöyle bir şey oldu falan gibi bir şey olsa evet daha teşvik edici olur. Yani şimdi oraya atsam bile ne olacak yani pek de bir şey olacak gibi gelmiyor."

Benzer şekilde, katılımcılar elektronik atık toplama noktalarının verimliliğine ilişkin bir belirsizlik yaşamaktadırlar. Bu belirsizlik bireyleri sürdürülebilir elden çıkarma sürecine katılmaktan vazgeçirmektedir.

Katılımcı 2: "Ama o ayrıştırdığım pilin, attığım pil toplama noktasının da doğru bir şekilde şey yapıldığını görsem belki benim için bir teşvik olabilir. Çünkü bilmiyosun hem işleyişini bilmiyorum hem de bunun. Ben bunu bu şekilde yaptığım takdirde bile doğru bir yöntemle ayrışacağını ya da şey yapılacağını düşünmüyorum. Çünkü mesela daha önce başıma geldi, atıyorum bir poşet dolusu. Daha çok kullandığımız zamanlardan bahsediyorum. Bir poşet dolusu pili pil toplama şeyine atmıştım. Bir baktım içindeki pillerin hepsi suyu akmış yapışmış birbirine, sıcaktan gitmiş. Zaten zarar vermemek istediğimiz şey orada oluşmuş yani orada oluşmuş ve aşağıya pilin suyu akıyordu. Yani dolayısıyla bunun işe yarayacağını görsem benim için önemli bir teşvik olabilir ama işe yarayacağına inancım yok yani."

Katılımcılardan elde edilen bu bulgular, geri dönüşüm süreci hakkında daha net ve daha erişilebilir bilgi sağlamanın, sürdürülebilir elden çıkarma uygulamalarına yönelik kamu katılımını arttıracağını göstermektedir.

3.1.4.2.3.2. Erişim Kolaylığı

Katılımcılar, elektronik atıkları elden çıkarmak için mevcut altyapının yetersiz olduğunu ve sistemin daha erişilebilir hale getirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Katılımcı 10: "Mesela sırf elektronik atık için bir tane böyle konteynır olsa ayrıca onu da ona atarım. Çünkü bak camları atıyorum yeşil diyor, beyaz diyor ayırıp atıyorum şeyleri atıyorum, kıyafetleri atıyorum. Aynı pil kutusu bizim apartmanda olduğu için atıyorum ama ayrıca bir elektronik atıklarla ilgili bir sistem yapılsa seve seve kullanırım."

Ayrıca katılımcılar elektronik atıkların evlerden alınarak toplanmasını sağlayan belediye hizmetlerinin sürdürülebilir elden çıkarma davranışına katılımı artırabileceğini belirtmişlerdir.

Katılımcı 3: "Bana yakınlık, konum ya da bana erişebilir olmaları lazım daha önce bahsettiğim belediye örneği gibi evden gelip alabilmeleri lazım."

3.1.4.2.3.3. Finansal Teşvikler

Araştırmanın katılımcıları, verilecek parasal teşviklerin bireyleri elektronik atıklarını sürdürülebilir şekilde elden çıkarmaya teşvik edebileceğini öne sürmüşlerdir. Ayrıca katılımcılar takas kampanyalarının etkinliğini de vurgulamışlardır.

Katılımcı 6: "Birincisi. Mesela ilk aklıma gelen ekonomik bir şekilde bir teşvik olabilir. O da mesela bazı mağazalar işte eskisini getir, yenisini al, eskisini getir, şu kadar indirim uygulayacağız, yenisini al gibi kampanyalar yapıyorlar. Birincisi bence bu olabilir."

Katılımcılar tarafından vurgulanan diğer bir konu ise düşük ikinci el satış değerlerinin genellikle insanları cihazlarını atmaya veya evde saklamaya yöneltmesi olmuştur.

Katılımcı 11: "Yani herhalde burada öncelikli olan ekonomik teşvik. Hani ben bir telefonu götürüp bir telefoncuya verdiğimde bana söylediği fiyat düşük olduğu için ben onu dolaşıma sokmuyorum. Yani hiç değmez diyorum bu fiyata. Bunun karşılığında aldığım getiriyi iyi bir şekilde hissedersem o zaman düşüncem değişir tabi. Satmak isterim onu tekrar. Çünkü illaki kullananlar çıkıyor. Dediğim gibi. Bedelli Askerlik dedik, 1100 çok basit bir telefon ama buna muhtaç hale gelebiliyor insan. Kullanmak istiyor yani sadece ihtiyaç olduğu için değil, parasal anlamda da sadece iletişim ihtiyacı olan biri bile gidip onu alabilir. Kamera işine yaramayan işte ne bileyim sosyal medya kullanmayan, sadece ailesini aramak isteyen biri kullanabilir. Ama öncelikli olarak ekonomik teşvik galiba. Onun dışında bir teşvik olabilir mi? Yani vicdani tarafı çok ağır basıyor mu? Bilmiyorum. Herhalde başımıza çok çok kötü şeyler gelmediği sürece insanoğlu olarak bunun farkına varamayız diye düşünüyorum. Tamam, öncelikle ekonomik teşvik, özellikle de enflasyonist ortamda en çok ihtiyacımız olan şey."

3.1.4.2.3.4. Tedarikçi Sorumluluğunun Artırılması

Katılımcılar tarafından üreticilerin ve perakendecilerin, elektronik ürünlerin sürdürülebilir şekilde elden çıkarılması ve geri dönüştürülmesi için daha fazla sorumluluk yüklenmeleri gerektiği belirtilmiştir.

Katılımcı 2: "Hem de tüketiciden çok şirketlerin bunu yapması gerektiğini düşünüyorum. Yani şöyle düşünüyorum. Mesela ben bir tıraş makinesi alıyorum. Bu tıraş makinesinin temel parçalarının bozulmamasını sadece bıçağının mesela zaman içerisinde değiştirmem gerektiğini düşünüyorum. Onun dışında benim aldığım tıraş makinesinin 20 sene, 10 sene dayanması gerekiyor. Ama bunu da yapmıyorlar. Daha

fazla almamı istediği için ben öyle hissediyorum tüketici olarak, planlı eskitme. Hızlı bozulabilecek ürünler yapıyorlar. Ürün çok hızlı bozuluyor. Ben onu tamir ettirmek için uğraşacağım. Süreçlerde işte tüketici hatası, şunu şöyle yapmıyoruz, bunu böyle yapmıyoruz vesaire yerine yenisini almayı tercih ediyorum. Dolayısıyla bence tüketiciden çok şirketlere düşen bir şey bu. Yani mesela şöyle bir teşvik gelse atıyorum tıraş makinem bozuldu, 3 yıl ömür biçiyoruz. 3 yıl içerisinde bozulursa getir yenisi garanti kapsamı dışında işte eskisini getir. Şu kadar indirim yapıyoruz, garanti kapsamı içerisinde zaten değiştiriyoruz gibi olması gerekiyor. Ya da belki yenilenmiş ürünler de satın alma seçeneği olarak hijyenik ürünlerde değil de diğer ürünlerde sunulabilir ama onun dışında yok. Mesela cep telefonu konusunda var bu. Yeni çıkan şeyler var, yenilenmiş cep telefonu, tamir edilmiş şeyler var mesela. Orada da insanlar gene güvenmiyor yani şeye. O yüzden tüketmiyorsun, almıyorsun. Tekrar pazara sunulmuş olsa bile bu ürünler, ona olan güvenim olmadığı için onu almıyorum tekrar. Dolayısıyla belki oradaki güven sağlanabilir teşvik için."

3.1.4.2.3.5. Garanti Sürelerinin Uzatılması

Elektronik cihazların garanti süresinin uzatılmasının, tüketicileri sürdürülebilir tüketim alışkanlıklarını benimsemeye teşvik edebileceği ortaya konmuştur.

Katılımcı 5: "Bu garanti süresi kesinlikle teşvik edici bir durum oluyor. Eğer kendi tedarikçisine vermişsem herhangi bir bozulmada ilk bozulmada diyelim mesela parça tedarikinde bir kullanıcı hatası olsa bile bir teşvik sağlanabilir. Yani tek sefere mahsus kullanıcı hatası diye tedarikçiye geri gelen bir üründe kullanıcı yerine tamir masrafını ya da yeni ürünü karşılamalılar. Ayrıca tedarikçiye verdiğim eski ürünleri onların da kullanılmadığını tekrardan ürünleri çöpe attıklarını düşünüyorsam bunu dezavantaj olarak görürüm. Yani öğrenmişimdir bir yerden hani aslında evet bizden alıyorlardır ama hiçbir şekilde kullanmıyorlardır, benim yerime o çöpe atıyordur gibi bir durum var. Bunu öğrenirsem yapmak istemem yani."

3.1.4.2.3.6. Normatif Davranış Gelişimi

Son olarak katılımcılar elektronik atık elden çıkarılması ile ilgili normatif davranışların teşvik edilmesinin uzun vadeli sürdürülebilirliği sağlamak için şart olduğunu belirtmiştir.

Katılımcı 11: "Mesela kendi evimde ben mesulüm bundan. Bunları benim yapmam lazım ama iş yerlerinde veya başka yerlerde bunları o kurumların yapması gerekiyor. Kurumların bunu teşvik edecek şeyler yapması lazım. Mesela eğer pil atığınız varsa

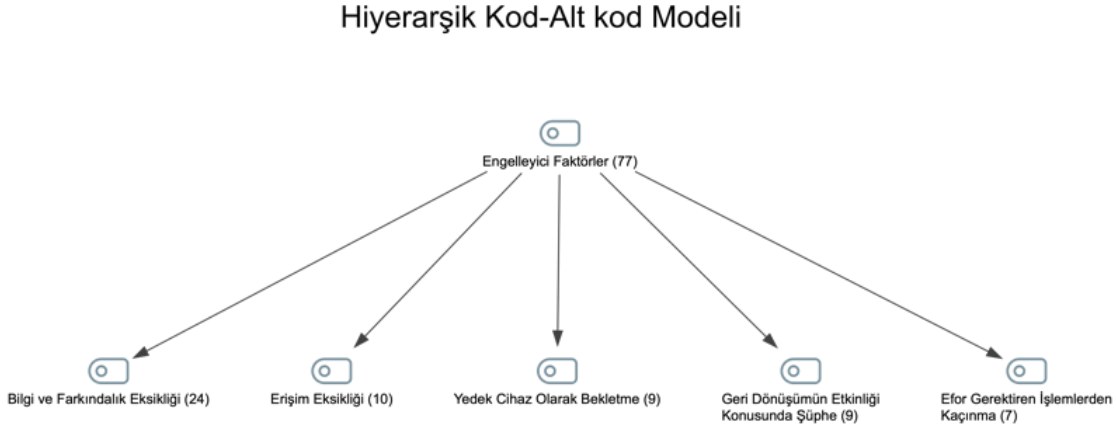
şu poşete atacaksınız gibi. Odalara poşet sağlayabilir mesela. Ya da işte katlarda en azından bunları yapıyorlar zaten. Ama en azından bunların ayrıştığını da bize gösterebilir. İkinci olarak kendi halimizde de bizim erişebileceğimiz, yaşadığımız yerlerde yer alan konteynırların en azından ayrıştırılması gerektiğini düşünüyorum ki en azından biz bunu yapalım. Çünkü Avrupa'da galiba öyle. Bazı şehirlerde en azından kutular başka yere konuluyor, çöp, evsel atıklar başka yere konuyor. Bunlara dikkat edilmesi gerektiğini düşünüyorum. Burada şöyle bir şey var. Yine belediye yapabilir ama biz yapamayabiliriz. Bunun artık zaman içinde oluşacağını düşünüyorum ben. Yani şu anda belki orta vadede insanlar yaptıkça, normatif hale geldikçe belki insanlar bunu davranış haline dönüştürecekler diye düşünüyorum. Ama öncelikle hem bizim bilinçlenip bunu yapmamız lazım hem de erişebileceğimiz yerlerde, marketlerde ne bileyim bunlara uygun şeylerin satılması da gerekiyor bence."

Katılımcılara ilişkin bu görüşler, sürdürülebilir elektronik atık yönetimini geliştirmek için farkındalığı, erişilebilirliği, teşvikleri ve politika önlemlerini birleştiren çok yönlü bir yaklaşımının önemini vurgulamaktadır.

3.1.4.2.4. Engelleyici Faktörler

Çalışmanın bu bölümünde bireylerin sürdürülebilir elden çıkarma davranışında bulunmasını engelleyen faktörler incelenmiştir. Şekil 21'de gösterildiği gibi, bu faktörler altı alt kod grubuna ayrılmaktadır. Sürdürülebilir atık elden çıkarma davranışına yönelik en önemli engel, bilgi ve farkındalık eksikliği (n = 24) olarak belirlenmiştir. Onu sırasıyla erişim eksikliği (n = 10), cihazları yedek olarak tutma (n = 9), geri dönüşümün etkinliği hakkında şüpheler (n = 9) ve efor gerektiren işlemlerden kaçınma (n = 7) alt kodları takip etmektedir.

Şekil 21. Engelleyici Faktörler Hiyerarşik Kod-Alt Kodlar Modeli



3.1.4.2.4.1. Bilgi ve Farkındalık Eksikliği (n = 24)

Birçok araştırma katılımcısı elektronik atıklarını sürdürülebilir şekilde nasıl elden çıkaracağı konusunda yeterli bilgiye sahip olmadıklarını belirtmiştir.

Katılımcı 1: "Geri dönüştürülebilir bir şekilde elden çıkarsam nereye vereceğimi bilmiyorum açıkçası. Yani bunu gidip orada mesela bizim mahallede de var işte atık çöpleri. Orada elektronik atık diye bir şey var ama oraya atınca dönüşüyor mu dönüşmüyor mu bilmiyorum açıkçası. Veya hani özellikle bunun için bir yer var mı benim gidip verebileceğim bilmiyorum."

3.1.4.2.4.2. Erişim Eksikliği (n = 10)

Bazı katılımcılar atık toplama noktalarına olan uzaklıklarının sürdürülebilir elden çıkarma sürecini daha zor hale getirdiğini belirtmişlerdir.

Katılımcı 3: "Yakın olmaması. Mesela çok ağır taşınamayacak bir şeyse onu en yakındaki çöpe atarım. Erişim zorlukları engelleyebilir benim sürdürülebilir elden çıkarma davranışında bulunmamı."

3.1.4.2.4.3. Cihazları Yedek Olarak Saklamak (n = 9)

Birçok katılımcı gelecekte işe yarayabileceğine inanarak kullanılmayan elektronik cihazları saklama eğilimi göstermektedirler.

Katılımcı 9: "Yani karman çorman bir kablo ve eski kulaklık yığını var evimde. Yani gerçekten onları ne yapacağımı da bilmiyorum o konuda. Yani geri dönüşüme de giriyor herhalde. Çok bilmiyorum ama yani gönderen onları nedense tekrar işime yarar belki falan gibi düşünüyorum. Ben genelde evimde tutuyorum yani özellikle eski telefonlar zaten duruyor o şekilde."

3.1.4.2.4.4. Geri Dönüşümün Etkinliği Hakkında Şüpheler (n = 9)

Bazı katılımcılar geri dönüşüm süreçlerinin gerçekten işlevsel olup olmadığı konusunda şüphelerini dile getirmişlerdir. Şüphe duyan katılımcıların sürdürülebilir elden çıkarma davranışında bulunma motivasyonları da azalmıştır.

Katılımcı 11: "Bir de şöyle bir şey var belki verdiğimiz yani oraya attığımız şeyi atıyorum. Dedim ya mahallede bir tane var ama ne oluyor bilmiyoruz. Hani bunun sonuçlarını aslında görebiliyor olsak, işte şuraya attığınız elektronik atıklar dönüştü, şöyle bir şey oldu falan gibi bir şey olsa evet daha teşvik edici olur. Yani şimdi oraya atsam bile ne olacak yani pek de bir şey olacak gibi gelmiyor."

3.1.4.2.4.5. Efor Gerektiren İşlemlerden Kaçınma (n = 7)

İkinci el cihaz satışı gibi belirli elden çıkarma yöntemleri katılımcılar tarafından zaman alıcı ve karmaşık olarak algılanmakta ve tüketicilerin bu yöntemleri kullanmasını engellemektedir.

Katılımcı 1: "Onun dışında bana mesela işte satmak falan da çok zaman alıcı geliyor. Nasıl diyeyim üşeniyorum ona çünkü bunun için işte platformlar var ama oraya işte koyacaksın, insanlar alacak, beğenmeyecek şey yapacak, geri verecek falan. Yani diyorum ki onu ona verene kadar evet yanımda etrafımda ihtiyacı olanlar varsa direkt vermek daha kolay belki ama satması falan bana çok uğraştırıcı geliyor."

3.1.4.2.4.6. Diğer Engelleyici Faktörler

Hiyerarşik kod-alt kod modelinde kategorize edilen faktörlerin dışında, katılımcılar sürdürülebilir elden çıkarma davranışında bulunmalarını engelleyen ek engeller belirlemişlerdir.

Satış Fiyatlarından Memnuniyetsizlik (n = 4): Bazı katılımcılar düşük ikinci el piyasa fiyatlarından dolayı ikinci el elektronik cihazlarını satmaktan vazgeçtiklerini belirtmişlerdir.

Katılımcı 11: "İkinci el olarak da verilmiyor. Çünkü genellikle çok düşük fiyat söylüyorlar."

Politika Desteğinin Eksikliği (n = 4): Bazı katılımcılar geri dönüşümü destekleyen kamu politikalarının yetersiz olduğunu düşünmektedirler.

Katılımcı 7: "Hani bilsek bile üst açı açısından bu yönetici işte bu politika açısından bir şey olmadığını bildiğimiz için belki de biz de bu davranışı sürdürüyoruz. Yani aslında en üst kısımda da bir şey yapılmıyor ya ben tüketici olarak ne yapabilirim diyorsun mesela? Bilsem ben gerçekten yöneticilerin böyle yönetici derken politika yapıcıların bununla ilişkin bir şeyler yaptığını araştırır bulurum. Ama hiç yaptıklarına ilişkin onlar da bize duyurmuyorlar ki."

Gizlilik Endişeleri (n = 4): Birkaç katılımcı kişisel veri güvenliğiyle ilgili endişeleri nedeniyle elektronik cihazlarını sürdürülebilir şekilde elden çıkarmaktan vazgeçtiğini vurgulamıştır.

Katılımcı 6: "Bir de bence kişisel bilgilerimizin çoğu bilgisayar ve telefonlarımızda olduğu için, hani silsek bile bazen hani olur ya hani bilgisayarı çok iyi bilen birisi onlara ulaşır diye de hani bende bir endişe oluyor. Evet ve eminim çok kişide de bu endişe vardır. Dolayısıyla her şeyi sıfırlasam, fabrika ayarlarına geri döndürsem bile

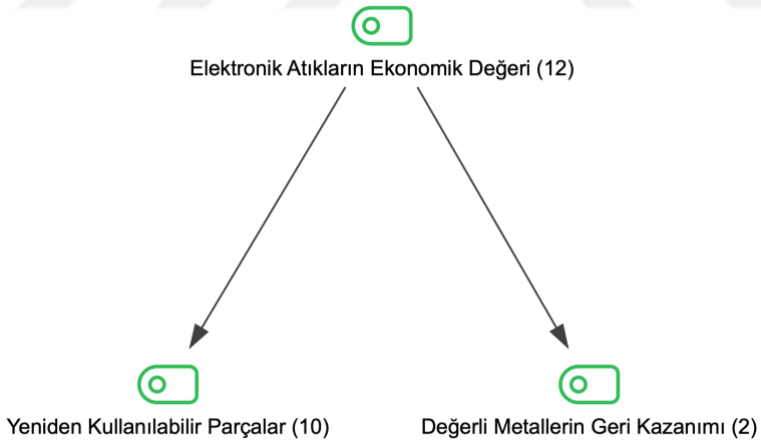
birisinin eline geçer ve kişisel bilgime ulaşır diye de vermek istemem. Hani öyle bir endişem de oluyor, bir de onu ekleyebilirim."

Çalışmanın bu bulgularından yola çıkılarak bireylerin sürdürülebilir elden çıkarma davranışlarında bulunmasını sağlamak ve geri dönüşüm girişimlerinin etkinliğini artırmak için öncelikle farkındalık yaratmak ve iyileştirilmiş erişilebilir altyapı ihtiyacını karşılayacak tedbir ve iyileştirmeler yapılması gerekmektedir.

3.1.4.2.5. Elektronik Atıkların Ekonomik Değeri

Katılımcılar ayrıca elektronik atıkların, özellikle yeniden kullanılabilir bileşenler (n = 10) ve değerli metaller (n = 2) açısından ekonomik potansiyele sahip olduğunu vurgulamışlardır (Şekil 22). Katılımcıların görüşleri elektronik atıkların yalnızca bir atık değil, aynı zamanda bir kaynak olduğunu göstererek geri dönüşümün ekonomik değer yaratmaya katkıda bulunacağının farkında olduklarını göstermektedir. Katılımcılar, elektronik atıkların ekonomik değeri hakkında kamuoyunda farkındalık yaratılmasının tüketicilerin sürdürülebilir elden çıkarma davranışlarında bulunmasını daha çok teşvik edebileceğini de öne sürmüşlerdir.

Şekil 22. E-Atıkların Ekonomik Değeri Hiyerarşik Kod- Alt Kodlar Modeli



3.1.4.2.5.1. Tekrar Kullanılabilir Parçalar

Elektronik atıkların içinde tekrar kullanılabilir parçaların bulunması, elektronik atıkların ekonomik değerini artıran önemli bir etkendir. Çalışmanın katılımcıları da görüşmelerde özellikle yedek parçaların geri kazanılmasının önemini vurgulamışlardır.

Katılımcı 5: "Eğer kullanılabilecek yedek parçaları varsa bunların alınması ekonomik ömrünün ekonomik bir değer olduğunu gösterir."

Bu ifade, elektronik atıkların yalnızca tek kullanımlık malzemeden oluşmadığını; aksine, uygun yöntemler kullanılarak işlendiğinde içlerinden yeniden kullanılabilir parçalar elde edildiğini ve bu şekilde tüketiciye ekonomik fayda sağlayabileceğini vurgulamaktadır.

3.1.4.2.5.2. Değerli Metallerin Geri Kazanımı

Katılımcılar ayrıca elektronik atıkların belirli miktarda geri kazanılabilen değerli metaller içerdiğini belirtmişlerdir. Özellikle anakartlar gibi eski nesil elektronik cihazların genellikle altın gibi değerli malzemeler içerdiğini görüşmelerde dile getirmişler.

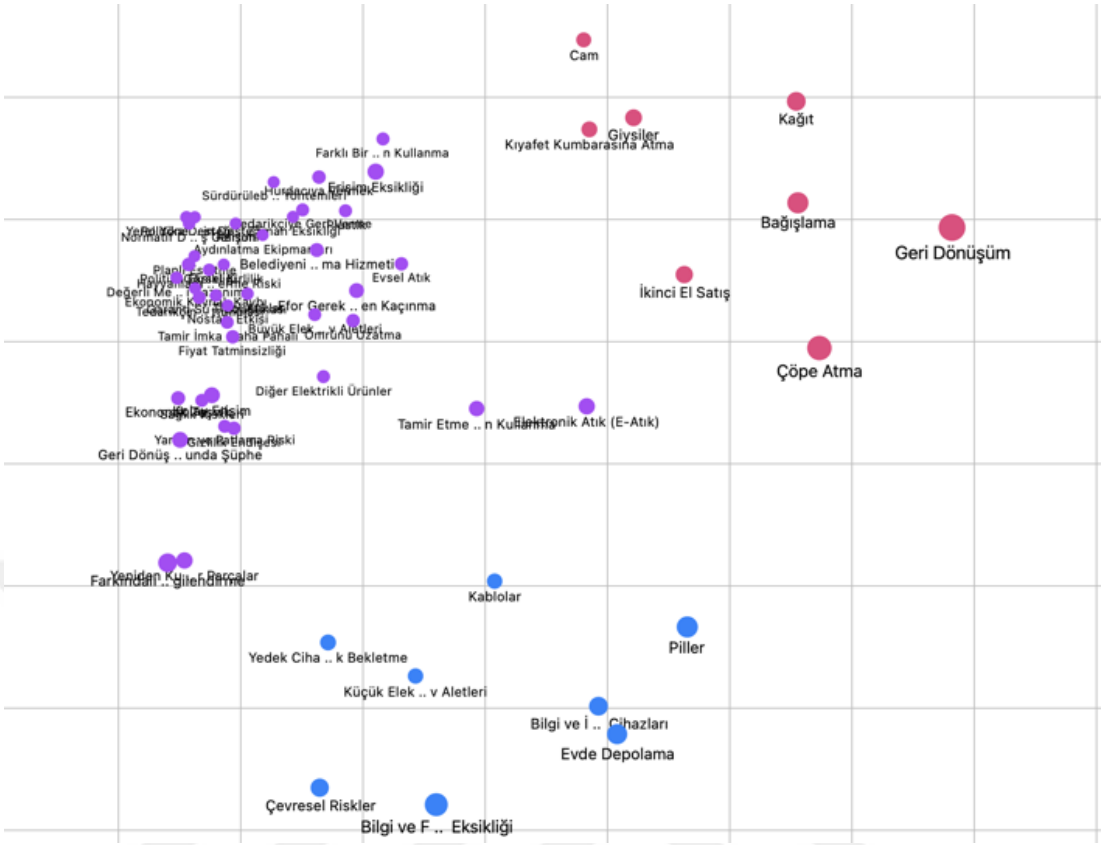
Katılımcı 4: "Tabii ki olmaz mı? Yani şöyle belki önceden daha çok olabilir, şu an bilmiyorum ama öncekilerde mesela bir anakart yapmak için anakartta belli bir oranda altın oluyor. Bunlar ayrıştırılıp, altın olarak satılabiliyor. Bunların peşinde olan insanlar da var yani biliyorum. Özellikle eski tuşlu telefonlarda bunlar çok yaygın var. Bunu bilseydik iyi olurdu aslında zamanında. Şu anda bilmiyorum da şu anda da vardır tabii ki de. Çünkü çeşitli farklı elementlerden yapılıyorlar. Bunların ayrıştırılması iyi olabilir ekonomik açılardan."

Bu açıklama, elektronik atıklardan değerli metalleri çıkarma ve geri kazanmanın ekonomik potansiyelini vurgulamaktadır. Katılımcılar, bu süreçlerin farkındalığını artırmanın ve uygulanmasını iyileştirmenin hem bireysel hem de toplumsal ekonomik faydalar sağlayabileceğini öne sürmüşlerdir.

3.1.4.3. Kod Haritası

Kod haritaları, nitel veri analizinde sıklıkla yararlanılan kavramsal kategoriler arasındaki ilişkileri anlamaya yardımcı olan araçlardır. Bu tür kod haritaları, yerleşik teori ve içerik analizi gibi nitel araştırma yöntemleriyle yakından bağlantılıdır. Özellikle, Corbin ve Strauss'un (1990) yerleşik teori yaklaşımı, verilerden türetilen kavramsal yapıları analiz etmek için önemlidir. Bu kodlar arasındaki mekansal ilişkiler, çeşitli faktörlerin hem bireysel hem de toplumsal düzeylerde geri dönüşüm davranışlarını nasıl şekillendirdiğine dair içgörü sağlamaktadır. Şekil 23'de sunulan kod haritasında, geri dönüşüm, atık elden çıkarma ve bağışlama gibi çevresel sürdürülebilirlikle ilgili temel temalar vurgulanırken, bilgi eksikliği, ekonomik kısıtlamalar ve düşük farkındalık gibi engellerin de ön plana çıktığı görülmektedir.

Şekil 23. Kod Haritası



3.1.4.3.1. Kod Haritasındaki Temel Bulgular

3.1.4.3.1.1. Makro Temalar ve Yaygınlık

Şekil 6'da yer alan Kod haritası incelendiğinde "Geri Dönüşüm" ve "Çöpe Atma" gibi kavramların diğer kategorilere kıyasla daha büyük göründüğü tespit edilmiştir. Bu durum bu temaların veri seti içerisinde daha sık kodlandığını ve dolayısıyla analiz edilen veri setinde baskın olduklarını göstermektedir. Özellikle "Çöpe Atma" alt kodunun kod haritasında büyük bir küme olarak yer alması, geri dönüşüm yerine atıkların doğrudan çöpe atılmasının daha yaygın bir eğilim olduğunu kanıtlamaktadır. Kod haritasında, "Bilgi ve Farkındalık Eksikliği", "Ekonomik Faktörler", "Çevresel Riskler" ve "Belediye Hizmetleri" dahil olmak üzere geri dönüşüm davranışına yönelik çeşitli engeller de ön plana çıkmaktadır. Bu faktörler çalışma kapsamında sürdürülebilir atık yönetimi uygulamalarını olumsuz yönde etkileyen hem bireysel hem de yapısal engeller olarak ele alınmaktadır. Ajzen'in (1991) Planlı Davranış Teorisine göre, bir bireyin belirli bir davranışı gerçekleştirme niyeti doğrudan bilgi ve farkındalık düzeyiyle bağlantılıdır. Bireyler geri dönüşüm hakkında yeterli bilgiye sahip değilse, bu davranışı benimseme olasılıkları daha düşük olacaktır. Bir başka

engel olarak kod haritasında yer alan ekonomik faktörler ise Maslow'un ihtiyaçlar hiyerarşisi (1943) bağlamında ele alındığında, bireylerin çevresel sürdürülebilirlik gibi daha üst düzey hedeflere yönelik hareket etmeden önce temel ekonomik ihtiyaçlarına öncelik vereceklerecekleri ön görülmektedir. Geri dönüşüm süreçlerinin getireceği finansal yük, sürdürülebilir alışkanlıklar geliştirmenin önünde bir engelleyici etki olarak görülebilir.

3.1.4.3.1.2. Alternatif Atık Yönetimi Yöntemleri

Kod haritasında "Bağış" ve "İkinci El Satışlar" gibi kategoriler de yer almaktadırlar. Bu kategoriler bireylerin geleneksel geri dönüşümün yanısıra diğer sürdürülebilir atık yönetimi uygulamalarını da benimsediğini göstermektedir. Özellikle, ikinci el satışlar ve bağışlar döngüsel ekonomi ve ortak tüketim kavramları ile yakın ilişki içerisindedirler. Ellen MacArthur Vakfı'nın döngüsel ekonomi modeline göre, ürünlerin ömrünü uzatmak atık üretimini azaltmak için kritik ve uzun dönemli fayda sağlayan sürdürülebilir bir stratejidir.

3.1.4.3.1.3. Elektronik Atık ve Depolama Trendleri

Kod haritasındaki "Elektronik Atık (E-Atık)", "Piller" ve "Ev Depolama" gibi alt kodların varlığı, tüketicilerin elektronik cihazları sürdürülebilir şekilde elden çıkarmak yerine evde saklama eğilimini gösterdiklerini vurgulamaktadır. Bu davranış, uygun e-atık elden çıkarma süreçleri konusunda farkındalık ve bilgi eksikliğinin yaşandığının altını bir kez daha çizmektedir.

E-atıkların çevreye yönelik etkisi göz önüne alındığında Yeşil Tüketim Teorisi ön plana çıkmaktadır. Peattie (1992) tarafından önerilen bu teori, yüksek çevre bilincine sahip bireylerin tüketim alışkanlıklarını ve atık yönetimi uygulamalarını sürdürülebilirlik ilkelerine göre uyguladıklarını öne sürmektedir. Ancak, tüketicilerdeki bilgi eksikliği bu hedefe ulaşmanın önünde yine önemli bir engel olarak ortaya çıkmaktadır.

Genel olarak kod haritası ele alındığında bulgular geri dönüşüm davranışlarını teşvik etmek için farkındalık kampanyalarına ve teşvik mekanizmalarına duyulan ihtiyacı özellikle vurgulamaktadırlar. Tüketicilerde çevresel farkındalığı artırmayı amaçlayan bilinçlendirme kampanyaları ve eğitim programları, atık yönetimi süreçlerine daha fazla katılımı teşvik etmesi beklenmektedir. Ayrıyeten depozito-iade sistemleri gibi ekonomik teşvik mekanizmalarının geri dönüşümü bireyler için daha çekici hale

getirimesi ön görülmektedir. Ve son olarak belediyeler atık toplama ve geri dönüşüm hizmetlerine erişilebilirliği artıracak yapısal iyileştirmeler ile sürdürülebilir atık bertarafına yönelik kamu katılımını artırılması sağlanabilecektir.

3.1.4.4. Sonuç

3.1.4.4.1. Teorik Çıkarımlar

Bu çalışmada Teknoloji Kabul Modeli (TAM) ve Planlı Davranış Teorisi (TPB) kapsamında tüketicilerin elektronik atıkları elden çıkarma davranışlarını etkileyen faktörler incelenmiştir. Çalışmanın bulguları tüketicilerin sürdürülebilir elden çıkarma davranışında bulunmasının psikolojik, yapısal ve sosyal faktörler tarafından şekillendirildiğini göstermektedir. Ayrıca bu faktörler bireylerin e-atık geri dönüşüm sistemleriyle etkileşimini belirlemede de önemli bir rol oynamaktadır. Çalışma, sürdürülebilir elden çıkarma davranışının temel kolaylaştırıcıları olarak geri dönüşüm altyapısına kolay erişim olanaklarını ve ekonomik teşviklerin önemini ön plana çıkarmaktadır. Öte yandan bilgi boşlukları, geri dönüşüm sistemlerine duyulan güvensizlik ve güçlü sosyal normların eksikliği sürdürülebilir elden çıkarma davranışında bulunmanın engelleyicileri olarak belirlenmiştir.

Bu araştırmanın en önemli katkılarından biri, e-atık elden çıkarma davranışları hakkında kapsamlı bir inceleme sağlamak için TAM ve TPB'yi entegre ederek bulguları entegre teorik yapılar eşliğinde açıklamasıdır. Sonuçlar, tüketicilerin e-atık geri dönüşümüne katılımının büyük ölçüde kolaylık ve algılanan fayda algılarına bağlı olduğunu desteklemektedir. Özellikle, takas programları ve depozito-iade sistemleri gibi ekonomik teşvikler, çevreye duyarlı elden çıkarma alışkanlıklarını teşvik etmede etkili motivasyonlar olarak belirlenmiştir.

3.1.4.4.2. Politika ve Pratik Sonuçlar

Bu çalışmanın bulguları doğrultusunda etkili e-atık yönetiminin sağlanması için altyapı iyileştirmeleri, ekonomik teşvikler, düzenleyici önlemler ve davranışsal müdahaleleri de içeren bütüncül bir yaklaşım gerektiği ortaya konmuştur. Analiz bulgularından yola çıkılarak politika yapıcılar ve uygulayıcılar için birkaç önemli iyileştirme ortaya konmuştur. İlk olarak, e-atık toplama noktalarının erişilebilirliğini artırmak ve perakende mağazalarında geri alma programlarını entegre etmek, geri dönüşüm faaliyetlerine yönelik katılımı arttıracaktır. Kamuoyu farkındalık

kampanyalarını güçlendirmek de aynı derecede önem taşımaktadır. Çünkü eğitim girişimlerinin mevcut bilgi boşluklarını kapatmaya ve geri dönüşüm sürecine olan güveni artırmaya yardımcı olması ön görülmektedir. Ek olarak, depozito-iade planları ve geri alım programları gibi finansal teşviklerin sorumlu elden çıkarma davranışlarını teşvik edeceği katılımcılar tarafından sıklıkla dile getirilmiştir.

Sürdürülebilir e-atık elden çıkarma davranışını yaygınlaştırmak için sosyal etki stratejilerinden de yararlanılmalıdır. Topluluk liderliğindeki girişimler ve çevre örgütleriyle ortaklıklar, bağışlama, ikinci el satış vb. sorumlu tüketim modellerini güçlendirmeye yardımcı olacaktır. Ayrıca, özellikle üreticilerin ürünlerinin kullanım ömrü yönetiminden sorumlu olmasını sağlayan Genişletilmiş Üretici Sorumluluğu (EPR) politikalarının uygulanması yoluyla düzenleyici çerçeveler güçlendirilmelidir. Son olarak, onarım hakkı yasaları ve sertifikalı yenilenmiş elektronik pazarları aracılığıyla döngüsel ekonomi uygulamalarını teşvik etmek, ürün ömrünü daha da uzatacak ve bu şekilde atık ortaya çıkış süresi azalacaktır. Bu stratejileri uygulayarak, hükümetler, işletmeler ve kuruluşların daha sürdürülebilir bir atık yönetim sistemi oluşturmak için iş birliği yapması gerekliliğinin çalışma bulgularınca altı çizilmektedir. Bu da elektronik atıkların en aza indirildiği, kaynakların korunduğu ve sürdürülebilirliğin önceliklendirildiği döngüsel ekonomiye geçişi kolaylaştıracaktır.

3.1.4.4.3. Sınırlamalar ve Gelecekteki Araştırmalar

Bu çalışmanın belirli sınırlamaları bulunmaktadır. Nispeten küçük örneklem boyutu, bulguların genelleştirilebilirliğini sınırlayabilmektedir. Ayrıca yüksek eğitimli bireylere odaklanmak daha geniş yelpazedeki tüketici kitlesinin davranışlarını tam olarak kapsamayacaktır. Ek olarak, araştırma belirli bir coğrafi ve kültürel bağlamda yürütüldüğünden, bulgular doğrudan diğer bölgelere uygulanamayabilir.

Gelecekteki araştırmalar, elden çıkarma davranışlarının zaman içinde nasıl evrildiğini inceleyen uzunlamasına çalışmalar yapması önerilmektedir. Farklı sosyoekonomik gruplar arasında karşılaştırmalı çalışmalar da e-atık yönetimi uygulamalarındaki farklılıklara dair değerli içgörüler sağlayacağı düşünülmektedir. Son olarak, finansal teşvikler ve farkındalık kampanyaları gibi politika müdahalelerinin etkinliğini araştıran deneysel araştırmalar, sürdürülebilir elden çıkarma davranışlarını daha geniş ölçekte geliştirmek için pratik öneriler üretebilecektir.

3.2. İkinci Çalışma - Mobil Yorumların Duygu Analizi (Sentiment Analizi)

Çalışma kapsamında Google Play ve Apple App Store'daki mobil atık yönetimi uygulamalarına yönelik yapılan kullanıcı incelemelerini analiz etmek amacıyla Python programlama dili kullanılarak sistematik bir yöntem izlenmiştir. Literatürde sosyal medya ve mobil uygulama incelemelerinden veri toplamanın, kullanıcı davranışlarının ve görüşlerinin analizi için etkili bir yöntem olduğu kabul edilmektedir (Abkenar vd., 2021; Genc-Nayebi & Abran, 2017). Bu çalışmada da mobil uygulama incelemeleri aracılığıyla duygu durumu ve konu dağılımını incelemek üzere adım adım veri toplama, veri ön işleme (yorum çevirisi ve veri temizleme), kelime bulutu oluşturma, konu modelleme ve duygu analizi gerçekleştirilmiştir.

Veri çekim işlemi ile başlayıp, veri işlenmesi ve ön işleme süreçlerini de içeren bu aşamalar ile analizlerde kullanılacak kelimelerin doğru bir şekilde seçilmesini ve veri temizliğinin kapsamlı bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamak amaçlanmıştır (Aggarwal & Zhai, 2012). Çalışmanın yöntemi kullanılan analizlerin güvenirliği ve geçerliliğini arttırmak amacıyla adım adım uygulanan yapılandırılmış bir süreç dizisini içermektedir (Hair et al., 2019; Neuendorf, 2017).

3.2.1. Veri Setini Oluşturma

3.2.1.1. Uygulamaların Belirlenmesi

Öncelikle AppStore ve GooglePlay platformlarında yer alan atık yönetimi uygulamaları "atık" ve "waste" anahtar kelimeleri kullanılarak tespit edilmiştir. AppStore için uygulama ID'leri (29 uygulama), GooglePlay (17) için ise uygulama isimleri belirlenerek yorumları çekilecek uygulamalara ilişkin listeler oluşturulmuştur (Tablo 6).

Tablo 6. App Store ve Google Play'de Yer Alan Atık Geri Dönüşümü Uygulamaları

APPSTORE	GOOGLEPLAY
'1594804437', '1626065880', '1567617015', '1448924854',	('com.atiknakit.atiknakit', 'Atık Nakit'), ('com.atiknakit.gaziosmanpasa', 'Gaziosmanpaşa Atık Nakit'), ('com.atiknakit.kucukcekmece', 'Küçükçekmece Atık Nakit'), ('com.atiknakit.pendik', 'Pendik Atık Nakit'),

'1550602082', '1559765791', '1553294516', '6468953689', '6476140495', '6469734548', '1586446990', '6446827069', '1629850007', '6444349360', '6477374265', '6476923394', '6472712988', '6473684178', '1663140925', '6474077922', '1450386507', '1190084432', '1220719338', '1670397420', '1582520966', '1573175365', '6451251706', '6469734295', '1627565857'	('com.atiknakit.bagcilar', 'Bağcılar Atık Nakit'), ('com.atiknakit.gursu', 'Gürsu Atık Nakit'), ('com.atiknakit.tesis', 'Atık Tesis'), ('tr.bel.konya.sifiratik', 'Konya Sıfır Atık'), ('com.atiknakit.sultangazi', 'Sultangazi Atık Nakit'), ('com.atiknakit.corlu', 'Çorlu Atık Nakit'), ('com.atiknakit.inegol', 'İnegöl Atık Nakit'), ('com.atiknakit.ercis', 'Erciş Atık Nakit'), ('com.atiknakit.zeytinburnu', 'Zeytinburnu Atık Nakit'), ('com.atiknakit.seyhan', 'Seyhan Atık Nakit'), ('com.wastelog.producers', 'WasteLog Producers'), ('com.atiknakit.besiktas', 'Beşiktaş Atık Nakit'), ('istanbul.istac', 'İstanbul İstaç')

3.2.1.2. Araç ve Kütüphanelerin Seçimi

Yorumları çekebilmek için PYTHON programlama dili kullanılmıştır. Öncelikle veri çekimi için kullanılacak kütüphaneler belirlenmiştir. Veri çekim sürecini daha verimli ve otomatik hale getirmek için Google play scraper ve requests kütüphanelerinden yararlanılmıştır (Aldabbas vd., 2021; Maalej vd., 2015). Google play scraper kütüphanesi Google Play Store'daki incelemeleri toplamak için kullanılmaktadır (Venkatakrishnan vd., 2020). Bu kütüphane, uygulama paket adları kullanarak uygulama verilerini çekerek, verilerin Python ortamında işlenmesini sağlamaktadır (Aldabbas vd., 2021). Requests kütüphanesi ise Apple App Store verilerini çekmek

için kullanılan HTTP istek kütüphanesidir. Apple'ın sunduğu API'lere istek göndermek ve JSON formatında veri almak için kullanılmaktadır (Reitz, 2011; Apple Inc., 2024). Literatürdeki çalışmalarda da büyük veri kümelerinin manipülasyonu ve analizi için kullanılan güçlü ve esnek bir araç olan pandas kütüphanesi verilerin işlenmesi, DataFrame yapısına dönüştürülmesi ve Excel dosyasına kaydedilmesi amacıyla veri manipülasyonu ve analiz işlemleri için kullanılmıştır (McKinney, 2010).

3.2.1.3. Veri Çekme Süreci

Önceden belirlenen Google Play Store'daki atık uygulamaları listesi kullanıcı yorumları google_play_scraper'daki reviews fonksiyonu kullanılarak çekilmiştir. Elde edilen inceleme verileri pandas kütüphanesi ile excel formatına getirilmiştir. Veri çekimine ilişkin kullanılan kod dizisine Tablo 7'de yer verilmiştir.

Tablo 7. Google Play Store'daki Uygulamalara İlişkin Kullanıcı Yorumlarının Çekilmesine Yönelik Kod Dizisi

```
from google_play_scraper import Sort, reviews
import ssl
import pandas as pd
ssl._create_default_https_context = ssl._create_unverified_context
app_packages = [
    ('com.atiknakit.atiknakit', 'Atık Nakit'),
    ('com.atiknakit.gaziosmanpasa', 'Gaziosmanpaşa Atık Nakit'),
    ('com.atiknakit.kucukcekmece', 'Küçükçekmece Atık Nakit'),
    ('com.atiknakit.pendik', 'Pendik Atık Nakit'),
    ('com.atiknakit.bagcilar', 'Bağcılar Atık Nakit'),
    ('com.atiknakit.gursu', 'Gürsu Atık Nakit'),
    ('com.atiknakit.tesis', 'Atık Tesis'),
    ('tr.bel.konya.sifiratik', 'Konya Sıfır Atık'),
    ('com.atiknakit.sultangazi', 'Sultangazi Atık Nakit'),
    ('com.atiknakit.corlu', 'Çorlu Atık Nakit'),
    ('com.atiknakit.inegol', 'İnegöl Atık Nakit'),
    ('com.atiknakit.ercis', 'Erciş Atık Nakit'),
    ('com.atiknakit.zeytinburnu', 'Zeytinburnu Atık Nakit'),
    ('com.atiknakit.seyhan', 'Seyhan Atık Nakit'),
    ('com.wastelog.producers', 'WasteLog Producers'),
    ('com.atiknakit.besiktas', 'Beşiktaş Atık Nakit'),
    ('istanbul.istac', 'İstanbul İstaç')]
```

```
all_reviews = []
for app_package, app_name in app_packages:
    result, _ = reviews(
        app_package,
        lang='tr',
        country='tr',
        sort=Sort.NEWEST,
        count=500)
    for review in result:
        review['Uygulama'] = app_name
    all_reviews.extend(result)
df = pd.DataFrame(all_reviews)
df.to_excel(GOOGLEPLAY.xlsx', index=False)
```

Apple App Store için ise request kütüphanesi kullanılarak çekilen JSON verisi pandas DataFrame formatına dönüştürülerek analiz için uygun hale getirilmiştir. Veri çekimine ilişkin kullanılan kod dizisine Tablo 8'de yer verilmiştir.

Tablo 8. App Store'daki Uygulamalara İlişkin Kullanıcı Yorumlarının Çekilmesine Yönelik Kod Dizisi

```
import requests
import pandas as pd
uygulama_idleri =
['1594804437', '1626065880', '1567617015', '1448924854', '1550602082',
'1559765791', '1553294516','6468953689', '6476140495', '6469734548',
'1586446990', '6446827069', '1629850007', '6444349360','6477374265',
'6476923394', '6472712988', '6473684178', '1663140925', '6474077922',
'1450386507','1190084432', '1220719338', '1670397420', '1582520966',
'1573175365', '6451251706', '6469734295', '1627565857']
tum_veriler = []
yorumlar_listesi = []
for app_id in uygulama_idleri:
    url = f'https://itunes.apple.com/lookup?id={app_id}&country=tr'
    response = requests.get(url)
    data = response.json()
    if 'results' in data and len(data['results']) > 0:
        result = data['results'][0]
        tum_veriler.append(result)
```

```
        app_name = result.get('trackName', 'Bilinmiyor')
        yorum_url =
f'https://itunes.apple.com/tr/rss/customerreviews/id={app_id}/json'
        yorum_response = requests.get(yorum_url)
        yorum_data = yorum_response.json()
        if 'feed' in yorum_data and 'entry' in yorum_data['feed']:
            yorumlar = yorum_data['feed']['entry']
            for yorum in yorumlar:
                if isinstance(yorum,
                              dict) and 'author' in yorum:
                    yorum_dict = {
                        'app_id': app_id,
                        'app_name': app_name,
                        'yorum_id': yorum['id']['label'],
                        'author_name': yorum['author']['name']['label'],
                        'author_uri': yorum['author']['uri']['label'],
                        'rating': yorum['im:rating']['label'],
                        'version': yorum['im:version']['label'],
                        'vote_count': yorum['im:voteCount']['label'],
                        'review_title': yorum['title']['label'],
                        'review_content': yorum['content']['label'],
                        'review_date': yorum['updated']['label']
                    }
                    yorumlar_listesi.append(yorum_dict)
                else:
                    print(f"Yorum bir sözlük değil: {yorum}")
data = pd.DataFrame(tum_veriler)
yorumlar_df = pd.DataFrame(yorumlar_listesi)
with pd.ExcelWriter('APPSTORE.xlsx') as writer:
    data.to_excel(writer, sheet_name='Uygulama_Detaylari', index=False)
    yorumlar_df.to_excel(writer, sheet_name='Yorumlar', index=False)
```

3.2.1.4. Verilerin İşlenmesi ve Birleştirilmesi

Google Play Store ve Apple App Store'dan toplanan veriler, pandas ile ayrı DataFrame'lere dönüştürülmektedir. Bu veri yapıları analizde kullanılmak üzere ExcelWriter () fonksiyonu ile Excel dosyalarına kaydedilmektedir. Google Play için

veriler tek bir sayfada, Apple App Store için uygulama bilgileri ve kullanıcı yorumları ayrı sayfalarda olacak şekilde saklanmaktadır. Elde edilen veri setleri Excel formatında birleştirilerek toplamda 253 yorum ve 19 uygulama (yorum olmayan uygulamalar çalışmaya dahil edilmemiştir) (Tablo 9) üzerinde çalışılmıştır.

Tablo 9. Veri Setinde Yer Alan Uygulamalar

1. Atık Nakit
2. Gaziosmanpaşa Atık Nakit
3. Küçükçekmece Atık Nakit
4. Bağcılar Atık Nakit
5. Gürsu Atık Nakit
6. Konya Sıfır Atık
7. Sultangazi Atık Nakit
8. Çorlu Atık Nakit
9. Zeytinburnu Atık Nakit
10. Seyhan Atık Nakit
11. WasteLog Producers
12. Beşiktaş Atık Nakit
13. İstanbul İstaç
14. GOP Sıfır Atık
15. İzmit Çınar Atık
16. MoTAT Atık Yönetim Uygulaması
17. Kadıköy Belediyesi Atık Getirme Noktalarımız
18. Atık Yönetim Rehberi
19. Waste Log Atık Bildir

3.2.1.5. Veri Ön İşleme Süreci

Bu bölümde çalışma kapsamında veri ön işleme süreci gerçekleştirilmiştir (Tablo 10). İlk olarak, veri setindeki kullanıcı yorumları pandas kütüphanesi ile okunmuş ve eksik veriler temizlenmiştir. Yorumlar Türkçe olduğundan, analiz öncesi deep_translator modülü kullanılarak İngilizce'ye çevrilmiştir. Bu sayede metin madenciliği adımlarında kullanılacak dil birliği sağlanmıştır. Ardından, nltk kütüphanesinin "stopwords" listesi ve ayrıca belirlenen özel durdurma kelimeleri (custom stopwords) yardımıyla metinlerden anlam taşımayan kelimeler çıkarılmıştır. Noktalama işaretleri, sayılar ve gereksiz boşluklar temizlenmiş; tüm metinler küçük harfe dönüştürülmüştür. Böylece yorumlar analiz için standart bir forma getirilmiştir. Temizlenmiş ve çevrilmiş metinler birleştirilerek WordCloud kütüphanesi ile kelime bulutu görselleştirilmiştir. Kelime bulutu, kullanıcı yorumlarında en sık geçen kelimeleri görsel olarak öne çıkarmış ve metinlerin genel temasının hızlı bir şekilde anlaşılmasına olanak

sağlamıştır. Bu adım, sonraki aşamalarda yapılacak duygu analizi ve konu modelleme çalışmalarına veri sağlaması açısından kritik bir ön hazırlık işlevi görmüştür.

Tablo 10. Veri Ön İşleme Süresinde Kullanılan Tablo Dizisi

```
import pandas as pd
from deep_translator import GoogleTranslator
from wordcloud import WordCloud
import matplotlib.pyplot as plt
import re
import nltk
from nltk.corpus import stopwords
try:
    nltk.download('stopwords')
except Exception as e:
    print(f"Stopwords yüklenirken hata: {e}")
def clean_text(text):
    if text is None:
    text = text.lower()
    text = re.sub(r'[^\w\s]', '', text)
    text = re.sub(r'\d+', '', text)
    stop_words = set(stopwords.words('english'))
    text = ' '.join(word for word in text.split() if word not in stop_words)
    return text
file_path = '/Users/eceozer/Desktop/Veri Setleri/MERGED_253.xlsx'
df = pd.read_excel(file_path)
df.columns = df.columns.str.strip()
print(df.columns)
reviews = df['content'].dropna().tolist()
translated_reviews = []
for review in reviews:
    try:
        if review:
            translated_review = GoogleTranslator(source='tr', target='en').translate(review)
            translated_reviews.append(translated_review)
        else:
            translated_reviews.append("")      except Exception as e:
        print(f"Çeviri hatası: {e}")
        translated_reviews.append

cleaned_reviews = [clean_text(review) for review in translated_reviews if review]
```

```
text = ' '.join(cleaned_reviews)
custom_stopwords = {'about', 'according', 'added', 'address', 'allow', 'also', 'always', 'am',
'an', 'another', 'any', 'appear', 'appointment', 'application', 'app', 'are', 'around', 'as', 'ask', 'at',
'away', 'be', 'been', 'being', 'but', 'by', 'came', 'can', 'cannot', 'cant', 'code', 'collect', 'come',
'could', 'create', 'creating', 'day', 'did', 'didnt', 'district', 'do', 'does', 'doesnt', 'done', 'dont',
'down', 'downloaded', 'each', 'enter', 'entered', 'even', 'every', 'feel', 'find', 'for', 'from', 'get',
'give', 'gives', 'given', 'giving', 'go', 'going', 'good', 'great', 'had', 'has', 'hasnt', 'have', 'havent',
'hello', 'home', 'hope', 'how', 'however', 'if', 'im', 'in', 'incorrect', 'information', 'installed', 'is', 'it',
'its', 'just', 'keep', 'kg', 'kilo', 'kilogram', 'kilos', 'know', 'let', 'lets', 'like', 'little', 'log', 'logged',
'made', 'make', 'making', 'many', 'may', 'message', 'might', 'more', 'much', 'must', 'need',
'needs', 'never', 'nice', 'not', 'number', 'on', 'one', 'open', 'over', 'page', 'phone', 'please',
'point', 'points', 'program', 'put', 'quite', 'really', 'receive', 'receives', 'register', 'request', 'says',
'say', 'score', 'see', 'seem', 'send', 'should', 'since', 'some', 'still', 'street', 'successful',
'system', 'take', 'tell', 'thank', 'that', 'the', 'these', 'thing', 'think', 'this', 'those', 'though',
'thought', 'throw', 'time', 'times', 'today', 'took', 'tried', 'trying', 'try', 'two', 'under', 'understand',
'update', 'up', 'use', 'used', 'useful', 'using', 'vehicle', 'verification', 'very', 'want', 'was', 'week',
'well', 'went', 'were', 'what', 'when', 'which', 'who', 'whom', 'why', 'will', 'wish', 'without', 'wont',
'work', 'works', 'would', 'write', 'zero'}
wordcloud = WordCloud(width=800, height=400, background_color='white',
                      stopwords=custom_stopwords, max_words=150).generate(text)
plt.figure(figsize=(10, 5))
plt.imshow(wordcloud, interpolation='bilinear')
plt.axis('off')
plt.title('Kelime Bulutu')
plt.show()
```

3.2.1.6. Çeviri ve Veri Seti Temizleme

Mobil uygulamalara yapılan incelemeler Türkiye'den toplandığı için incelemelerin büyük çoğunluğunun dili Türkçe'dir. Veriyi tek dilde birleştirerek analizleri gerçekleştirmek, doğal dil işleme süreçlerinin doğruluğunu artırmak amacıyla literatürde sıklıkla önerilmektedir (Tiedemann, 2022; Jurafsky & Martin, 2020). Veri setindeki incelemeleri daha doğru analiz edebilmek adına Google Translate API kullanılarak incelemeler öncelikle İngilizce diline çevrilmiştir (Dashtipour et al., 2016; Araújo et al., 2020). İngilizce diline çevrilen metinler, doğal dil işleme çalışmalarında yaygın olarak önerilen veri temizleme adımlarına uygun şekilde işlenmiştir. Bu kapsamda özel karakterler, sayılar ve anlamsal katkısı düşük stopword'ler veri setinden çıkarılmıştır (Manning et al., 2008; Bird et al., 2009; Aggarwal & Zhai, 2012;

Rezapour, 2020). Ayrıca veri setinde sıklıkla tekrar eden ancak analitik açıdan düşük değer taşıyan kelimeler özel stopword listesine eklenerek analiz dışı bırakılmıştır (Sarica & Luo, 2024). Bu tür ön işleme adımları, ilerleyen aşamalarda gerçekleştirilen konu modelleme ve duygu analizi gibi analizlerde temaların daha net ve ayırt edilebilir biçimde ortaya konmasını sağlamaktadır (Asmussen & Møller, 2019).

3.2.2. Veri Setinin Görselleştirilmesi: Kelime Bulutu

Veri setinde en sık tekrar eden kelimeleri belirlemek için kelime bulutu oluşturulmuştur. Kelime bulutları belirlenen konu ya da temadaki en sık kullanılan kelimelerin ortaya konmasında tercih edilen bir yöntemdir (Yang vd., 2020). Çalışmadaki veri setinden kelime bulutu oluşturulurken WordCloud kütüphanesi kullanılmıştır, veri setindeki en sık tekrar eden kelimeler görselleştirilmiştir (Wang vd., 2017).

Şekil 24. Kelime Bulutu



Şekil 24'deki veri setine ilişkin kelime bulutu incelendiğinde "waste" (atık), "recycling" (geri dönüşüm) ve "municipality" (belediye) gibi kelimelerin büyük boyutta ve merkezi bir konumda yer aldığı görülmektedir. Bu kelimeler veri setini oluşturan ana konuları temsil etmektedir. Bu ana konulardan yol çıkarak uygulama kullanıcılarının belediyeler tarafından sunulan atık ve geri dönüşüm hizmetlerine yönelik yorum yaptıkları gözlemlenmektedir.

Kelime bulutunda yer alan bazı kelimelerin ise pozitif ve negatif geri bildirimler olduğu görülmektedir. "Thanks" (teşekkür), "congratulate" (tebrik) ve "good" (iyi) gibi teşekkür ve övgü ile ilgili kelimeler ile "problem" (problem), "error" (hata) ve

"garbage" (çöp) gibi sorun ve şikayetlerle ilgili kelimeler kullanıcıların uygulamalarda yaşadıkları olumlu ve olumsuz deneyimlere yönelik ipuçları sunmaktadır. Buna göre kullanıcıların belediye ve atık toplama uygulamalarının sundukları hizmetleri takdir ederken, uygulamaların teknik problemleri ya da sunulan atık toplama hizmetlerinin eksiklikleri konusunda şikayetlerinin olduğu söylenebilmektedir. Kullanıcıların hangi konulara ve uygulamalara yönelik olumlu ve olumsuz duygular taşıdıkları konu modellemesi ve duygu analizlerinde ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

Kelime bulutu incelendiğinde farklı atık türlerine ait kelimelerin de veri setinin içinde yer aldığı tespit edilmiştir. Kullanıcıların yorumlarında yer alan "glass" (cam), “paper” (kağıt), “waste oil” (atık yağ) ve "vegetable oil" (bitkisel yağ) gibi kavramlardan yola çıkarak farklı atık türlerinin geri dönüşüm sürecindeki entegrasyonu ve kullanıcıların bu kavramlara yönelik farkındalık seviyelerinin daha yüksek olduğu söylenebilir.

Son olarak uygulamaların çevreyi korumaya yönelik katkısını vurgulayan "environment" (çevre), "clean" (temiz) ve "environmental" (çevresel) gibi kelimeler ile atık toplama süreçlerinde yerel yönetimin rolü ve etki alanını vurgulayan “municipality" (belediye) ve "neighborhood" (mahalle) gibi kelimelerin de kelime bulutunda yer aldığı görülmektedir.

Sonuç olarak mobil atık uygulamalarına ilişkin kullanıcı yorumlarının analiz edilmesi ile elde edilen bu kelime bulutundan yola çıkarak, kullanıcıların çevre bilinçlerinin yüksek olduğunu, bazı atık türlerine yönelik farkındalıklarının diğer atık türlerine kıyasla daha yüksek olduğunu (cam, yağ, kağıt), belediyelerin sundukları atık toplama hizmetlerine yönelik deneyim sahibi oldukları ve uygulamalara ilişkin olumlu ve olumsuz görüşlerinin bulunduğu söylenebilmektedir.

3.2.3. Duygu Analizi

Kullanıcı yorumlarındaki olumlu, olumsuz ve nötr duyguların tespit edilerek genel kullanıcı duyarlılığının belirlenmesi amacıyla çalışmanın atık uygulamalarına ilişkin yapılan kullanıcı yorumlarından oluşan veri setine duygu analizi uygulanmıştır (Vanaja & Belwal, 2018). Duygu analizi uygulama kullanıcılarının uygulamalara yönelik bakış açısını daha sistematik olarak inceleme olanağı sunmaktadır. Duygu analizinde pozitif, negatif ve nötr duyguları belirlemek için VADER (Valence Aware Dictionary and Sentiment Reasoner) kullanılarak yorumların duygu skorları hesaplanmıştır. VADER literatürde başta sosyal medya olmak üzere kullanıcı tarafından oluşturulan içeriklerin analiz edilmesinde yararlanılan bir duygu analiz

aracıdır (Hutto & Gilbert, 2014; Borg & Boldt, 2020). VADER ile hesaplanan yorumların valens değerleri (compound score) excel tablosunda her bir yorumun yanına gelecek şekilde yeni bir sütunda gösterilmiştir. Analize ilişkin frekans dağılım grafiğine Şekil 25'de yer verilmiştir.

3.2.4. Konu Modelleme

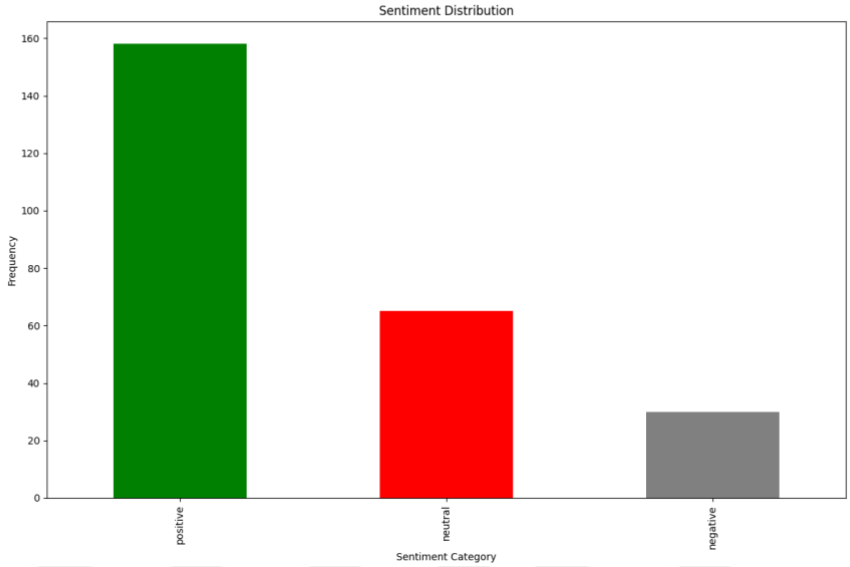
Veri setindeki kullanıcı yorumlarının ana temalarını belirlemek için Latent Dirichlvdlocation (LDA) modeli kullanılmıştır. LDA büyük metinlerde ana temaları bulmaya çalışan yaygın bir konumlandırma tekniğidir (Jelodar vd., 2019). Belirli sayıda konu belirleyerek veri setindeki kullanıcı yorumlarını bu konu başlıkları altında gruplamaktadır. Buradaki amaç yorumları önceden belirlenmiş anlamlı konulara ayırarak kullanıcıların en çok hangi konularda geri bildirimde bulunduğunu belirlemektir (Maier vd., 2018). Bu şekilde hangi konularda iyileştirmeler yapılması gerektiği tespit edilmiş olacaktır. Çalışmada kullanılan LDA modelinin doğruluğunu ve anlamlılığını arttırmak için TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency) modellemesi kullanılmıştır. Bu modelleme ile konu başlıkları arasındaki ayrımı güçlendirmek için veri setinde sıklıkla tekrar eden fakat düşük bilgi içeren kelimeler azaltılmıştır (Kim & Gil, 2019). Stop words çıkartılması, lemmatizasyon ve özel stop words listesi hazırlanarak bağlamdan bağımsız kelimelerin veri setinden çıkarılması sağlanmıştır. Son olarak tutarlı ve farklı konuların belirlenmesi amacıyla modelin tutarlılığı (coherence score) ölçülmüştür. Kullanılan modelin tutarlı olması ortaya konan konuların anlamlılığını arttırarak analizlerin daha güvenli olmasını sağlamaktadır (Altaweel vd., 2019). Farklı konu sayılarına göre modelin alacağı Coherence score'lar hesaplanmıştır. Analizlerde en yüksek skor olan 0,68 değerine 2 konu etrafında gruplandığında erişildiği görülmüştür (Röder vd., 2015). Konu modelleme ile veri setinde öne çıkan temalar belirlenmiş, iki konuya ulaşılmıştır.

3.2.5. Duygu Analizi Bulguları

Çalışmanın bu bölümünde duygu analizi bulgularına yer verilmiştir.

3.2.5.1. Veri Setindeki Duygu Dağılımı

Şekil 25. Genel Duygu Dağılımı



Çalışmanın veri setindeki kullanıcı yorumlarına ilişkin genel duygu dağılımı Şekil 25'de gösterilmiştir. Grafikte pozitif, nötr ve negatif olmak üzere üç duygu kategorisindeki yorumların frekansları karşılaştırılmıştır. Pozitif yorumların diğer duygu kategorilerine göre daha fazla olduğu görülmektedir. Atık uygulamalarındaki olumlu yorumların (yeşil sütun) fazlalığı genel olarak kullanıcıların bu uygulamaları olumlu bir şekilde algıladığını yansıtmaktadır. Uygulamalar kullanıcı beklentilerini karşılama ve kaliteli bir hizmet sunma kapasitesine sahip olabilirler. Çoğu kullanıcı atık uygulamalarından memnundur ve uygulamaları faydalı bulmaktadırlar.

Grafikteki kırmızı sütun ise kullanıcıların nötr yorumlarını göstermektedir. Bu kategoride yer alan müşteri yorumları ne olumlu ne de olumsuz duygu içermektedir. Kullanıcıların yorumları uygulamalara ilişkin memnuniyet ya da şikayet ifadeleri taşımamaktadır. Grafikte en düşük seviyede olan sütun (gri) olumsuz yorumları ifade etmektedir. Olumsuz yorumlar diğer yorumlara kıyasla az olsa da kullanıcıların belirli alanlarda memnuniyetsizlik yaşadığını yansıtmaktadır.

3.2.5.2. Veri Setine İlişkin Kelime Bulutları

Veri setindeki kullanıcılara ait pozitif, nötr ve negatif yorumların dağılımının ardından bu yorumlarda öne çıkan temaların belirlenmesi amacıyla pozitif ve negatif yorumlar için kelime bulutları oluşturulmuştur. Kelime bulutları ile olumlu ve olumsuz kullanıcı geri bildirimlerinin en etkin şekilde yorumlanması sağlanarak, uygulama geliştiriciler için sürdürülebilir uygulama iyileştirmelerinin planlanması sağlanacaktır.

3.2.5.2.1. Pozitif Kelime Bulutu

Şekil 26. Pozitif Kelime Bulutu

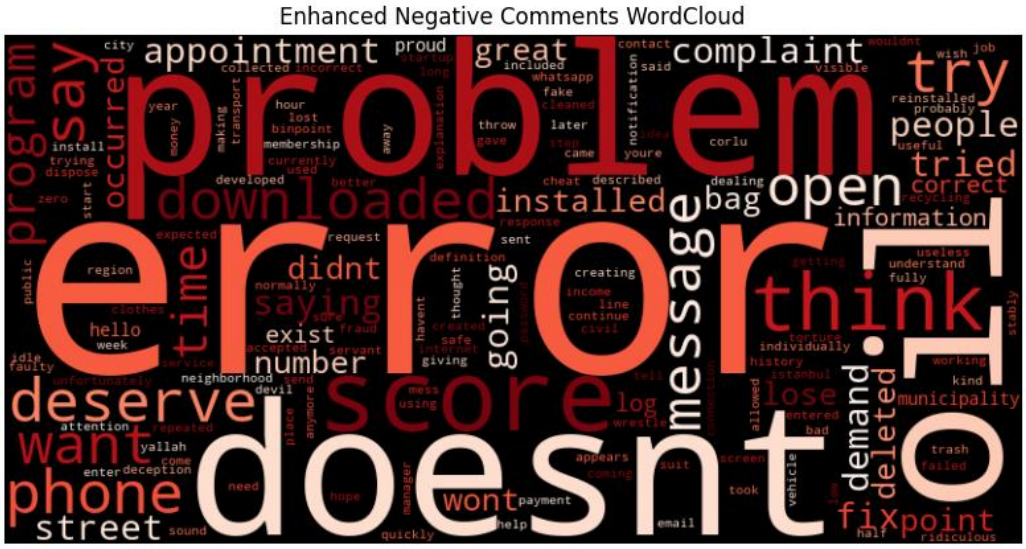


Şekil 26'daki pozitif yorumlardan oluşan kelime bulutu incelendiğinde pozitif yorumların dört ana tema üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. İlk tema teşekkür ve memnuniyet hakkında olup kullanıcıların olumlu deneyimlerini destekleyen "thank" (teşekkür), "good" (iyi) ve "nice" (güzel) kelimelerini içermektedir. Kelime bulutunun ikinci teması fonksiyonellik ve fayda kavramlarına odaklanmaktadır. Bu tema kullanıcıların uygulamaların sağlamış olduğu geri dönüşümle ilgili çözümler ve çevresel faydalar hakkındaki olumlu görüşlerini içermektedir. "Recycling" (geri dönüşüm), "useful" (faydalı-kullanışlı), "successful" (başarılı) ve "environment" (çevre) kavramları bu tema içerisinde en sık kullanılan kelimelerdendir. Kelime bulutundaki üçüncü tema ise belediyelerin rolüne yöneliktir. "Municipality" (belediye) kelimesinin sık tekrarlanması kullanıcıların yerel yönetimlerin bu hizmetlerdeki rolünden memnuniyet duyduklarını ifade etmektedir. Son olarak pozitif kelime bulutunun öne çıkan dördüncü teması organizasyon ve süreçlere odaklanmaktadır.

Kullanıcıların pozitif yorumlarda “appointment” (randevu) ve “point” (nokta) kelimelerini sıklıkla kullanması uygulamaların bu işlevlerine yönelik pozitif tutum beslediğini göstermektedir. Genel olarak pozitif yorumlara ilişkin kelime bulutundan yola çıkarak atık yönetim uygulamalarının çevresel farkındalığı arttırdığı, kullanıcıların ihtiyaçlarına yönelik çözümler sunarak kolaylık sağladığı ve bu şekilde kullanıcı memnuniyetini arttırdığı söylenebilir.

3.2.5.2.2. Negatif Kelime Bulutu

Şekil 27. Negatif Kelime Bulutu



Şekil 27’deki negatif yorumlardan oluşan kelime bulutu incelendiğinde negatif yorumların da dört tema üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Negatif yorumların ilk teması “error” (hata), “problem” (sorun), “doesn’t” (yapmıyor) ve “message” (mesaj) kelimelerinden oluşan teknik sorunlar temasıdır. Bu temanın içindeki öne çıkan kelimelerden yola çıkarak kullanıcıların bir takım teknik problemlerle karşılaştığı ve karşılaştıkları problemlerin de çözülemediği anlaşılmaktadır. İkinci tema ise mobil deneyim sorunlarını ifade eden “phone” (telefon), “downloaded” (indirildi) ve “installed” (yüklendi) kelimelerini içermektedir. Buradan yola çıkarak kullanıcıların uygulamaları yüklemesi veya uyumluluğu ile ilgili zorluklar yaşadığı söylenebilir. Üçüncü tema hizmet süreçlerindeki eksikliklere odaklanmaktadır. “Appointment” (randevu), “oil” (yağ), “score” (puan) ve “program” (program) kavramlarının negatif kelime bulutunda yer alması bazı kullanıcıların randevu ve puanlama sistemleriyle ilgili memnuniyetsizlik yaşadığını ifade etmektedir. Olumsuz kelime bulutunun son teması ise genel memnuniyetsizlik üzerindedir. Bu temada yer alan “doesn’t work”

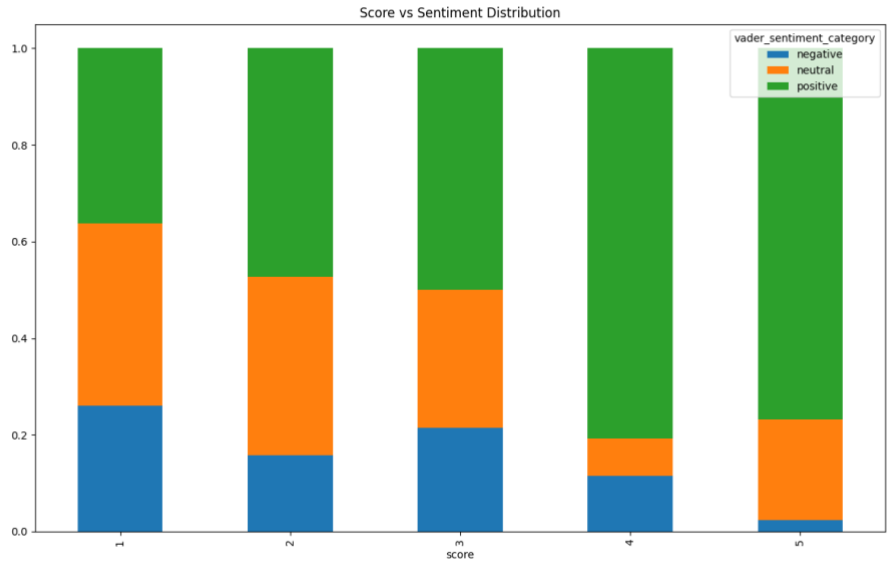
(çalışmıyor) ve "won't" (-mayacak) ifadeleri uygulamaların kendilerinin beklenen işlevleri yerine getirmediğini vurgulamaktadır. Genel olarak negatif yorumlara ilişkin kelime bulutundan, kullanıcıların teknik problemler ve süreçteki aksaklıklar nedeniyle uygulamaları tam kapasite ile kullanamadıklarını sonucuna erişilmektedir. Daha verimli bir kullanım deneyiminin sunulması için uygulamaların teknik altyapılarının güçlendirilmesi ve daha kullanıcı dostu tasarımların benimsenmesi gerekmektedir.

Pozitif ve negatif yorumlara ilişkin kelime bulutları karşılaştırıldığında pozitif kelime bulutundaki yorumların kullanıcıların memnuniyeti ve çevresel bilinçle ilgili ifadeleri üzerinde yoğunlaştığı tespit edilirken negatif yorumların ise teknik sorun ve süreçteki aksaklıklar üzerine odaklandığı görülmektedir. Bu bilgiler ışığında uygulama geliştiricileri atık yönetimi uygulamaları ile ilgili kullanıcıların memnuniyet duyduğu geri dönüşüm süreçleri, randevu sistemleri gibi alanları koruyup, gelişimlerini sağlarken, kullanıcı dostu bir deneyim sunmak için teknik sorunların çözülmesine ve performans iyileştirmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirmelidirler.

3.2.5.3. Atık Uygulama Puanı ve Duygu Analizi Bulgularının Karşılaştırılması

Uygulamalara ilişkin verilen puanlar (5 puan üzerinden) ile kullanıcı yorumlarına ilişkin duygu analizi bulgularının (pozitif-nötr-negatif) karşılaştırılması Şekil 28'de gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde kullanıcıların uygulamalara verdikleri puanlar ile duygu analizi sonuçlarının arasında güçlü bir korelasyon olduğu görülmektedir. Düşük puanlar (1 ve 2) negatif duygularla, yüksek puanlar (4 ve 5) ise pozitif duygularla ilişkilendirilmiştir.

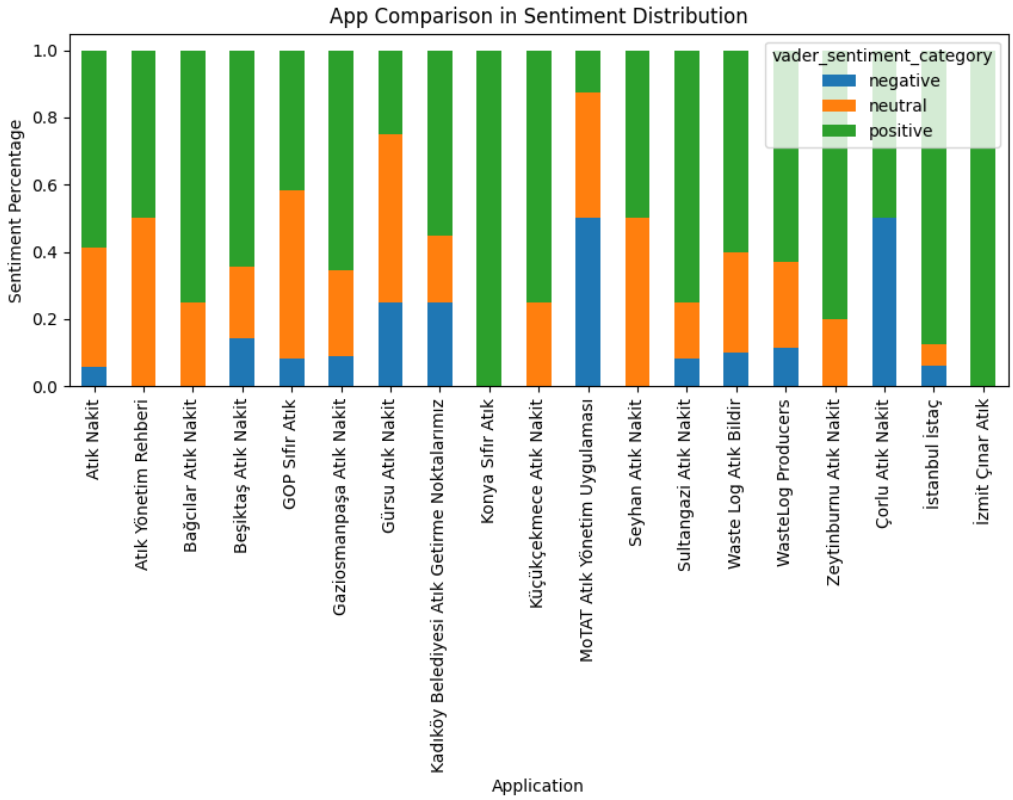
Şekil 28. Uygulama Puanları ile Duygu Dağılımın Karşılaştırılması



3.2.5.4. Atık Uygulaması ve Duygu Analizi Bulgularının Karşılaştırılması

Duygu analizinin sonucunda elde eden bulgular görselleştirilerek uygulamalara ilişkin duygu dağılımları Şekil 29'da gösterilmiştir. Genel olarak grafik yorumlandığında uygulamaların çoğunda pozitif yorumların (yeşil bar) daha fazla olduğu görülmüştür. Buradan yola çıkarak kullanıcıların atık yönetimi uygulamalarına yönelik genel memnuniyet seviyelerinin yüksek olduğu görülmektedir. Uygulama bazında incelediğinde "Konya Sıfır Atık" ve "İzmit Çınar Atık" uygulamalarına ilişkin tüm kullanıcı yorumlarının pozitif yorumlardan oluştuğu görülmektedir. Nötr yorumların (turuncu) dağılımı incelendiğinde çoğu uygulamada orta düzeyde oldukları görülmektedir. Bu yorumlar kullanıcılarda herhangi bir duygu oluşturmaktan uzak olup övgü ya da sorun ifadesi içermemektedirler. "MoTAT Atık Yönetim Uygulaması" ve "Çorlu Atık Nakit" gibi negatif yorumlara (mavi) sahip uygulamalar ise belirli alanlarda iyileştirmeye ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

Şekil 29. Uygulamalara Göre Duygu Dağılımı



3.2.6. Konu Modelleme Analizi Bulguları

Konu modelleme analizine ilişkin tablo incelendiğinde veri setinin iki konu üzerinde ayrıştığı görülmektedir (Tablo 11). İlk konu geri dönüşüm hakkındaki kullanıcı algısını ifade eden kavramları içermektedir. Kullanıcıların bu atık yönetimi uygulamalarını daha çok yağ, cam ve kağıt gibi atıkların geri dönüşümü kapsamında kullanmaktadırlar. Diğer bir bakış açısıyla ise kullanıcıların en çok ilgilendikleri ve farkındalık sahibi oldukları atık türlerinin yağ, cam, kağıt ve vegetable olduğu söylenebilir. İkinci konu kümesinde ise bu atık yönetim uygulamalarının bazı teknik problemler taşıdığını gösteren “appointment”, “error”, “problem”, “incorrect” kavramlarına rastlanmaktadır. Bu durum uygulamaların teknik işleyişlerinde iyileştirme yapılması gerekliliğini göstermektedir. Kullanıcı deneyimini arttırmaya ve teknik altyapıyı geliştirmeye yönelik adımlar atılmalıdır.

Tablo 11. Konu Modelleme Dağılımı

Konu 1: ['recycling', 'oil', 'glass', 'paper', 'vegetable']
Konu 2: ['appointment', 'error', 'update', 'gift', 'downloaded', 'problem', 'incorrect', 'register']

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen topic modelling analizinde ortaya konan temalar Konu 1: Atık türleri ve Konu 2: Teknik sorunlar olarak belirlenmiştir. Konu 1: Atık türleri kapsamında sadece yağ, cam, kağıt ve vegetable öne çıkarken diğer atık türlerinin veri setinde hiç yer almaması, kullanıcıların diğer atık türlerindeki (örneğin elektronik atık) farkındalık eksikliğini göstermektedir. Tema kapsamında öne çıkan atık türleri haricindeki atık türleri hakkında da tüketiciler üzerinde farkındalık yaratılması, çevre bilinci oluşturma hedeflerine daha fazla katkı sağlayacaktır. Konu 2: Teknik sorunlar ise uygulamaların mevcudiyetlerine rağmen işleyişlerinde sorun olduğunu göstermektedir. Uygulamalara ilişkin teknik sorunların giderilmesi ve kullanıcıların şikayetlerine hızlı dönüş sağlayacak bir destek mekanizması oluşturulması, kullanıcı memnuniyetini arttıracaktır.

3.2.7. Sonuç

3.2.7.1.1. Teorik Çıkarımlar

Bu çalışma, mobil atık yönetimi uygulamalarına ilişkin kullanıcı geri bildirimlerini analiz ederek dijital pazarlama, hizmet kalitesi ve sürdürülebilir pazarlama literatürüne çok boyutlu teorik katkılar sunmaktadır. Öncelikle, elde edilen bulgular hizmet kalitesi (SERVQUAL) modelinin (Parasuraman, Zeithaml & Berry, 1988) dijitalleşmiş kamu hizmetleri bağlamında da geçerliliğini destekler niteliktedir. Kullanıcıların yorumlarında öne çıkan teknik aksaklıklar, erişilebilirlik sorunları ve süreç hataları, SERVQUAL modelinde vurgulanan "güvenirlik" ve "duyarlılık" boyutlarının dijital hizmet deneyimi açısından ne kadar kritik olduğunu göstermektedir. Öte yandan, yorumlarda sıklıkla ifade edilen çevresel katkı ve memnuniyet unsurları, hizmet kalitesinin sadece fonksiyonel değil, aynı zamanda sembolik ve duygusal unsurlar tarafından da şekillendiğine işaret etmektedir (Zeithaml vd., 2002).

Çalışma ayrıca müşteri değeri ve deneyimi teorileri (Holbrook, 1999; Lemon & Verhoef, 2016) açısından dijital atık uygulamalarının pazarlama değer teklifini

anlamada önemli ipuçları sunmaktadır. Kullanıcılar uygulamaları yalnızca bir hizmet aracı olarak değil, aynı zamanda çevresel sorumluluklarını yerine getirmelerine olanak tanıyan birer değer yaratım platformu olarak değerlendirmektedir. Pozitif yorumlarda öne çıkan "çevre", "temizlik", "belediye hizmeti" gibi kavramlar, fonksiyonel faydaların ötesinde sosyal ve ahlaki değer unsurlarının da kullanıcı deneyimini şekillendirdiğini göstermektedir. Bu bulgu, sürdürülebilir pazarlama literatüründe vurgulanan, işletmelerin ve kamu kurumlarının sadece ekonomik değil aynı zamanda sosyal ve çevresel sorumluluklarına da yanıt veren pazarlama stratejileri geliştirmesi gerekliliğini desteklemektedir (Peattie & Belz, 2010).

Ayrıca çalışma, dijital müşteri yolculuğu ve etkileşim teorileri (Lemon & Verhoef, 2016) açısından mobil atık uygulamalarının kullanıcı etkileşimini nasıl şekillendirdiğini göstermektedir. Kullanıcıların teknik sorunlar, randevu süreçleri ve uygulama işlevselliklerine ilişkin olumsuz deneyimleri, dijital temas noktalarındaki aksaklıkların genel memnuniyet üzerinde nasıl olumsuz bir etki yarattığını ortaya koymaktadır. Bu durum, pazarlamada omnichannel deneyim bütünlüğü (Verhoef vd., 2015) ve hizmet tasarımı yaklaşımlarının dijital kamusal hizmetlerde de uygulanması gerekliliğine işaret etmektedir.

Son olarak, çalışma, kullanıcıların geri bildirimlerinin analiz edilmesi yoluyla müşteri odaklı inovasyon ve katılımcı değer yaratımı (Prahalad & Ramaswamy, 2004) teorilerine katkı sunmaktadır. Mobil uygulamalar yoluyla toplanan kullanıcı yorumları, hizmet sağlayıcıların kullanıcı ihtiyaçlarına duyarlı bir şekilde hizmet tasarımını geliştirmesine olanak sağlayarak, pazarlama stratejilerinin kullanıcı geri bildirimleriyle şekillendirilmesine örnek teşkil etmektedir. Çalışma, kamu hizmetlerinin pazarlanmasında kullanıcı deneyimi analizinin, hizmet geliştirme ve sürdürülebilirlik stratejilerine entegre edilmesi gerekliliğine dikkat çekmektedir.

3.2.7.1.2. Politika ve Pratik Sonuçlar

Bu çalışmanın bulguları, atık yönetimi uygulamalarının etkinliğini artırmak ve kullanıcı memnuniyetini üst düzeye çıkarmak için çeşitli politika ve uygulama düzeyinde öneriler sunmaktadır. İlk olarak, mobil atık yönetimi uygulamalarının sadece teknik bir araç değil, çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada stratejik bir politika aracı olarak değerlendirilmesi gerekmektedir (Belz vd., 2025). Kullanıcı

geri bildirimleri, atık uygulamalarının çevreye katkı ve sürdürülebilirlik bilinci yaratma potansiyelini güçlü bir şekilde desteklemekte ve bu tür dijital araçların çevre politikalarıyla daha bütünleşik hale getirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Yerel yönetimler açısından çalışmanın sonuçları, mobil uygulamaların belediyeler için sadece bir hizmet kanalı değil aynı zamanda bir vatandaş katılım platformu olarak da işlev görmesi gerektiğini göstermektedir. Kullanıcılar uygulamalar üzerinden deneyimlerini ve önerilerini paylaşmakta, bu da yerel yönetimlerin hizmet tasarımını dinamik biçimde revize etmesine olanak sağlamaktadır. Dolayısıyla, atık yönetimi politikalarında kullanıcı geri bildirimlerini sürekli izleyen ve değerlendiren bir katılımcı yönetim yaklaşımının benimsenmesi önerilmektedir (Arnstein, 1969; Bovaird & Loeffler, 2012).

Uygulama geliştiriciler ve teknoloji tedarikçileri için ise çalışma; teknik altyapı iyileştirmeleri, kullanıcı arayüz tasarımı ve yazılım entegrasyonu açısından kritik pratik çıkarımlar sunmaktadır. Özellikle yorumlarda sıkça dile getirilen randevu sistemi sorunları, teknik hatalar ve uygulama çökme problemleri, geliştiricilerin uygulama performansını artırmaya ve kullanıcı deneyimini iyileştirmeye yönelik daha sistematik bir kullanıcı odaklı tasarım süreci benimsemelerini gerektirmektedir (Norman, 2013; Hassenzahl, 2010). Teknik aksaklıkların azaltılması ve hızlı geri bildirim mekanizmalarının (ör. uygulama içi yardım ve destek botları) oluşturulması kullanıcı bağlılığını ve memnuniyetini artıracaktır.

Ayrıca, atık türlerine yönelik farkındalık eksiklikleri (ör. elektronik atıkların kullanıcı yorumlarında yer bulmaması) yerel yönetimlerin ve uygulama geliştiricilerin hedeflenmiş çevresel farkındalık kampanyaları geliştirmesi gerektiğini göstermektedir. Uygulamalarda eğitim modülleri, bilgilendirici içerikler ve oyunlaştırma unsurları (ör. puan toplama, rozet kazanma) gibi yenilikçi yaklaşımlar kullanılarak kullanıcıların geri dönüşüm davranışlarının teşvik edilmesi mümkündür (Zepke & Leach, 2010; Hamari vd., 2014).

Son olarak, ulusal ve bölgesel politika yapıcılar açısından çalışma, mobil uygulamaların entegre atık yönetimi politikalarının bir parçası olarak mevzuata dahil edilmesi ve bu uygulamalara teknik ve mali destek sağlanması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Uygulama verilerinden elde edilen kullanıcı görüşlerinin düzenli

raporlanması ve bu raporların politika geliştirme süreçlerine doğrudan katkı sağlayacak biçimde yapılandırılması, kamu hizmetlerinin şeffaflığını ve hesap verebilirliğini güçlendirecektir (Bryson vd., 2013).

3.2.7.1.3. Sınırlamalar ve Gelecekteki Araştırmalar

Bu çalışmanın temel sınırlamalarından biri, analiz edilen veri setinin yalnızca belirli bir dönemde ve Türkiye sınırları içindeki kullanıcı yorumlarını kapsamasıdır. Yorumların büyük bölümü belirli bir kullanıcı profilinin görüşlerini yansıttığından, sonuçların genellenebilirliği sınırlı olabilir. Ayrıca konu modelleme analizinde elde edilen Coherence score (0,68) tatmin edici bir uyum gösterse de daha fazla konu sayısı ve alternatif modelleme teknikleri (ör. NMF, HDP) ile farklı tema yapılarına ulaşılması mümkündür. Gelecekteki çalışmalar, daha geniş coğrafi kapsama sahip ve zamana yayılmış veri setleriyle çalışarak kültürel ve bölgesel farklılıkları da değerlendirmelidir. Ayrıca, kullanıcı yorumlarının demografik özellikleri ile duygu ve konu dağılımları arasındaki ilişkiler incelenerek uygulama geliştirme süreçlerine daha ayrıntılı girdiler sağlanabilir. Diğer yandan, otomatik duygu analizinin yanı sıra insan kodlaması ile desteklenen hibrit analiz yaklaşımlarının da uygulanması, model sonuçlarının güvenilirliğini artırabilir.

3.3. Üçüncü Çalışma - Anket Verisi ve Smart PLS Analizi

Bu çalışmanın temel amacı, tüketicilerin elektronik atıkları sürdürülebilir şekilde elden çıkarma davranışlarını etkileyen bireysel ve yapısal faktörleri belirlemektir. Bu kapsamda, bireylerin sürdürülebilir elden çıkarma niyeti ve davranışları, iki tamamlayıcı sosyal psikoloji teorisi olan Planlı Davranış Teorisi (TPB) ve Norm Aktivasyon Modeli (NAM) çerçevesinde incelenmiştir.

Elektronik atıkların çevresel etkileri ve geri kazanım potansiyeli dikkate alındığında, bireysel düzeyde sürdürülebilir elden çıkarma davranışlarını anlamak, etkin atık yönetimi politikalarının geliştirilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda çalışmanın temel araştırma sorusu şu şekilde formüle edilmiştir:

Araştırma Sorusu: Planlı Davranış Teorisi ve Norm Aktivasyon Modeli çerçevesinde, tüketicilerin e-atık kapsamında sürdürülebilir elden çıkarma davranışında bulunmasını etkileyen faktörler nelerdir?

Çalışmada, TPB ve NAM'in bir arada kullanılmasının davranışsal niyeti açıklamada daha güçlü sonuçlar sunduğuna dair literatürdeki bulgular (Bamberg & Möser, 2007; Park & Ha, 2014) temel alınmıştır. Bu iki teorik yaklaşımın bütünleştirilmesiyle oluşturulan model, çevresel davranışlara yönelik hem bilişsel (niyet, kontrol algısı, tutum) hem de ahlaki (kişisel norm, sorumluluk, farkındalık) süreçleri kapsamlı bir şekilde açıklamayı hedeflemektedir.

TPB bileşenleri olan tutum, sosyal normlar ve algılanan davranışsal kontrol aracılığıyla bireylerin sürdürülebilir e-atık elden çıkarma niyetleri analiz edilmiştir.

NAM bileşenleri olan kişisel normlar, atfedilen sorumluluk ve sonuçların farkındalığı aracılığıyla ise bireylerin içsel ahlaki yönelimleri değerlendirilmiştir.

Bunun yanı sıra, yapısal etkenler olarak modele algılanan politika etkinliği, hükümet yönlendiricileri ve algılanan kolaylık gibi değişkenler de dahil edilmiştir.

Araştırma, İstanbul'da yaşayan bireylerden anket yoluyla toplanan nicel veri setine dayanmakta olup, hipotezler PLS-SEM (Partial Least Squares Structural Equation Modeling) yöntemiyle test edilmiştir. Bu yöntem, teorik olarak karmaşık ve çok boyutlu yapıların analizine olanak sağlaması nedeniyle tercih edilmiştir.

Sonuç olarak bu çalışma, çevresel psikoloji ve tüketici davranışları literatürüne, TPB ve NAM teorilerinin birlikte uygulanabilirliğini göstererek katkı sağlamayı; uygulayıcılar açısından ise e-atık yönetim politikalarının bireylerin psikolojik ve yapısal engellerine duyarlı şekilde yeniden tasarlanması yönünde öneriler sunmayı hedeflemektedir.

3.3.1. Planlı Davranış Teorisine Dayalı Hipotezler

Planlı Davranış Teorisi (Theory of Planned Behavior, TPB), bireylerin belirli bir davranışı gerçekleştirme konusundaki niyetlerinin, o davranışın en güçlü doğrudan belirleyicisi olduğunu öne sürer (Ajzen, 1991). Bu teorik çerçevede, davranışsal niyet üç temel unsurdan etkilenir: tutum, algılanan davranışsal kontrol ve sosyal normlar. TPB, bireylerin rasyonel karar verme süreçlerini dikkate alarak, davranışların yalnızca dışsal faktörlerle değil, aynı zamanda bireysel inançlar ve sosyal çevre ile şekillendiğini savunur.

Bu çalışmada TPB, elektronik atıkların sürdürülebilir şekilde elden çıkarılması bağlamında modellenmiş ve aşağıdaki hipotezlerle test edilmiştir:

H1. Tutum (a), Sosyal Normlar (b) ve Algılanan Davranışsal Kontrol (c), sürdürülebilir elden çıkarma davranışında bulunma niyeti üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkiye sahiptir.

Tutum, bireyin belirli bir davranışı gerçekleştirmeye yönelik olumlu ya da olumsuz değerlendirmesini yansıtır. Elektronik atıkların çevreye zarar vermesinin bilincinde olan bireyler, bu atıkları sürdürülebilir biçimde elden çıkarmaya daha olumlu yaklaşmaktadır. Literatürde, çevresel fayda bilinciyle geliştirilen olumlu tutumların, geri dönüşüm gibi sürdürülebilir davranışlara yönelik niyeti artırdığı gösterilmiştir (Wan vd., 2017).

Sosyal normlar, bireyin içinde bulunduğu sosyal çevrenin beklentileri doğrultusunda şekillenen algılardır. Aile üyeleri, arkadaşlar, iş arkadaşları veya toplumun genel tutumları, bireyin çevre dostu davranışlarda bulunma motivasyonunu etkileyebilir. Çevresel duyarlılık konularında sosyal baskı veya onay, bireyin sürdürülebilir e-atık elden çıkarma yönünde niyet geliştirmesini güçlendirebilir (White vd., 2019).

Bireyler, belirli bir davranışı gerçekleştirme konusunda kendilerini yeterli ve yetkin hissettiklerinde, o davranışı gerçekleştirme yönündeki niyetleri daha yüksek olmaktadır. Elektronik atıkların nasıl ve nereye teslim edileceğini bilen bireyler, sürdürülebilir e-atık davranışlarını uygulama konusunda daha güçlü bir eğilim sergilemektedir (Ajzen, 2002; Knussen & Yule, 2008).

H2. Sürdürülebilir elden çıkarma davranışında bulunma niyeti, sürdürülebilir elden çıkarma davranışı üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkiye sahiptir.

TPB'nin temel varsayımı, davranışsal niyetin bireyin gerçek davranışına geçmesinde en güçlü belirleyici olduğudur. Birey, eğer elektronik atıklarını sürdürülebilir şekilde elden çıkarma konusunda güçlü bir niyete sahipse, bu niyetin fiili davranışa dönüşme olasılığı yüksektir (Ajzen, 1991). Bu nedenle, niyetin davranışa etkisi doğrudan test edilmiştir.

Bu hipotezler, TPB'nin e-atık bağlamında uygulanabilirliğini ve genişletilmiş yapılarla birlikte açıklayıcılığını değerlendirmek üzere modellenmiştir. Hipotezler, yapısal eşitlik modellemesi aracılığıyla istatistiksel olarak sınanmıştır.

3.3.2. Norm Aktivasyon Modeline Dayalı Hipotezler

Norm Aktivasyon Modeli (NAM), bireylerin çevresel sorumluluk gerektiren davranışlarını açıklamak amacıyla geliştirilen ve ahlaki/etik temelli bireysel karar süreçlerine odaklanan psikolojik bir modeldir (Schwartz, 1977). NAM'e göre, bireyin çevresel bir davranışı gerçekleştirme kararı, kişisel normların aktivasyonu ile şekillenir. Kişisel normlar, bireyin kendisi için doğru ya da gerekli gördüğü davranışlara ilişkin içselleştirilmiş etik yükümlülüklerdir. Bu normların aktive olması ise atfedilen sorumluluk ve sonuçların farkındalığı gibi bilişsel değerlendirmeler aracılığıyla gerçekleşir.

NAM, çevresel davranışların yalnızca dışsal faktörler veya fayda-maliyet analizleriyle değil, bireyin içsel değer sistemleri ve ahlaki yargılarıyla da belirlendiğini öne sürer. Bu yaklaşım, özellikle gönüllü ve uzun vadeli çevresel eylemlerin anlaşılmasında açıklayıcı bir çerçeve sunmaktadır.

Bu çalışmada NAM, elektronik atıkların sürdürülebilir şekilde elden çıkarılması bağlamında yapılandırılmış ve aşağıdaki hipotezler aracılığıyla sınanmıştır:

H3. Atfedilen Sorumluluk (a) ve Sonuçların Farkındalığı (b) kişisel norm üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkiye sahiptir.

Atfedilen sorumluluk, bireyin çevresel sorunların ortaya çıkmasında kendi davranışlarının rol oynadığını kabul etmesiyle ilgilidir. Elektronik atıkların çevreye verdiği zarardan kendini sorumlu hisseden bireylerde, içsel etik normlar daha güçlü bir şekilde ortaya çıkar. Bu farkındalık, kişisel normların aktif hale gelmesini tetikler (Onel & Mukherjee, 2017).

Sonuçların farkındalığı, bireyin kendi davranışlarının çevre üzerinde yaratabileceği olumlu ya da olumsuz etkilerin bilincinde olmasıdır. Elektronik atıkların sürdürülebilir şekilde elden çıkarılmasının çevresel faydalar sağladığını bilen bireyler, bu bilgiye bağlı olarak içsel normlar geliştirme eğilimindedir (Ebreo vd., 2003). Çevresel etki bilinci arttıkça, ahlaki sorumluluk duygusu da güçlenmektedir.

H4. Kişisel Normlar sürdürülebilir elden çıkarma davranışında bulunma niyeti üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkiye sahiptir.

Kişisel normlar yalnızca niyet oluşturmakla kalmaz; aynı zamanda doğrudan davranışa dönüşebilir. Birey, eğer elektronik atıkları sürdürülebilir biçimde elden çıkarmayı kendi etik yükümlülüğü olarak görüyorsa, bu davranışı gerçekleştirme olasılığı yüksektir (Thøgersen, 2006). İçselleştirilmiş normlar, bireyin dışsal baskı veya ödül olmaksızın çevre dostu eylemlerde bulunmasına yol açar.

Bu bağlamda, NAM bileşenlerinin TPB ile birlikte ele alınması, sürdürülebilir elden çıkarma davranışlarını açıklamada daha kapsamlı ve bütüncül bir anlayış sunmaktadır.

Çalışma, kişisel sorumluluk duygusu ve ahlaki normların, bireysel çevre davranışlarında merkezi bir rol oynadığını ampirik olarak test etmektedir.

3.3.3. Makro Politika Modeline Dayalı Hipotezler

Kamu politikaları, bireylerin çevresel davranışlarını yalnızca düzenleyici çerçeveler aracılığıyla değil, aynı zamanda davranışsal yönlendirme mekanizmaları (behavioral public policy) yoluyla da etkilemektedir. Davranışsal kamu politikası yaklaşımına göre, hükümetlerin "teşvik", "çerçeveleme (framing)" ve "sosyal norm müdahaleleri" gibi yumuşak politika araçları, bireylerin çevreye duyarlı eylemlerini kolaylaştıran mikro düzeyli psikolojik süreçlerle etkileşim hâlindedir (Sunstein, 2023). Bu bağlamda, e-atık yönetimi politikaları yalnızca yasal zorunluluklara dayanmaz; bireylerde sorumluluk hissi, kontrol algısı ve niyet düzeyinde motivasyon yaratarak Planlı Davranış Teorisi'nin (TPB) "algılanan davranışsal kontrol" bileşenini makro düzeyde destekler.

Bu çalışma, Norm Aktivasyon Modeli (NAM) ile TPB arasında kurulan mikro düzeyli köprüyü, makro düzeydeki yönetişim faktörleriyle tamamlamaktadır. Özellikle Kolaylık, Hükümet Yönlendiricileri ve Algılanan Politika Etkinliği değişkenleri, bireylerin davranışsal niyetlerinin kurumsal bağlamdan nasıl etkilendiğini açıklamakta kullanılmıştır. Kolaylık faktörü, e-atıkların fiziksel olarak erişilebilir, düşük çaba gerektiren sistemler içinde toplanmasının, bireylerin niyetini güçlendirdiğini göstermektedir (Michael vd., 2024). Bununla birlikte, kamu otoritelerinin çevresel yönlendirme ve teşvik uygulamaları, sosyal normları güçlendirerek bireysel davranış niyetini kurumsal sinyaller aracılığıyla desteklemektedir (Do & Do, 2023). Son olarak, algılanan politika etkinliği, bireylerin politika sistemine duyduğu güvenle doğrudan ilişkilidir; güven düzeyi yükseldikçe, çevresel davranışlara katılım artmaktadır (Wang vd., 2021; Zhang vd., 2019).

Bu doğrultuda aşağıdaki hipotezler geliştirilmiştir.

H5. Kolaylık (a), Hükümet Yönlendiricileri (b) ve Algılanan Politika Etkinliği (c) sürdürülebilir elden çıkarma davranışında bulunma niyeti üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkiye sahiptir.

Geri dönüşüm noktalarının ulaşılabilirliği, zaman tasarrufu ve işlem basitliği gibi kolaylık unsurları, bireylerin sürdürülebilir davranışlara yönelmesinde kritik rol oynamaktadır. Özellikle kentsel yaşamda zaman yönetiminin önemi düşünüldüğünde, e-atıkların elden çıkarılmasının zahmetsiz olduğu algısı, davranışsal niyeti artırıcı bir faktör olarak öne çıkar (Michael vd., 2024).

Yasal düzenlemeler, teşvikler, zorunluluklar ve yaptırımlar gibi kamu politikaları, çevresel davranışları doğrudan etkilemektedir. Hükümetin çevresel sürdürülebilirliği destekleyen uygulamaları, bireylerin bu davranışlara yönelik niyetlerini şekillendirmede önemli bir rol oynamaktadır (Shaharudin vd., 2023; Do & Do, 2023). Özellikle gönüllü katılımı destekleyen teşvik mekanizmaları, niyet oluşumunu pozitif yönde etkileyebilir.

Bireylerin mevcut politikaların işlevselliğine dair inancı, bu sistemlere yönelik güven geliştirmelerine ve aktif katılım göstermelerine zemin hazırlar. Politika etkinliğinin yüksek algılanması, çevresel davranışlara katılımı artıran bir motivasyon unsuru olarak değerlendirilmektedir (Zhang vd., 2019; Wang vd., 2021).

3.3.4. Aracılık (Mediation) Etkisine Dayalı Hipotezler

Çevresel davranışların bilişsel, normatif ve ahlaki süreçlerle şekillendiğini açıklayan modeller, aracılık ilişkilerinin önemini vurgulamaktadır. Norm Aktivasyon Modeli (NAM)'e göre birey, çevresel sonuçların farkına vardığında sorumluluk hisseder; bu sorumluluk, kişisel normların etkinleşmesine ve nihayetinde davranış niyetinin oluşmasına yol açar (Schwartz, 1977; Han, 2014). Planlı Davranış Teorisi (TPB) ise bu ahlaki süreci davranışsal niyet üzerinden açıklayarak, kişisel normların niyet üzerindeki yönlendirici rolünü destekler (Ajzen, 1991).

Dolayısıyla, çevresel farkındalık bireylerde doğrudan niyet yaratmaktan ziyade, önce sorumluluk ve kişisel norm bileşenleri üzerinden dolaylı bir etki oluşturur. Bu ardışık etki, literatürde seri (ardışık) aracılık modeli olarak adlandırılmaktadır (Bamberg & Schmidt, 2003; Xiang & Mangmeechai, 2024).

Bu kuramsal çerçeve doğrultusunda aşağıdaki seri aracılık hipotezi geliştirilmiştir:

H6. Sonuçların Farkındalığı (SF), Atfedilen Sorumluluk (AS) ve Kişisel Normlar (KN) aracılığıyla sürdürülebilir elden çıkarma davranışında bulunma niyeti (SECD Niyeti) üzerinde seri (ardışık) bir dolaylı etkiye sahiptir.

Bu hipotezler, NAM'in "farkındalık → sorumluluk → kişisel norm → niyet" ardışıklığını, TPB'nin "norm → niyet → davranış" mekanizmasıyla bütünleştirerek e-atık davranışlarını açıklayan ahlaki-bilişsel bir süreç modeli ortaya koymaktadır.

3.3.5. Düzenleyici (Moderasyon) Etkisine Dayalı Hipotezler

Çevresel davranışlar yalnızca bireysel niyetlerle değil, aynı zamanda bağlamsal koşullar ve dışsal yönlendiricilerle de şekillenir. Bu durum, Planlı Davranış Teorisi'ndeki algılanan davranışsal kontrol kavramının genişletilmiş bir yansımasıdır: bireylerin niyetlerini davranışa dönüştürme gücü, dışsal kolaylaştırıcı veya engelleyici faktörlere bağlıdır (Ajzen, 2020).

Makro politika faktörleri (örneğin hükümet yönlendiricileri, algılanan politika etkinliği) bu tür düzenleyici etkilere örnek teşkil eder. Davranışsal Kamu Politikası yaklaşımı (Sunstein, 2023) ve macromarketing perspektifi (Mittelstaedt vd., 2014) çevresel davranışların yalnızca içsel motivasyonlarla değil, aynı zamanda sistematik yönlendirmelerle desteklendiğinde sürdürülebilir hale geldiğini savunur.

Dolayısıyla bu çalışmada, bireylerin sürdürülebilir elden çıkarma davranışında bulunma niyeti ile gerçek davranış arasındaki ilişki üzerinde dışsal faktörlerin düzenleyici etkisi test edilmiştir.

Bu bağlamda aşağıdaki düzenleyici hipotezler geliştirilmiştir:

H7. Kolaylık (a), Algılanan Politika Etkinliği (b) ve Hükümet Yönlendiricileri (c) Sürdürülebilir Elden Çıkarma Davranışında Bulunma Niyeti ile Sürdürülebilir Elden Çıkarma Davranışı (SECD) arasındaki ilişkiyi pozitif yönde düzenlemektedir.

Bu hipotezler, bireysel niyetin davranışa dönüşmesinde kurumsal kolaylaştırıcıların belirleyici rolünü inceleyerek, e-atık yönetimi literatüründe mikro (psikososyal) ve makro (politik) faktörlerin etkileşimini açıklamaktadır.

3.3.6. Veri Toplama Süreci, Araştırma Tasarımı ve Uygulama Prosedürü

Bu çalışmada, teorik çerçevede geliştirilen hipotezlerin ampirik olarak test edilebilmesi amacıyla nicel bir araştırma tasarımı benimsenmiştir. Veri toplama sürecinde, birincil veriler, İstanbul'da ikamet eden bireylerden anket yöntemiaracılığıyla elde edilmiştir. Anket formu, katılımcıların erişim kolaylığı ve kapsayıcılığı artırmak amacıyla hem çevrimiçi ortamda (Google Forms üzerinden) hem de basılı formatta hazırlanarak 2024 yılı içerisinde veri toplama faaliyetleri yürütülmüştür.

Araştırmanın hedef kitlesi, İstanbul'da yaşayan 18 yaş ve üzeri bireyler olarak tanımlanmıştır. Ancak, evrenin tamamına ulaşmak mümkün olmadığından, zaman ve maliyet kısıtları göz önünde bulundurularak kolayda örnekleme (convenience sampling) yöntemi tercih edilmiştir. Bu örnekleme türü, araştırma bağlamına uygun olarak erişilebilir ve gönüllü katılım sağlamaya istekli bireylerden oluşan örneklemin belirlenmesine olanak sağlamıştır (Creswell, 2009; Etikan, Musa & Alkassim, 2016).

Araştırma kapsamında toplam 530 geçerli anket elde edilmiştir. Örneklem büyüklüğünün istatistiksel analizler açısından yeterliliğini değerlendirmek amacıyla G*Power 3.1 yazılımı kullanılarak a priori güç analizi gerçekleştirilmiştir. %95 güven düzeyi, %80 istatistiksel güç ($1-\beta = 0.80$) ve orta düzey etki büyüklüğü ($f^2 = 0.15$) varsayımları altında yapılan analiz sonucunda, modelin test edilebilmesi için asgari 88 katılımcının yeterli olacağı tespit edilmiştir (Faul vd., 2007). Buna ek olarak, yapısal eşitlik modellemesi bağlamında sıklıkla referans verilen "10 kat kuralı" (Barclay vd., 1995) ve R^2 (açıklanan varyans) değerlerine dayalı kriterler de dikkate alınmış; 530 kişilik örneklemin, modeldeki tüm yapılar için istatistiksel olarak yeterli olduğu değerlendirilmiştir.

Veri toplama süreci, 2024 yılının Eylül–Aralık ayları arasında gerçekleştirilmiştir. Anket formu üç temel bölümden oluşmaktadır:

1. Giriş Bölümü: Katılımcının e-atıkları nasıl elden çıkardığına ilişkin genel davranışlarını ölçmeye yönelik açık uçlu ve kapalı uçlu soruları içermektedir.

2. Ana Ölçek Bölümü: Araştırma modelinde yer alan yapıları ölçmeye yönelik, literatürde geçerliliği kanıtlanmış ölçeklerden uyarlanan ve 5 dereceli Likert tipi ifadelerden oluşan soruları içermektedir.
3. Demografik Bilgiler Bölümü: Katılımcıların yaş, cinsiyet, eğitim durumu, meslek ve gelir düzeyi gibi tanımlayıcı özelliklerini içeren sorulardan oluşmaktadır.

Anketin uygulanmasından önce, katılımcılara araştırmanın amacı, kullanım şekli ve etik ilkeler hakkında açıklayıcı bilgi verilmiş; katılımın gönüllülük esasına dayandığı özellikle vurgulanmıştır. Tüm katılımcıların anonimliği korunmuş, elde edilen veriler yalnızca bilimsel amaçlarla kullanılmıştır.

Bu yöntemsel yapı, araştırmanın etik ilkeler ile uyumlu biçimde yürütüldüğünü ve ölçek temelli modelleme analizi için uygun ve geçerli bir veri yapısı sağlandığını göstermektedir.

3.3.7. Araştırmada Kullanılan Ölçekler

Anket formunun ikinci kısmında kullanılan tüm ölçekler, uluslararası literatürde yayımlanmış yüksek geçerlilik ve güvenilirliğe sahip ölçekler arasından seçilmiş ve İngilizceden Türkçeye çevrilmiştir. Çeviri işleminin ardından, alanında uzman akademisyenler tarafından yapılan değerlendirmeler sonucunda anketin anlaşılmayan veya yazım hatası içeren kısımları düzeltilmiş ve son hali verilmiştir. Anketin ifadeleri, katılımcıların görüşlerini belirtmeleri için 5 dereceli Likert ölçeği (1: Kesinlikle Katılmıyorum, 2: Katılmıyorum, 3: Kararsızım, 4: Katılıyorum, 5: Kesinlikle Katılıyorum) kullanılarak tasarlanmıştır.

Sürdürülebilir elden çıkarma davranışı, Soyer ve Dittrich (2021) çalışmasından alınan ölçek ile ölçülmüştür. Bu ölçek üç alt boyuttan oluşmaktadır: yeniden kullanım (4 ifade), geri dönüşüm (5 ifade) ve yeniden amaçlama (4 ifade). Elektronik atıkların sürdürülebilir şekilde elden çıkarılmasını etkileyen faktörler kapsamında tutum, algılanan davranışsal kontrol ve sosyal normlar, Park ve Ha (2014) tarafından geliştirilen ölçekler kullanılarak ölçülmüştür. Tutum boyutu 5, algılanan davranışsal kontrol boyutu 4 ve sosyal normlar boyutu 3 ifadeden oluşmaktadır. Sonuçların farkındalığı ve kişisel normları ölçmek için Ebreo vd. (2003) geliştirdiği ölçekten yararlanılmıştır. Sonuçların farkındalığı 4 ifadeden, kişisel normlar ise 5 ifadeden

oluşmaktadır. Atfedilen sorumluluk, Onel ve Mukherjee (2017) tarafından oluşturulan 4 ifadeli ölçek ile değerlendirilmiştir. Katılımcıların sürdürülebilir elden çıkarma konusundaki niyetleri, Park ve Ha (2014) tarafından geliştirilen ve 5 maddeden oluşan ölçekle ölçülmüştür. Algılanan politika etkinliği ve kolaylık, Shaharudin vd. (2023) çalışmalarından alınan ölçekler kullanılarak ölçülmüştür. Algılanan politika etkinliği 5 ifadeden, kolaylık ise 4 ifadeden oluşmaktadır. Son olarak, hükümet yönlendiricileri Sari vd. (2021)'nin geliştirdiği 5 ifadeli ölçek ile değerlendirilmiştir (Tablo 12).

Tablo 12. Çalışmada Kullanılan Ölçekler

Soyer, M., & Dittrich, K. (2021). Sustainable Consumer Behavior in Purchasing, Using and Disposing of Clothes. Sustainability, 13(15), 8333.	Sürdürülebilir Elden Çıkarma Davranışı	YENİDEN KULLANIM		Artık kullanmadığım elektronik eşyalarımı (Elektronik Atıklar);
			YK1	Arkadaşlarıma veya aileme veririm.
			YK2	İyi bir amaç için bağışlarım. (Mama yardımı, Eğitim desteği vb.)
			YK3	İndirim kuponu almak için mağazalara götürürüm. (Eskisini getir, yenisini götür; indirim çekleri vb.)
			YK4	İkinci el mağazalarda satarım. (Dolap, Letgo, Sahibinden, İkinci El Pazarlar vb.)
			YK5	Arkadaşlarıma veya aileme satarım.
			YK6	İkinci el ürün platformları üzerinden elektronik atıklarımı takas ederim.
			YK7	Arkadaşlarımla veya ailemle takas ederim.
		GERİ DÖNÜŞÜM	GD1	Geri dönüşüm kutularına bırakırım.
			GD2	Herhangi bir teşvik (para, indirim vb.) almaksızın, geri dönüşüm için mağazaya geri veririm.
		YENİDEN AMAÇLAMA	YA1	Atmadan önce içerisindeki bileşenleri çıkararak tekrar başka bir amaç için kullanırım. (Eskiyen bilgisayarın hard diskini, sürücülerini vb. çıkarma)
			YA2	Atmak yerine başka bir amaçla kullanırım. (Atık su ısıtıcılarının saksı olarak kullanımı vb.)
Fang, W.-T., Huang, M.-H., Cheng, B.-Y., Chiu, R.-J., Chiang, Y.-T., Hsu, C.-W., & Ng, E. (2021). Applying a Comprehensive Action Determination Model to Examine the Recycling Behavior of Taipei City Residents. Sustainability, 13(2), 490.		TUTUM		Elektronik atıkları sürdürülebilir şekilde elden çıkarmanın;
			T1	Çevre kirliliğini azaltacağını düşünüyorum.
			T2	Doğal kaynakların korunmasına yardımcı olacağını düşünüyorum.
		ALGILANAN DAVRANIŞSAL KONTROL	ADK 1	E-atıkların sürdürülebilir şekilde nasıl elden çıkarılabileceğini biliyorum.
			ADK 2	Elektronik atıkları sürdürülebilir şekilde elden çıkarabilirim.
Ebreo, A., Vining, J., & Cristancho, S. (2003). Responsibility for		SOSYAL NORM	SN1	Ailem elektronik atıkları sürdürülebilir şekilde elden çıkarmamı bekler.

environmental problems and the consequences of waste reduction: A test of the norm-activation model. *Journal of Environmental Systems*, *29*(3).			SN2	Komşularım elektronik atıkları sürdürülebilir şekilde elden çıkarmamı bekler.
			SN3	Arkadaşlarım elektronik atıkları sürdürülebilir şekilde elden çıkarmamı bekler.
		SONUÇLARIN FARKINDALIĞI	SF1	Benim ve ailemin elektronik atıkları sürdürülebilir şekilde elden çıkarması çevreye fayda sağlar.
			SF2	Tüketicilerin davranış ve seçimlerinin çevre üzerinde büyük etkisi vardır.
			SF3	Elektronik atıkları sürdürülebilir şekilde elden çıkarmak, onları direkt çöpe atmaktan daha faydalıdır.
Park, J., & Ha, S. (2014). Understanding consumer recycling behavior: Combining the theory of planned behavior and the norm activation model. *Family and consumer sciences research journal*, *42*(3), 278-291.		KİŞİSEL NORM	KN1	Evimde çıkan e-atık miktarını azaltmak için güçlü bir kişisel sorumluluk hissediyorum.
			KN2	E-atıklarımı sürdürülebilir şekilde elden çıkarmak için ekstra çaba harcarım.
			KN3	E-atıklarımı sürdürülebilir şekilde elden çıkarmazsam suçluluk duyarım.
Onel, N., & Mukherjee, A. (2017). Why do consumers recycle? A holistic perspective encompassing moral considerations, affective responses, and self-interest motives. *Psychology & Marketing*, *34*(10), 956-971.		ATFEDİLEN SORUMLULUK	AS1	Sürdürülebilir olmayan elden çıkarma davranışlarımın neden olduğu sorunlardan kendimi sorumlu hissediyorum.
			AS2	Sürdürülebilir olmayan elden çıkarma davranışlarım çevresel sorunlar yaratıyor
			AS3	Sürdürülebilirliğe ilişkin sorunlar konusunda sorumluluk alıyorum.
Park, J., & Ha, S. (2014). Understanding consumer recycling behavior: Combining the theory of planned behavior and the norm activation model. *Family and consumer sciences research journal*, *42*(3), 278-291.		NİYET	N1	Önümüzdeki 3 ay içinde e-atıklarımı sürdürülebilir şekilde elden çıkarma niyetindeyim.
			N2	Önümüzdeki 3 ay içinde e-atıklarımı sürdürülebilir şekilde elden çıkarmayı düşünüyorum.
			N3	Gelecek 3 ay içinde e-atıklarımı sürdürülebilir şekilde elden çıkarmayı planlanladım.
Shaharudin, M. R., Said, R., Hotrawaisaya, C., Nik Abdul Rashid, N. R., & Azman Perwira, N. F. S. (2023). Linking determinants of the youth's intentions to dispose of portable e-waste with the proper disposal behavior in Malaysia. The Social Science Journal, 60(4), 680-694.		ALGILANAN POLİTİKA ETKİNLİĞİ	APE1	E-atıkların nasıl sürdürülebilir şekilde elden çıkarılacağına dair yönergeler nettir.
			APE2	E-atıkları sürdürülebilir şekilde elden çıkmanın faydaları hakkında bilgilendirme yapılır.
			APE3	E-atıklarımı belirtilen politikalar doğrultusunda elden çıkarırım.
			APE4	Elektronik atıklarımı kendi yönergelerine uyarak elden çıkarmak kolaydır
			APE5	Yetkililer e-atıkların sürdürülebilir elden çıkarmasına ilişkin politikaları uygularlar.
Shaharudin, M. R., Said, R., Hotrawaisaya, C., Nik Abdul Rashid, N. R., & Azman Perwira, N. F. S. (2023). Linking determinants of the youth's intentions to dispose of portable e-waste with the proper disposal behavior in		KOLAYLIK	K1	Evime yakın bir atık toplama noktası var.
			K2	İş yerime yakın bir atık toplama noktası var.
			K3	E-atıkları toplama noktasına götürmek için yeterli zamanım var.

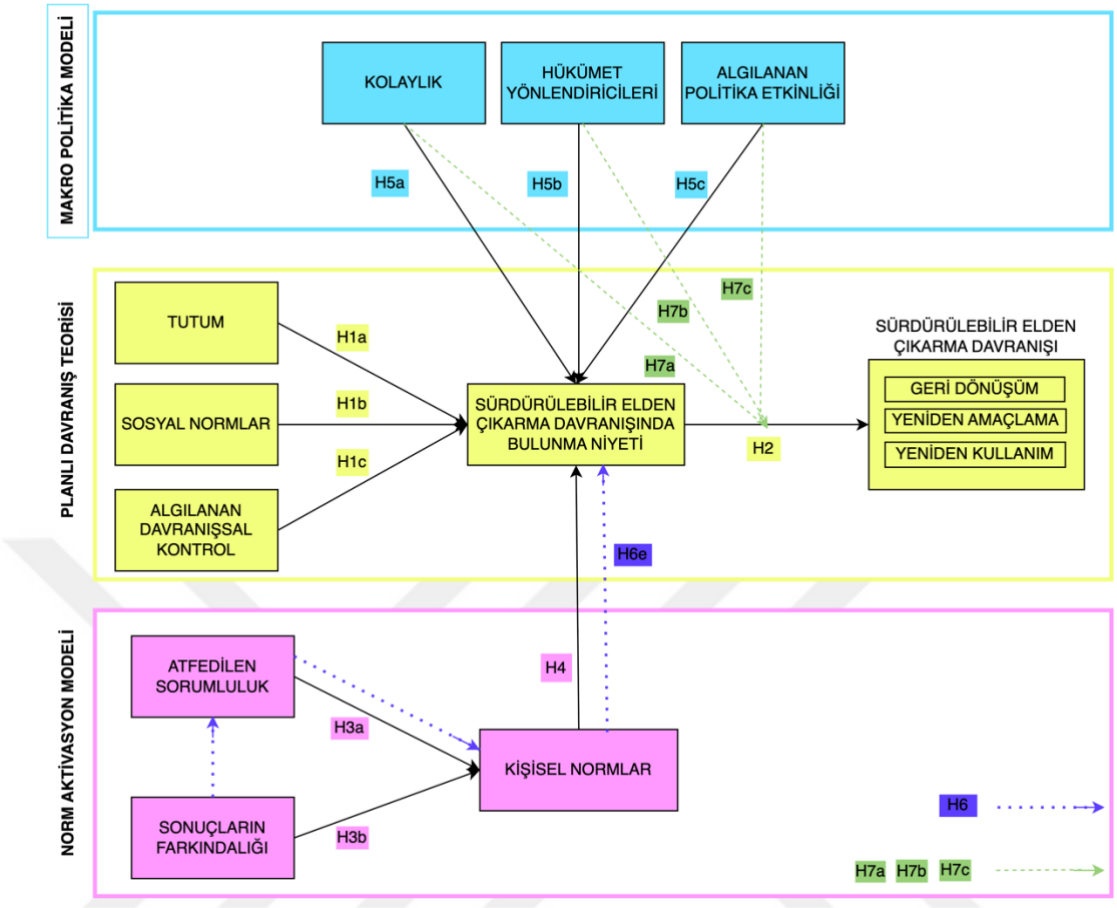
Malaysia. *The Social Science Journal*, *60*(4), 680-694.				
			K4	E-atıkları toplama noktasına götürmek benim için kolaydır.
Sari, D. P., Masruroh, N. A., & Asih, A. M. S. (2021). Consumer intention to participate in e-waste collection programs: A study of smartphone waste in Indonesia. *Sustainability*, *13*(5) , 2759.				
		HÜKÜMET (KAMU) Yönlendiricileri (Regülasyonlar)	HY1	Hükümet, tüketicilerin e-atıklarını sürdürülebilir şekilde elden çıkarmaları için kurallar koyar ve teşvik ederse e-atıklarımı sürdürülebilir şekilde elden çıkarırım.
			HY2	Hükümet, tüketicilerin e-atıklarını sürdürülebilir şekilde elden çıkarmaları için teşvik edici bir kuralı uygularsa (zorunluluk yok) e-atıklarımı sürdürülebilir şekilde elden çıkarırım.
			HY3	Hükümet, tüketicilerin e-atıklarını sürdürülebilir şekilde elden çıkarmaları için zorunlu bir kuralı uygularsa e-atıklarımı sürdürülebilir şekilde elden çıkarırım.
			HY4	Hükümet, tüketicilerin e-atıklarını sürdürülebilir şekilde elden çıkarmaları için kurallara uymayan tüketicilere yaptırım veya ceza uygularsa e-atıklarımı sürdürülebilir şekilde elden çıkarırım.

3.3.8. Araştırmanın Modeli

Literatür taraması sonucunda geliştirilen hipotezler doğrultusunda oluşturulan araştırma modeli Şekil 30 ve araştırmanın hipotezleri Tablo 13'de gösterilmiştir.

Araştırma Sorusu: Planlı Davranış Teorisi ve Norm Aktivasyon Modeli Çerçevesinde, Tüketicilerin E-Atık Kapsamında Sürdürülebilir Elden Çıkarma Davranışında Bulunmasını Etkileyen Faktörler Nelerdir?

Şekil 30. Araştırmanın Modeli



Tablo 13. Araştırma Hipotezleri

No.	Hipotez	Teorik Dayanak
H1.	Tutum (a), Sosyal Normlar (b) ve Algılanan Davranışsal Kontrol (c), sürdürülebilir elden çıkarma davranışında bulunma niyeti üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkiye sahiptir.	Planlı Davranış Teorisi
H2.	Sürdürülebilir elden çıkarma davranışında bulunma niyeti, sürdürülebilir elden çıkarma davranışı üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkiye sahiptir.	Planlı Davranış Teorisi
H3.	Atfedilen Sorumluluk (a) ve Sonuçların Farkındalığı (b) kişisel norm üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkiye sahiptir.	Norm Aktivasyon Modeli
H4.	Kişisel Normlar sürdürülebilir elden çıkarma davranışında bulunma niyeti üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkiye sahiptir.	Planlı Davranış Teorisi ve Norm Aktivasyon Modeli Entegrasyonu
H5.	Kolaylık (a), Hükümet Yönlendiricileri (b) ve Algılanan Politika Etkinliği (c) sürdürülebilir elden çıkarma davranışında bulunma niyeti üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkiye sahiptir.	Makro Politika Modeli

H6.	Sonuçların Farkındalığı (SF), Atfedilen Sorumluluk (AS) ve Kişisel Normlar (KN) aracılığıyla sürdürülebilir elden çıkarma davranışında bulunma niyeti (SECD Niyeti) üzerinde seri (ardışık) bir dolaylı etkiye sahiptir.	Norm Aktivasyon Modeli
H7.	Kolaylık (a), Algılanan Politika Etkinliği (b) ve Hükümet Yönlendiricileri (c) Sürdürülebilir Elden Çıkarma Davranışında Bulunma Niyeti ile Sürdürülebilir Elden Çıkarma Davranışı (SECD) arasındaki ilişkiyi pozitif yönde düzenlemektedir.	Makro Politika Modeli

3.3.9. Verilerin Analizi ve Bulgular

3.3.9.1. Kısmi En Küçük Kareler Yapısal Eşitlik Modellemesi (PLS-SEM)

Kısmi En Küçük Kareler Yapısal Eşitlik Modellemesi (PLS-SEM), özellikle yönetim, pazarlama ve sosyal bilimler alanlarında giderek artan bir kullanım alanı bulan, varyans temelli bir yapısal eşitlik modelleme yaklaşımıdır (Sarstedt vd., 2022). Geleneksel Kovaryans Temelli Yapısal Eşitlik Modellemesi (CB-SEM) yöntemi, teorik modellerin örnek verilerle ne ölçüde uyum gösterdiğini kovaryans matrisi üzerinden değerlendirken, PLS-SEM daha çok keşifsel araştırmalarda kullanılır ve bağımlı değişkenlerdeki varyansı maksimize etmeyi hedefler (Hair vd., 2022). Bu nedenle, özellikle karmaşık modellerin analizinde, normallik varsayımının sağlanmadığı durumlarda veya tahmine dayalı çalışmalarda PLS-SEM avantaj sağlamaktadır (Ringle vd., 2023).

Bu çalışmada PLS-SEM yönteminin tercih edilmesinin temel nedenleri arasında; küçük örneklem büyüklüklerinde bile güvenilir sonuçlar üretebilmesi, verilerin normal dağılım göstermesi zorunluluğunun olmaması ve üst düzey (higher-order) yapıların modellenmesine imkân tanıması gibi avantajlar yer almaktadır (Hair et al., 2017; Sarstedt et al., 2022; Becker et al., 2012). Ayrıca, PLS-SEM'in karmaşık teorik modellerde esnek bir uygulama sunması ve örtük değişken puanlarını hesaplayabilmesi, bu yöntemin araştırma deseni için uygun olmasını sağlamıştır (Sarstedt & Cheah, 2023).

Çalışmanın analiz sürecinde, PLS-SEM alanında yaygın olarak kullanılan ve sürekli güncellenen SmartPLS (v.4.1.0) yazılımından yararlanılmıştır (Ringle vd., 2023). Bu yazılımın seçilmesinde, analitik süreçlerin şeffaf bir şekilde yürütülmesi, kapsamlı raporlama seçenekleri sunması ve literatürde sıklıkla referans alınması etkili olmuştur

(Legate, Hair, Chretien, & Risher, 2023). Analiz aşamasında, öncelikle ölçüm modelinin geçerlilik ve güvenilirlik testleri yapılmış, ardından hipotezlerin sınanması için yapısal model analizi gerçekleştirilmiştir (Sarstedt vd., 2023). Bu yaklaşım, modelin teorik temellerinin sağlam bir şekilde test edilmesine ve araştırma bulgularının geçerli bir şekilde yorumlanmasına olanak tanımıştır.

3.3.9.2. Tanımlayıcı İstatistikler

Araştırmaya toplam 530 kişi katılmıştır. Tablo 14'de katılımcıların eğitim düzeylerine bakıldığında, büyük çoğunluğunun yüksekokul/üniversite (n=304, %57,4) ve lisansüstü (n=211, %39,8) eğitime sahip olduğu görülmektedir. Lise ve altı eğitim düzeyine sahip bireylerin oranı oldukça düşüktür (n=15, %2,8). Bu durum, araştırmanın bilgi düzeyi görece yüksek bireylerle gerçekleştirildiğini göstermektedir.

Cinsiyet dağılımı incelendiğinde, katılımcıların %47,9'unun kadın (n=254), %52,1'inin ise erkek (n=276) olduğu görülmektedir. Cinsiyet dağılımının dengeli olduğu söylenebilir.

Mesleki dağılımda ise katılımcıların yaklaşık yarısını öğrenciler oluşturmaktadır (n=264, %49,8). Bunu sırasıyla işletme ve yönetim alanında çalışanlar (n=122, %23,0) ve mühendis/mimarlar (n=78, %14,7) izlemektedir. Eğitim/akademi (%4,9), sağlık/sosyal hizmetler (%1,7), teknik/destek meslekler (%1,7), çalışmayanlar (%1,3) ve diğer meslek grupları (%2,8) daha düşük oranlarla temsil edilmiştir.

Yaş dağılımı açısından katılımcıların çoğunluğunu 18-25 yaş aralığı oluşturmaktadır (n=314, %59,2). Bunu 26-43 yaş aralığındaki bireyler izlemektedir (n=201, %37,9). Daha ileri yaş gruplarındaki katılımcıların oranı düşüktür (44-60 yaş: %2,5; 60 yaş ve üzeri: %0,4). Bu veri, örneklemin ağırlıklı olarak genç bireylerden oluştuğunu ortaya koymaktadır.

Hane halkı gelirine ilişkin dağılımda, katılımcıların yaklaşık üçte biri 51.007 TL ile 102.012 TL arası gelire sahiptir (n=177, %33,4). Bu grubu 34.005 TL - 51.006 TL gelir aralığındaki bireyler (n=110, %20,8) ve 102.013 TL - 153.018 TL aralığındaki bireyler (n=76, %14,3) takip etmektedir. En düşük gelir grubunda (17.002 TL ve altı) yer alan katılımcıların oranı ise %5,7'dir.

Tablo 14. Katılımcılara İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

		Frekans	Yüzde
Eğitim durumu	Lise ve altı	15	2,8
	Yüksekokul / Üniversite	304	57,4
	Lisansüstü	211	39,8
Cinsiyet			
	Kadın	254	47,9
	Erkek	276	52,1
Meslek			
	Mühendis / Mimar	78	14,7
	İşletme ve Yönetim	122	23,0
	Eğitim ve Akademi	26	4,9
	Öğrenci	264	49,8
	Sağlık ve Sosyal Hizmetler	9	1,7
	Teknik ve Destek Meslekler	9	1,7
	Çalışmıyor	7	1,3
	Diğer	15	2,8
Yaş	18-25	314	59,2
	26-43	201	37,9
	44-60	13	2,5
	60 ve üzeri	2	0,4
Hane halkı geliri	17.002 TL ve altı	30	5,7
	17.003 TL - 34.004 TL	64	12,1
	34.005 TL - 51.006 TL	110	20,8
	51.007 TL - 102.012 TL	177	33,4
	102.013 TL - 153.018 TL	76	14,3
	153.019 TL - 204.024 TL	31	5,8
	204.025 TL ve üzeri	42	7,9
	Toplam	530	100,0

Genel olarak değerlendirildiğinde, araştırma örneklemi; yüksek eğitim düzeyine sahip, çoğunluğu genç ve öğrenci olan, görece orta ve üzeri gelir gruplarına ait bireylerden oluşmaktadır.

Tablo 15'de araştırmaya katılan bireylerin İstanbul'un farklı ilçelerinde ikamet ettikleri görülmektedir. Toplam 530 katılımcıdan elde edilen verilere göre, katılımcıların en yoğun olarak yaşadığı ilçeler sırasıyla Güngören (n=52, %9,8), Şişli (n=39, %7,4), Bahçelievler (n=33, %6,2), Beylikdüzü (n=32, %6,0) ve Kadıköy (n=35, %6,6) şeklindedir. Bu ilçeler, hem nüfus yoğunluğu hem de merkezi konumları itibarıyla görece daha fazla temsil edilmiştir.

Tablo 15. Katılımcıların İkamet Ettikleri İlçeler

İkamet edilen ilçe	Frekans	Yüzde	İkamet edilen ilçe	Frekans	Yüzde
Adalar	1	0,2	Gaziosmanpaşa	15	2,8
Arnavutköy	5	0,9	Güngören	52	9,8
Ataşehir	17	3,2	Kadıköy	35	6,6
Avcılar	2	0,4	Kağıthane	14	2,6
Bağcılar	14	2,6	Kartal	10	1,9
Bahçelievler	33	6,2	Küçükçekmece	16	3,0
Bakırköy	18	3,4	Maltepe	9	1,7
Başakşehir	25	4,7	Pendik	10	1,9
Bayrampaşa	7	1,3	Sancaktepe	6	1,1
Beşiktaş	14	2,6	Sarıyer	7	1,3
Beykoz	2	0,4	Silivri	1	0,2
Beylikdüzü	32	6,0	Sultanbeyli	2	0,4
Beyoğlu	1	0,2	Sultangazi	4	0,8
Büyükçekmece	1	0,2	Şile	1	0,2
Çatalca	1	0,2	Şişli	39	7,4
Çekmeköy	11	2,1	Tuzla	15	2,8
Esenler	14	2,6	Ümraniye	18	3,4
Esenyurt	10	1,9	Üsküdar	22	4,2
Eyüpsultan	17	3,2	Zeytinburnu	9	1,7
Fatih	20	3,8	Toplam	530	100,0

Başakşehir (n=25, %4,7), Üsküdar (n=22, %4,2), Fatih (n=20, %3,8), Bakırköy ve Ümraniye (her biri n=18, %3,4), Ataşehir ve Eyüpsultan (her biri n=17, %3,2), Küçükçekmece (n=16, %3,0) ve Gaziosmanpaşa ile Tuzla (her biri n=15, %2,8) gibi ilçeler orta düzeyde temsile sahiptir. Buna karşın Adalar, Beyoğlu, Büyükçekmece, Çatalca, Silivri ve Şile gibi daha az nüfuslu veya merkezi olmayan ilçelerden yalnızca birer katılımcı (%0,2) ile temsil edilmiştir. Bu durum, örneklemin daha çok merkez ilçelerde ve yoğun nüfuslu bölgelerde yaşayan bireylerden oluştuğunu göstermektedir. İlçelere göre dağılım tablosu İstanbul'un demografik ve sosyoekonomik çeşitliliğini yansıtmaktadır.

Tablo 16. Elektronik Cihazları Elden Çıkarma Nedenleri

Kod	Frekans	Açıklama
Bozulma	247	Cihazın işlevini yitirmesi, arızalanması
Eskime	219	Teknolojik olarak eski kalması, yetersiz kalması
Model Yenileme	185	Daha yeni bir model isteğiyle değişim
Bozulma + Eskime	97	Hem teknik arıza hem de eski teknoloji olma durumu
Bozulma + Model Yenileme	35	Bozulma sonrası yeni modele geçiş
Eskime + Model Yenileme	38	Eski teknolojiye sahip ürünü yeni modelle değiştirme
Bozulma + Eskime + Model Yenileme	28	Tüm gerekçelerin birleşimi
Diğer (hafıza/güncelleme vb.)	4	Özelleşmiş nedenler: hafıza yetersizliği vb.

Katılımcıların elektronik cihazları neden elden çıkardıklarına dair yanıtları incelendiğinde, işlevsellik kaybı, teknolojik eskime ve yenilik arayışı gibi temel etkenlerin ön planda olduğu görülmektedir. Kod frekanslarına göre en baskın nedenler sırasıyla bozulma (f=247), eskime (f=219) ve model yenileme (f=185**)** olarak belirlenmiştir (Tablo 16). Bu veriler, kullanıcıların cihazları yalnızca fiziksel arızalanma durumlarında değil, aynı zamanda teknolojik olarak güncelliğini kaybettiğinde veya yeni modellerin cazibesiyle de elden çıkardıklarını göstermektedir.

"Bozulma" teması, elektronik cihazların dayanıklılık süresinin dolması veya kullanım hataları sonucunda işlevini yitirmesiyle ilgilidir. Bu durum, cihazların genellikle kullanım ömrünün sonuna kadar elde tutulduğunu, ancak daha sonra aktif kullanım dışına çıktığını göstermektedir. Bu bulgu, literatürdeki cihazların "tüketim ömrü" kavramıyla örtüşmektedir (Cooper, 2004).

"Eskime", cihazın fiziksel olarak çalışır durumda olmasına karşın, teknolojik gelişmeler karşısında yetersiz veya demode kalmasını ifade etmektedir. Yani kullanıcılar, cihaz bozulmasa bile performans, uyumluluk veya sosyal kabul gibi nedenlerle cihazlarını değiştirmeye yönelebilmektedir. Bu durum, özellikle dijitalleşme çağında algılanan teknolojik yeterlilik ile ilgili endişelerin ne denli belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır (Plambeck & Denend, 2007).

"Model yenileme", daha güncel, işlevsel ya da estetik olarak tatmin edici cihazlara geçiş isteğiyle ilişkilidir. Bu durum, elektronik ürünlerin artık yalnızca bir araç değil, aynı zamanda tüketim kültürüyle iç içe geçmiş birer statü nesnesi haline geldiğine

işaret etmektedir. Özellikle akıllı telefon gibi kişisel teknolojilerde bu eğilim daha belirgin olabilir.

Tablo ayrıca birden fazla gerekçenin birleştiği durumları da kapsamaktadır. Örneğin, "bozulma + eskime" (f=97) ve "eskime + model yenileme" (f=38) gibi kombinasyonlar, kullanıcıların karar süreçlerinde birden fazla etkenin birlikte rol oynadığını göstermektedir. Bu durum, elektronik atık davranışlarını açıklamada çok faktörlü neden-sonuç ilişkilerinin dikkate alınmasının gerekliliğini vurgulamaktadır.

Özellikle dikkat çeken bir diğer bulgu ise, teknik nedenlerin dışında kalan "diğer" (f=4) kategorisidir. Bu grup, hafıza yetersizliği, yazılım güncelleme sorunları gibi özelleşmiş gerekçeleri içermektedir. Sayıca düşük olmasına rağmen, kullanıcı deneyimlerinin ne denli farklılaşabildiğine işaret etmektedir.

Genel olarak bulgular, kullanıcıların elektronik cihazları elden çıkarma kararlarını verirken yalnızca fiziksel bozulma değil, teknolojik yeterlilik, yenilikçilik ve algılanan değer gibi birçok faktörü birlikte değerlendirdiğini göstermektedir. Bu çok boyutlu yaklaşım, elektronik atık yönetimi politikalarının ve farkındalık çalışmalarının yalnızca çevresel değil, aynı zamanda teknolojik gelişim ve tüketici psikolojisi bağlamında da ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Tablo 17. Katılımcıların Elektronik Atıklarını Elden Çıkarma Yöntemleri

Kod	**Frekans**
Evde saklama	229
Başka birine vermek	277
Başka birine satmak	182
Çöpe atma	104
Üretici firmaya/mağazaya geri verme	106
Geri dönüşüm konteynerlarına bırakmak	52
Geri dönüşüm mobil uygulamalarını kullanma	7
Diğer	2

Katılımcıların elektronik atıkları elden çıkarma pratiklerine ilişkin veriler tematik olarak kodlandığında, kişisel tercihlere dayalı bireysel yöntemlerin ağırlıkta olduğu görülmektedir. En sık başvurulan yöntemler arasında "başka birine vermek" (f=277), "evde saklama" (f=229) ve "başka birine satmak" (f=182) yer almaktadır (Tablo 17). Bu eğilim, tüketicilerin elektronik atıkları doğrudan bertaraf etmek yerine, ürünlere

ikinci bir yaşam alanı kazandırma ya da olası değerini sürdürme çabasında olduklarını ortaya koymaktadır. Özellikle "evde saklama" pratiğinin yüksek frekansta gözlenmesi, elektronik atıkların belirsizlik ve kararsızlıkla ilişkilendirildiğini düşündürmektedir. Katılımcılar, atıkların uygun biçimde elden çıkarılmasına ilişkin bilgi eksikliği, güvensizlik veya erişim güçlüğü nedeniyle bu ürünleri evde tutmayı tercih etmektedir. Bu durum, önceki literatürde yer alan "teknolojik eşyaların birikme eğilimi" ve "ertelenmiş bertaraf davranışı" temalarıyla da örtüşmektedir (Borthakur & Sinha, 2013; Ylä-Mella vd., 2015). Öte yandan, çevresel olarak daha sürdürülebilir yöntemler, örneğin geri dönüşüm konteynerlarına bırakmak (f=52), geri dönüşüm mobil uygulamaları kullanmak (f=7) ve üretici firmaya/mağazaya geri vermek (f=106), bireysel yollarla kıyaslandığında oldukça düşük düzeyde kalmıştır. Bu bulgu, kurumsal ya da resmi geri dönüşüm sistemlerinin yeterince yaygınlaşmadığını, ya da katılımcılar tarafından erişilebilir, güvenilir ve pratik bulunmadığını göstermektedir. Elektronik atıkların doğrudan "çöpe atılması" (f=104) da dikkate değer bir başka eğilimdir. Bu durum hem çevresel farkındalığın yetersizliği hem de kolay ulaşılabilir, düzenli ve doğru bertaraf sistemlerinin eksikliğiyle ilişkili olabilir. Bu bulgu, özellikle gelişmekte olan ülkelerde gözlenen kontrolsüz elektronik atık yönetimi riskleri ile paralellik göstermektedir (Widmer vd., 2005).

Sonuç olarak, bu bulgular tüketicilerin elektronik atık yönetiminde büyük ölçüde bireysel çözümlere başvurduğunu, ancak bu çözümlerin çoğu zaman sürdürülebilirlik ilkeleriyle örtüşmediğini ortaya koymaktadır. Katılımcıların daha çevreci ve sistematik yöntemlere yönlendirilebilmesi için hem farkındalık düzeylerinin artırılması hem de altyapı hizmetlerinin erişilebilir, güvenilir ve teşvik edici hale getirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Tablo 18. E-Atıkları Sürdürülebilir Şekilde Elden Çıkaramama Nedenleri

Elektronik atıkları sürdürülebilir şekilde elden çıkaramıyorum çünkü;	Frekans
Yedek cihaz olarak saklıyorum	193
Çevremde hiç geri dönüşüm noktası/merkezi/konteynırı yok	113
Sürdürülebilir elden çıkarma yöntemlerini bilmiyorum	105
Finansal destekler/teşvikler yetersiz	88
Motive değilim	58
Gizlilik/mahremiyet konusunda endişelerim var (Kişisel bilgilerimin ele geçirilmesi vb.)	56
Sürdürülebilir şekilde elden çıkarıyorum	16
Nereye bırakacağımı bilmiyorum	11

Bu çalışmada katılımcıların elektronik atıkları sürdürülebilir biçimde elden çıkaramama nedenleri analiz edilmiştir. Tablo 18'e göre en sık karşılaşılan gerekçe "yedek cihaz olarak saklama" (%193) davranışıdır. Bu durum, bireylerin cihazları olası ihtiyaç durumları için tutma eğiliminde olduklarını ve cihazın "atık" statüsüne geçişini erteleddiklerini göstermektedir. Bu sonuç, planlı eskitme karşısında kullanıcıların cihazları "yedek değer" olarak görmelerinin sürdürülebilir elden çıkarma davranışını sınırladığını ortaya koyar (Bakker vd., 2014).

İkinci en yaygın neden "geri dönüşüm altyapısına erişim eksikliği"dir (%113). Katılımcıların çevrelerinde geri dönüşüm noktalarının bulunmaması, yapısal bir eksiklik olarak kullanıcıları bireysel sorumluluk almaktan alıkoymakta ve atıkların sürdürülebilir kanallara yönlendirilmesini engellemektedir (Wilson vd., 2012). Katılımcıların %105'i ise "sürdürülebilir elden çıkarma yöntemlerini bilmediklerini" belirtmiştir. Bu sonuç, çevresel farkındalık düzeyinin düşük olduğunu ve bilgi temelli müdahalelere ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Eğitim kampanyaları ve bilinçlendirme programları ile bu engelin aşılması mümkündür (Ylä-Mella vd., 2015). "Finansal teşviklerin yetersizliği" (%88) ve "motivasyon eksikliği" (%58) bireysel ekonomik fayda arayışının ve çevresel davranışların ödül-temelli olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, literatürde sıkça vurgulanan ekonomik araçlarla yönlendirme stratejilerini desteklemektedir (Kahneman & Tversky, 1979). "Gizlilik ve mahremiyet endişeleri" (%56) de önemli bir bariyer olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle dijital cihazlarda kişisel verilerin silinememesi veya silinse bile güvence altına alınamaması, cihazların elden çıkarılmasını geciktirmektedir. Bu durum, e-atık yönetiminde veri güvenliğine yönelik teknik ve hukuki güvencelerin önemini artırmaktadır (Ongondo & Williams, 2011). Sadece %16'lık bir kesim elektronik atıkları sürdürülebilir şekilde elden çıkardığını belirtmiştir. Bu oran, genel eğilimin sürdürülebilir uygulamalardan uzak olduğunu ve mevcut politikalarda dönüşüm ihtiyacını ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, yalnızca %11 oranında katılımcı "nereye bırakacağını bilmediğini" belirtmiştir. Bu sonuç, bilgi eksikliğinin daha çok yöntem bilgisinde değil, yönlendirme eksikliğinde yoğunlaştığını göstermektedir.

Bu bulgular ışığında, sürdürülebilir e-atık yönetimini teşvik edecek stratejiler üç ana başlıkta toplanabilir:

Davranışsal Müdahaleler: Yedek cihaz tutma eğilimini kırmak için “geri alma” programları, garantili ikinci el pazarı gibi uygulamalar teşvik edilmelidir.

Altyapı Geliştirme: Geri dönüşüm konteynerlerinin görünürlüğü ve erişilebilirliği artırılmalı, mobil toplama sistemleri yaygınlaştırılmalıdır.

Eğitim ve Güvenlik Politikaları: Kullanıcılara veri silme ve güvenli imha hakkında bilgi verilmeli, gizlilik güvenceleri net olarak sunulmalıdır.

3.3.9.3. Ölçüm Modeli

PLS-SEM analiz sürecinin ilk adımı, ölçüm modelinin geçerlilik ve güvenilirlik açısından değerlendirilmesidir. Ölçüm modelinin bu gereklilikleri sağlaması durumunda, bir sonraki aşamada yapısal model analizi gerçekleştirilir (Sarstedt vd., 2022). Bu çalışmada modelde hem birinci hem de ikinci dereceden yansıtıcı (reflektif) yapılar bulunduğundan, değerlendirme yansıtıcı ölçekler için geçerli olan kriterler dikkate alınarak yapılmıştır.

3.3.9.3.1. Birinci Düzey Değişkenlerin Güvenilirlik ve Geçerlilik Analizleri

Şekil 31’de gösterilen ölçüm modeline ilişkin değerlendirmede, öncelikle iç tutarlılık güvenilirliği (Cronbach’s Alpha ve Composite Reliability), yakınsak geçerlilik (Average Variance Extracted - AVE) ve ayırt edici geçerlilik (Fornell-Larcker Criterion ve Heterotrait-Monotrait Ratio - HTMT) ölçütleri incelenmiştir (Legate vd., 2023). Bu aşamada ayrıca Outer Loadings (gösterge yükleri) analiz edilerek her bir gözlenen değişkenin ilgili gizil yapıyı temsil gücü test edilmiştir. Hair vd. (2023) ve Sarstedt vd. (2022) tarafından belirtildiği üzere, 0.40’ın altındaki yük değerleri zayıf temsil gücüne işaret etmektedir.

Analiz sonuçları (Tablo 19), Yeniden Kullanım (YK) değişkenine ait YK1 göstergesinin 0.261 yük değeriyle bu eşik değerin oldukça altında kaldığını ortaya koymuştur. Göstergenin teorik uyumsuzluğu ve düşük yük değeri dikkate alınarak YK1 modelden çıkarılmış ve analiz yeniden yürütülmüştür. Revize edilen modelde kalan göstergelerin yükleri 0.510–0.729 aralığında gerçekleşmiş, bu değerler literatürde kabul edilen minimum düzeyin (≥0.50) üzerindedir (Chin, 1998; Gefen, Straub & Boudreau, 2000). Ayrıca, YK yapısının AVE değeri 0.598’den 0.651’e

yükselmiş, bu durum yakınsak geçerliliğin güçlendiğini göstermiştir. Dolayısıyla, düşük yük değerine sahip göstergenin çıkarılması modelin hem ölçüm geçerliliğini hem de iç tutarlılığını artırmış, Hair vd. (2017) ve Fornell & Larcker (1981) tarafından önerilen ölçütlerle tutarlılık sağlamıştır.

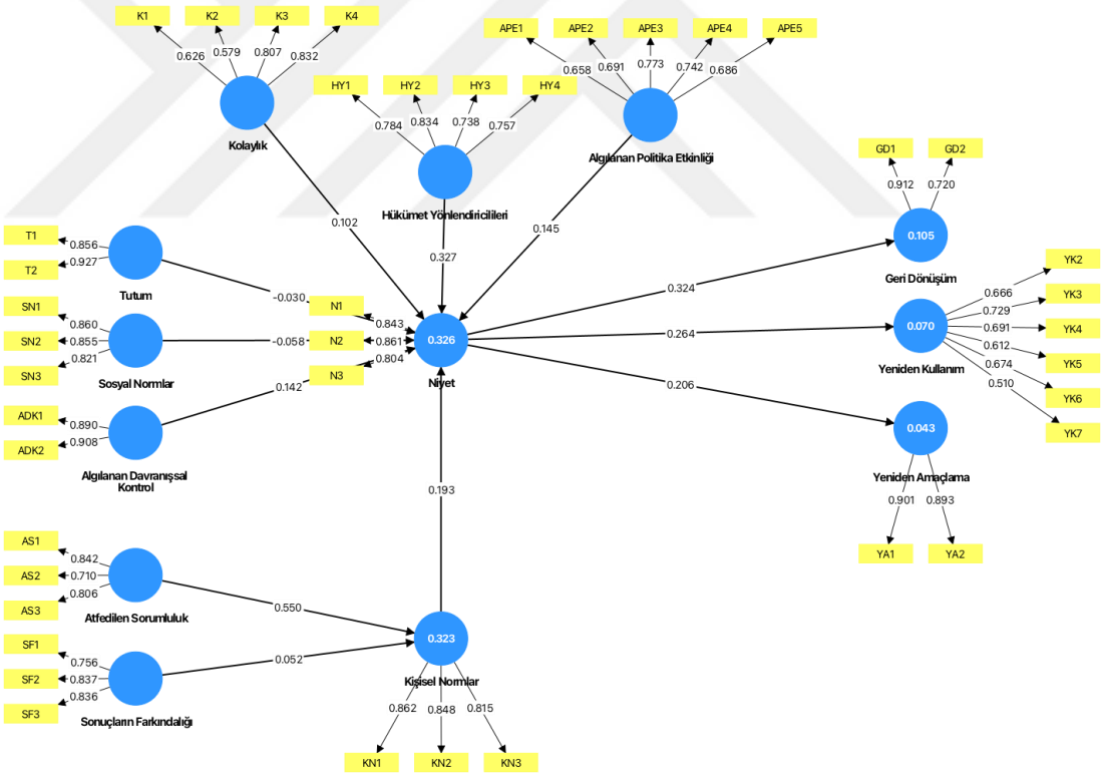
Tablo 19. Göstergelere Ait Faktör Yükleri ve Revizyon Sonuçları

	Outer loadings		Outer loadings
ADK1 <- Algılanan Davranışsal _Kontrol	0.890	ADK1 <- Algılanan Davranışsal _Kontrol	0.890
ADK2 <- Algılanan Davranışsal _Kontrol	0.908	ADK2 <- Algılanan Davranışsal _Kontrol	0.908
APE1 <- Algılanan Politika Etkinliği	0.658	APE1 <- Algılanan Politika Etkinliği	0.658
APE2 <- Algılanan Politika Etkinliği	0.691	APE2 <- Algılanan Politika Etkinliği	0.691
APE3 <- Algılanan Politika Etkinliği	0.773	APE3 <- Algılanan Politika Etkinliği	0.773
APE4 <- Algılanan Politika Etkinliği	0.742	APE4 <- Algılanan Politika Etkinliği	0.742
APE5 <- Algılanan Politika Etkinliği	0.686	APE5 <- Algılanan Politika Etkinliği	0.686
AS1 <- Atfedilen Sorumluluk	0.842	AS1 <- Atfedilen Sorumluluk	0.842
AS2 <- Atfedilen Sorumluluk	0.710	AS2 <- Atfedilen Sorumluluk	0.710
AS3 <- Atfedilen Sorumluluk	0.806	AS3 <- Atfedilen Sorumluluk	0.806
GD1 <- Geri Dönüşüm	0.912	GD1 <- Geri Dönüşüm	0.912
GD2 <- Geri Dönüşüm	0.720	GD2 <- Geri Dönüşüm	0.720
HY1 <- Hükümet Yönlendiricilileri	0.784	HY1 <- Hükümet Yönlendiricilileri	0.784
HY2 <- Hükümet Yönlendiricilileri	0.834	HY2 <- Hükümet Yönlendiricilileri	0.834
HY3 <- Hükümet Yönlendiricilileri	0.738	HY3 <- Hükümet Yönlendiricilileri	0.738
HY4 <- Hükümet Yönlendiricilileri	0.757	HY4 <- Hükümet Yönlendiricilileri	0.757
K1 <- Kolaylık	0.626	K1 <- Kolaylık	0.626
K2 <- Kolaylık	0.579	K2 <- Kolaylık	0.579
K3 <- Kolaylık	0.807	K3 <- Kolaylık	0.807
K4 <- Kolaylık	0.832	K4 <- Kolaylık	0.832
KN1 <- Kişisel Normlar	0.862	KN1 <- Kişisel Normlar	0.862
KN2 <- Kişisel Normlar	0.848	KN2 <- Kişisel Normlar	0.848
KN3 <- Kişisel Normlar	0.815	KN3 <- Kişisel Normlar	0.815
N1 <- Niyet	0.843	N1 <- Niyet	0.843
N2 <- Niyet	0.861	N2 <- Niyet	0.861
N3 <- Niyet	0.804	N3 <- Niyet	0.804
SF1 <- Sonuçların Farkındalığı	0.756	SF1 <- Sonuçların Farkındalığı	0.756
SF2 <- Sonuçların Farkındalığı	0.837	SF2 <- Sonuçların Farkındalığı	0.837
SF3 <- Sonuçların Farkındalığı	0.836	SF3 <- Sonuçların Farkındalığı	0.836
SN1 <- Sosyal Normlar	0.860	SN1 <- Sosyal Normlar	0.860
SN2 <- Sosyal Normlar	0.855	SN2 <- Sosyal Normlar	0.855
SN3 <- Sosyal Normlar	0.821	SN3 <- Sosyal Normlar	0.821
T1 <- Tutum	0.856	T1 <- Tutum	0.856

T2 <- Tutum	0.927	T2 <- Tutum	0.927
YA1 <- Yeniden Amaçlama	0.901	YA1 <- Yeniden Amaçlama	0.901
YA2 <- Yeniden Amaçlama	0.893	YA2 <- Yeniden Amaçlama	0.893
YK1 <- Yeniden Kullanım	0.261		
YK2 <- Yeniden Kullanım	0.674	YK2 <- Yeniden Kullanım	0.666
YK3 <- Yeniden Kullanım	0.723	YK3 <- Yeniden Kullanım	0.729
YK4 <- Yeniden Kullanım	0.685	YK4 <- Yeniden Kullanım	0.691
YK5 <- Yeniden Kullanım	0.610	YK5 <- Yeniden Kullanım	0.612
YK6 <- Yeniden Kullanım	0.664	YK6 <- Yeniden Kullanım	0.674
YK7 <- Yeniden Kullanım	0.515	YK7 <- Yeniden Kullanım	0.510

Bu aşamaların tamamlanmasının ardından, modelin teorik çerçevesinin istatistiksel olarak desteklenip desteklenmediğini belirlemek için yapısal model analizine geçilmiştir.

Şekil 31. Birinci Derece Değişkenlerin Gösterge Yükleri



Yapısal eşitlik modellemesinin son aşamasında, yapıların ayrımsal geçerliliği (discriminant validity) kontrol edilmiştir. Ayrımsal geçerlilik, bir yapının diğer yapılardan ampirik olarak ne ölçüde farklı olduğunu gösteren ve modeldeki her bir yapının benzersizliğini kanıtlayan önemli bir geçerlilik türüdür (Hair vd., 2017). Bu

geçerliliğin sağlanması, modeldeki yapıların birbirinden ayrıştırılabilir olduğunu ve her birinin farklı olguları temsil ettiğini gösterir.

Ayrımsal geçerliliği değerlendirmek için kullanılan yöntemlerden biri olan Fornell-Larcker kriterine göre, bir yapının AVE (Average Variance Extracted) değerinin karekökü, diğer yapılarla olan korelasyonlarından daha büyük olmalıdır (Fornell & Larcker, 1981). Çalışmada yer alan birinci düzey değişkenlerin Fornell-Larcker kriterine göre analizi Tablo 17'de sunulmuştur.

Fornell-Larcker kriterine göre yapılan ayrımsal geçerlilik analizi sonuçları incelendiğinde (Tablo 20), tüm yapıların AVE karekök değerlerinin (köşegen değerler) diğer yapılarla olan korelasyon değerlerinden (köşegen altı değerler) daha yüksek olduğu görülmektedir. Örneğin, Algılanan Davranışsal Kontrol yapısının AVE karekök değeri (0.899), diğer yapılarla olan en yüksek korelasyon değeri olan Kişisel Normlar ile 0.361'den anlamlı derecede yüksektir. Benzer şekilde, Tutum yapısının AVE karekök değeri (0.892), Sonuçların Farkındalığı ile olan 0.530'luk korelasyonundan belirgin şekilde yüksektir. Yeniden Kullanım yapısında ise AVE karekök değeri (0.651), Geri Dönüşüm ile olan 0.461'lik korelasyonundan daha büyüktür. Bu bulgular, modeldeki tüm yapıların Fornell-Larcker kriterini karşıladığını ve ölçüm modelinin ayrımsal geçerlilik şartını sağladığını göstermektedir.

Tablo 20. Fornell-Larker Kriterine Göre Birinci Düzey Değişkenlerin Ayrımsal Geçerliliği

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Algılanan Davranışsal _Kontrol	0.899												
Algılanan Politika Etkinliği	0.240	0.711											
Atfedilen Sorumluluk	0.342	0.329	0.788										
Geri Dönüşüm	0.263	0.199	0.387	0.822									
Hükümet Yönlendiricilileri	0.211	0.301	0.300	0.214	0.779								
Kişisel Normlar	0.361	0.370	0.566	0.373	0.315	0.842							
Kolaylık	0.155	0.297	0.169	0.111	0.204	0.183	0.719						
Niyet	0.311	0.354	0.412	0.324	0.457	0.385	0.251	0.836					
Sonuçların Farkındalığı	0.277	0.153	0.313	0.110	0.274	0.224	-0.018	0.149	0.811				
Sosyal Normlar	0.246	0.362	0.323	0.218	0.273	0.499	0.300	0.241	0.179	0.845			
Tutum	0.205	0.155	0.226	0.169	0.312	0.181	0.054	0.155	0.530	0.159	0.892		
Yeniden Amaçlama	0.119	0.186	0.098	0.246	0.086	0.188	0.264	0.206	0.043	0.215	0.172	0.897	
Yeniden Kullanım	0.354	0.143	0.230	0.461	0.158	0.200	0.084	0.264	0.071	0.201	0.205	0.424	0.651

Literatürde yaygın kabul gören ölçütlere göre (Henseler vd., 2015; Franke & Sarstedt, 2019), HTMT oranlarının 0.90 eşik değerinin altında kalması ayrımsal geçerliliğin sağlandığını göstermektedir. HTMT analizi sonuçları, modeldeki tüm yapı çiftlerinin ayrımsal geçerlilik kriterlerini karşıladığını göstermektedir. Tablo 21 incelendiğinde, en yüksek HTMT değerlerinin Kişisel Normlar–Atfedilen Sorumluluk (0.732) ve Geri Dönüşüm–Yeniden Kullanım (0.681) arasında olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, bu değerlerin her ikisi de 0.90'lık konservatif eşik değerin altında kalmaktadır (Henseler vd., 2015). Özellikle dikkat çeken diğer ilişkiler arasında Tutum–Sonuçların Farkındalığı (0.715) ve Kişisel Normlar–Sosyal Normlar (0.620) bulunmaktadır. Yeniden Kullanım yapısına bakıldığında, bu yapının Geri Dönüşüm ile 0.681'lik HTMT değerine sahip olduğu görülmekte, ancak bu değer kabul edilebilir sınırlar içinde kalmaktadır. Franke ve Sarstedt (2019) tarafından önerilen standartlar doğrultusunda, tüm HTMT değerlerinin kabul edilebilir aralıkta olması, modeldeki yapıların birbirinden yeterince ayırt edilebildiğini göstermektedir. Bu bulgular, Fornell–Larcker kriteri ile tutarlı olarak, ölçüm modelinin ayrımsal geçerlilik şartlarını sağladığını ve modeldeki yapıların teorik olarak birbirinden anlamlı biçimde ayrıldığını desteklemektedir.

Tablo 21. HTMT Oranına Göre Birinci Düzey Değişkenlerin Ayrımsal Geçerliliği

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Algılanan Davranışsal _Kontrol													
Algılanan Politika Etkinliği	0.307												
Atfedilen Sorumluluk	0.469	0.414											
Geri Dönüşüm	0.426	0.342	0.623										
Hükümet Yönlendiricilileri	0.254	0.358	0.414	0.299									
Kişisel Normlar	0.464	0.449	0.732	0.595	0.386								
Kolaylık	0.198	0.420	0.212	0.161	0.241	0.245							
Niyet	0.401	0.437	0.545	0.473	0.568	0.489	0.302						
Sonuçların Farkındalığı	0.369	0.213	0.461	0.158	0.342	0.294	0.100	0.191					
Sosyal Normlar	0.307	0.438	0.408	0.346	0.330	0.620	0.396	0.301	0.219				
Tutum	0.279	0.189	0.331	0.274	0.405	0.242	0.124	0.197	0.715	0.203			
Yeniden Amaçlama	0.158	0.252	0.129	0.394	0.165	0.242	0.394	0.266	0.059	0.266	0.232		
Yeniden Kullanım	0.451	0.212	0.291	0.681	0.188	0.237	0.157	0.296	0.236	0.244	0.253	0.571	

Tablo 22. Birinci Düzey Değişkenler İçin Çapraz Yük Tablosu

	ADK	APE	AS	GD	HY	KN	K	N	SF	SN	T	YA	YK
ADK1	**0.890**	0.245	0.298	0.237	0.210	0.307	0.145	0.267	0.259	0.243	0.195	0.116	0.331
ADK2	**0.908**	0.189	0.317	0.235	0.170	0.340	0.134	0.291	0.240	0.201	0.175	0.100	0.306
APE1	0.096	**0.658**	0.196	0.137	0.058	0.195	0.153	0.206	0.139	0.152	0.074	0.163	0.083
APE2	0.187	**0.691**	0.159	0.147	0.109	0.221	0.209	0.185	0.079	0.202	0.063	0.143	0.062
APE3	0.222	**0.773**	0.362	0.139	0.324	0.397	0.267	0.341	0.164	0.366	0.174	0.153	0.137
APE4	0.202	**0.742**	0.168	0.102	0.224	0.141	0.167	0.246	0.149	0.149	0.169	0.027	0.109
APE5	0.123	**0.686**	0.220	0.194	0.274	0.301	0.239	0.234	-0.012	0.364	0.032	0.183	0.094
AS1	0.255	0.263	**0.842**	0.315	0.182	0.526	0.147	0.344	0.193	0.282	0.096	0.072	0.153
AS2	0.250	0.197	**0.710**	0.276	0.285	0.315	0.069	0.247	0.351	0.152	0.223	0.031	0.081
AS3	0.309	0.306	**0.806**	0.324	0.273	0.459	0.165	0.367	0.244	0.302	0.248	0.118	0.289
GD1	0.203	0.125	0.344	**0.912**	0.235	0.286	0.092	0.322	0.117	0.173	0.154	0.199	0.437
GD2	0.251	0.240	0.295	**0.720**	0.087	0.360	0.096	0.190	0.049	0.201	0.122	0.221	0.304
HY1	0.217	0.266	0.246	0.107	**0.784**	0.285	0.153	0.376	0.289	0.273	0.315	0.073	0.114
HY2	0.256	0.228	0.267	0.201	**0.834**	0.285	0.174	0.424	0.269	0.211	0.208	-0.029	0.109
HY3	0.090	0.235	0.193	0.180	**0.738**	0.203	0.187	0.298	0.115	0.165	0.286	0.146	0.152
HY4	0.046	0.210	0.219	0.185	**0.757**	0.188	0.122	0.303	0.144	0.194	0.166	0.119	0.129
K1	0.068	0.256	0.058	-0.003	0.064	0.135	**0.626**	0.099	-0.059	0.221	0.031	0.217	0.051
K2	0.093	0.241	0.098	0.047	0.092	0.121	**0.579**	0.111	-0.025	0.167	0.090	0.277	0.102
K3	0.126	0.190	0.138	0.084	0.235	0.145	**0.807**	0.241	0.056	0.192	0.071	0.155	0.022
K4	0.139	0.234	0.160	0.141	0.133	0.139	**0.832**	0.210	-0.066	0.295	-0.015	0.197	0.096
KN1	0.351	0.343	0.479	0.348	0.288	**0.862**	0.198	0.341	0.256	0.437	0.192	0.195	0.180
KN2	0.332	0.280	0.442	0.328	0.219	**0.848**	0.159	0.285	0.222	0.443	0.197	0.177	0.205
KN3	0.232	0.306	0.503	0.267	0.282	**0.815**	0.106	0.343	0.092	0.382	0.074	0.105	0.124
N1	0.220	0.245	0.333	0.252	0.429	0.311	0.264	**0.843**	0.180	0.224	0.206	0.162	0.254
N2	0.286	0.350	0.351	0.302	0.404	0.288	0.176	**0.861**	0.124	0.142	0.098	0.195	0.220
N3	0.274	0.291	0.352	0.259	0.308	0.374	0.189	**0.804**	0.064	0.247	0.084	0.159	0.186
SF1	0.293	0.125	0.267	0.125	0.233	0.188	0.008	0.147	**0.756**	0.174	0.376	0.031	0.109
SF2	0.159	0.164	0.256	0.059	0.220	0.184	-0.011	0.140	**0.837**	0.141	0.472	0.030	0.056
SF3	0.218	0.078	0.234	0.080	0.210	0.170	-0.042	0.069	**0.836**	0.116	0.439	0.046	0.003
SN1	0.287	0.315	0.307	0.126	0.277	0.444	0.252	0.234	0.254	**0.860**	0.173	0.229	0.176
SN2	0.147	0.308	0.264	0.255	0.227	0.426	0.259	0.206	0.061	**0.855**	0.113	0.172	0.176
SN3	0.174	0.295	0.238	0.180	0.170	0.387	0.252	0.160	0.119	**0.821**	0.106	0.127	0.157
T1	0.212	0.133	0.200	0.193	0.260	0.179	0.094	0.114	0.474	0.161	**0.856**	0.169	0.194
T2	0.164	0.144	0.205	0.122	0.294	0.150	0.016	0.157	0.476	0.129	**0.927**	0.144	0.176
YA1	0.084	0.139	0.053	0.229	0.039	0.187	0.233	0.189	0.036	0.197	0.154	**0.901**	0.399
YA2	0.131	0.195	0.125	0.212	0.118	0.149	0.242	0.181	0.041	0.188	0.154	**0.893**	0.360
YK1	0.251	0.217	0.314	0.413	0.163	0.279	0.089	0.236	0.249	0.185	0.319	0.322	**0.666**
YK2	0.317	0.135	0.217	0.379	0.125	0.171	0.033	0.189	0.098	0.128	0.187	0.246	**0.729**
YK3	0.230	0.014	0.067	0.233	0.119	0.041	0.024	0.172	0.030	0.114	0.095	0.256	**0.691**
YK4	0.153	0.031	0.017	0.123	0.039	0.002	0.085	0.154	-0.169	0.111	-0.062	0.235	**0.612**
YK5	0.216	-0.013	0.064	0.349	0.044	0.132	0.034	0.119	-0.096	0.115	0.044	0.369	**0.674**
YK6	0.189	0.109	0.083	0.287	0.054	-0.000	0.073	0.038	-0.042	0.108	0.046	0.287	**0.510**
YK7	0.189	0.109	0.083	0.287	0.054	-0.000	0.073	0.038	-0.042	0.108	0.046	0.287	**0.515**

HTMT analizi sonuçları, modeldeki tüm yapı çiftlerinin ayrımsal geçerlilik kriterlerini karşıladığını göstermektedir. Tablo 18 incelendiğinde, en yüksek HTMT değerlerinin Kişisel Normlar–Atfedilen Sorumluluk (0.732) ve Geri Dönüşüm–Yeniden Kullanım

(0.681) arasında olduğu görülmektedir. Bu değerlerin her ikisi de 0.90'lık konservatif eşik değerin altında kalmaktadır (Henseler vd., 2015). Özellikle dikkat çeken diğer ilişkiler arasında Tutum–Sonuçların Farkındalığı (0.715) ve Kişisel Normlar–Sosyal Normlar (0.620) yer almaktadır. Yeniden Kullanım yapısına bakıldığında, bu yapının Geri Dönüşüm ile 0.681'lik bir HTMT değerine sahip olduğu görülmekte; ancak bu değer kabul edilebilir sınırlar içinde kalmaktadır. Franke ve Sarstedt (2019) tarafından önerilen standartlar doğrultusunda, tüm HTMT değerlerinin kabul edilebilir aralıkta olması, modeldeki yapıların birbirinden yeterince ayırt edilebildiğini göstermektedir. Bu bulgular, Fornell–Larcker kriteri ile tutarlı olarak, ölçüm modelinin ayrımsal geçerlilik şartlarını sağladığını ve modeldeki yapıların teorik olarak birbirinden anlamlı biçimde ayrıldığını desteklemektedir.

Ayrımsal geçerliliğin değerlendirilmesinde Fornell-Larcker kriteri ve HTMT oranının yanı sıra, çapraz yükler (cross-loadings) analizi de yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Ayrımsal geçerliliğin sağlanıp sağlanmadığını kontrol etmek üzere çapraz yük tablosu incelenmiştir. Çapraz yük tablosunda bir göstergenin ilişkili olduğu yapı üzerindeki yükünün, diğer yapılar üzerindeki herhangi bir çapraz yüklemesinden (korelasyonundan) daha büyük olması gerekmektedir. Tam tersi durumda, yani göstergelerin dış yüklerini aşan çapraz yüklerin varlığı, bir ayrımsal geçerlilik sorununa işaret eder (Hair vd., 2017).

Modelde yer alan tüm yapıların göstergelerinin çapraz yüklerinin, kendi yapıları üzerindeki yüklerinden küçük olduğu Tablo 22'de görülmektedir. Örneğin, Algılanan Davranışsal Kontrol (ADK) yapısına ait ADK1 göstergesinin kendi yapısı üzerindeki yükü (0.890), diğer yapılar üzerindeki en yüksek çapraz yükten (örneğin Kişisel Normlar üzerinde 0.307) belirgin şekilde yüksektir. Benzer şekilde, Tutum (T) yapısının T1 göstergesinin yükü (0.856), Sonuçların Farkındalığı üzerindeki çapraz yükten (0.474) anlamlı derecede büyüktür.

Fornell–Larcker kriteri, HTMT oranı ve çapraz yükler analizinden elde edilen tutarlı sonuçlar, modelin ayrımsal geçerlilik şartlarını karşıladığını göstermektedir. Bu bulgular, ölçüm modelindeki yapıların birbirinden ampirik olarak ayrıştırılabildiğini ve her birinin ölçmek üzere tasarlandığı teorik kavramı doğru biçimde temsil ettiğini desteklemektedir.

3.3.9.3.2. İkinci Düzey Değişkenlerin Güvenilirlik ve Geçerlilik Analizleri

Birinci düzey değişkenlerin güvenilirlik ve geçerlilik analizlerinin değerlendirilmesinin ardından geri dönüşüm, yeniden amaçlama ve yeniden kullanım boyutlarından oluşan ve ikinci düzey bir değişken olan sürdürülebilir elden çıkarma davranışı için güvenilirlik ve geçerlilik analizleri yapılmıştır. Modelde yer alan yapılara ait göstergelerin dış yük değerleri incelendiğinde (Tablo 23), tüm yapıların kabul gören eşik değerleri geçtiği ve ölçüm modelinin geçerlilik açısından yeterli olduğu görülmektedir. Literatürde yaygın olarak belirtildiği üzere, dış yük değerlerinin 0.70 ve üzeri olması güçlü yansıtıcı geçerliliğe, 0.40 ile 0.70 arasında olması ise açıklayıcı gücü nispeten daha düşük olsa da teoriye dayalı olarak kabul edilebilir düzeyde geçerliliğe işaret etmektedir (Hair vd., 2022).

Bu doğrultuda, Algılanan Davranışsal Kontrol (ADK) değişkenine ait ADK1 ve ADK2 göstergeleri sırasıyla 0.890 ve 0.908 değerleri ile oldukça yüksek düzeyde yük taşıyarak güçlü geçerlilik sağlamaktadır. Atfedilen Sorumluluk (AS) göstergeleri de benzer şekilde 0.710, 0.806 ve 0.842 yük değerleri ile modelde anlamlı bir şekilde temsil edilmektedir. Hükümet Yönlendiricileri (HY) değişkenine ait göstergeler 0.738 ile 0.834 arasında değişmekte; Kişisel Normlar (KN) değişkeni altında yer alan göstergeler ise 0.815, 0.848 ve 0.862 düzeyinde yer almakta olup tümü önerilen eşik değerlerin üzerindedir. Niyet (N) değişkenine ait N1, N2 ve N3 göstergelerinin yükleri sırasıyla 0.842, 0.861 ve 0.805'tir.

Algılanan Politika Etkinliği (APE) yapısına ait göstergelerin yük değerleri 0.658–0.773 aralığında olup, tamamı kabul edilebilir sınırlar içinde yer almaktadır. Benzer şekilde, Kolaylık (K) değişkenine ait K1 (0.625) ve K2 (0.579) göstergeleri 0.70 altında olmasına karşın Hair vd. (2022)'nin belirttiği üzere, ölçüm modeline teorik katkıları ve yapısal modeldeki istikrarları göz önünde bulundurularak modelde tutulabilmektedir. Diğer iki gösterge olan K3 (0.807) ve K4 (0.833) yükleri ise oldukça güçlüdür.

Çok boyutlu bir yapı olarak ele alınan Sürdürülebilir Elden Çıkarma Davranışı (SECD) için oluşturulan alt boyutların yük değerleri incelendiğinde, Geri Dönüşüm (GD) alt boyutunun SECD üzerindeki faktör yükü 0.818 ile yüksek düzeydedir; Yeniden Amaçlama (YA) (0.665) ve Yeniden Kullanım (YK) (0.781) boyutları ise kabul

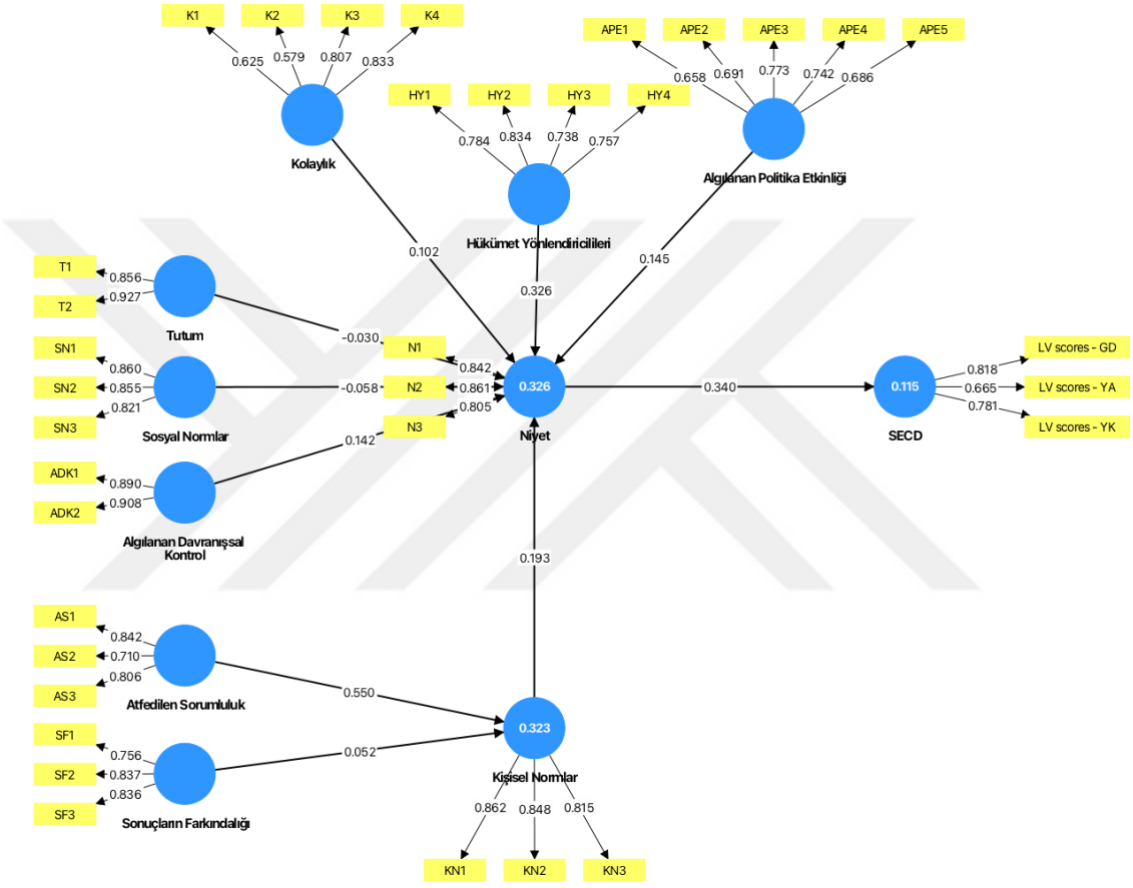
edilebilir düzeydedir. Sonuçların Farkındalığı (SF) değişkenine ait SF1, SF2 ve SF3 göstergeleri sırasıyla 0.756, 0.837 ve 0.836; Sosyal Normlar (SN) değişkenine ait SN1, SN2 ve SN3 göstergeleri ise 0.860, 0.855 ve 0.821 yük değerlerine sahiptir.

Tablo 23. Model Değişkenlerinin Gösterge Yükleri

	ADK	APE	AS	HY	KN	K	N	SECD	SF	SN	T
ADK1	0.890										
ADK2	0.908										
APE1		0.658									
APE2		0.691									
APE3		0.773									
APE4		0.742									
APE5		0.686									
AS1			0.842								
AS2			0.710								
AS3			0.806								
HY1				0.784							
HY2				0.834							
HY3				0.738							
HY4				0.757							
K1						0.625					
K2						0.579					
K3						0.807					
K4						0.833					
KN1					0.862						
KN2					0.848						
KN3					0.815						
LV scores - GD								0.818			
LV scores - YA								0.665			
LV scores - YK								0.781			
N1							0.842				
N2							0.861				
N3							0.805				
SF1									0.756		
SF2									0.837		
SF3									0.836		
SN1										0.860	
SN2										0.855	
SN3										0.821	
T1											0.856
T2											0.927

Son olarak, Tutum (T) yapısına ait iki göstergenin yükleri 0.856 ve 0.927'dir. Tüm bu bulgular, modelin ölçüm yapılarının içsel tutarlılık ve geçerlilik açısından tatmin edici düzeyde olduğunu göstermektedir. Şekil 32'de araştırmanın ölçüm modelinin son hali gösterge yükleri ve R2 değerleri ile birlikte yer almaktadır.

Şekil 32. İkinci Derece Değişkenlerin Gösterge Yükleri



Ölçüm modelini değerlendirirken son aşamada modelin son hali ayrımsal geçerlilik açısından kontrol edilmiştir. Fornell-Larcker kriteri, HTMT oranı ve çapraz yük tablosu ile değerlendirilen modelin gerekli tüm şartları yerine getirerek ayrımsal geçerliliği sağladığı Tablo 24, 25 ve 26'da ifade edilmektedir.

Fornell–Larcker kriterine göre ayrımsal geçerlilik analizi, her bir yapının Average Variance Extracted (AVE) değerinin karekökünün, bu yapının diğer yapılarla olan korelasyonlarından büyük olması gerekliliğine dayanır (Fornell & Larcker, 1981). Bu analiz, modeldeki yapıların birbirinden ne derece ayrıştığını ortaya koymak açısından önemlidir.

Tablo 24. Fornell–Larcker Kriterine Göre Değişkenlerin Ayrımsal Geçerliliği

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Algılanan Davranışsal _Kontrol	**0.899**										
Algılanan Politika Etkinliği	0.240	**0.711**									
Atfedilen Sorumluluk	0.342	0.329	**0.788**								
Hükümet Yönlendiricilileri	0.211	0.301	0.300	**0.779**							
Kişisel Normlar	0.361	0.370	0.566	0.315	**0.842**						
Kolaylık	0.155	0.297	0.169	0.204	0.183	**0.719**					
Niyet	0.311	0.354	0.412	0.457	0.386	0.251	**0.836**				
SECD	0.325	0.231	0.324	0.201	0.340	0.190	0.340	**0.757**			
Sonuçların Farkındalığı	0.277	0.153	0.313	0.274	0.224	-0.018	0.149	0.090	**0.811**		
Sosyal Normlar	0.246	0.362	0.323	0.273	0.499	0.300	0.242	0.274	0.179	**0.845**	
Tutum	0.205	0.155	0.226	0.312	0.181	0.054	0.155	0.223	0.530	0.159	**0.892**

Not: Köşegenlerde yer alan değerler (kalın yazılı) yapıların AVE değerlerinin karekökünü ifade ederken köşegen dışında kalan değerler yapılar arasındaki korelasyonları göstermektedir.

Tablo 24 incelendiğinde, her bir yapının çapraz korelasyon matrisinde köşegen üzerinde yer alan AVE karekök değerlerinin, ilgili yapının diğer tüm yapılarla olan korelasyon değerlerinden yüksek olduğu görülmektedir. Örneğin, Algılanan Davranışsal Kontrol yapısının AVE karekök değeri 0.899 olup, bu değerin bu yapının diğer yapılarla olan korelasyonlarından (en yüksek: Kişisel Normlar ile 0.361) belirgin şekilde yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Benzer şekilde, Tutum yapısına ait AVE karekök değeri 0.892 olup, bu yapının en yüksek korelasyon gösterdiği yapı olan Sonuçların Farkındalığı ile korelasyonu 0.530 olarak hesaplanmıştır. Diğer yapılar için de benzer şekilde, köşegen üzerindeki değerlerin ilgili satırdaki tüm diğer değerlerden yüksek olduğu doğrulanmıştır. Algılanan Politika Etkinliği (0.711), Atfedilen Sorumluluk (0.788), Hükümet Yönlendiricileri (0.779), Kişisel Normlar (0.842), Kolaylık (0.719), Niyet (0.836), SECD (0.757), Sonuçların Farkındalığı (0.811), Sosyal Normlar (0.845) ve Tutum (0.892) değişkenleri için de AVE karekök değerlerinin tüm yatay ve dikey korelasyon değerlerinden yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca tüm korelasyon değerleri mutlak anlamda 0.566'nın altında kalmaktadır (örneğin Tutum–Sonuçların Farkındalığı ilişkisi 0.530'dur). Bu durum, değişkenler arasında çok yüksek çoklu doğrusal ilişki olmadığını ve yapıların ampirik

olarak birbirinden ayırt edilebilir olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda, Fornell–Larcker kriterine göre modeldeki tüm yapılar arasında ayrımsal geçerliliğin sağlandığı ve her bir yapının kendine özgü, diğer yapılardan bağımsız bir kavramsal alanı temsil ettiği sonucuna varılmaktadır.

HTMT (Heterotrait-Monotrait Ratio) analizi, modeldeki yapıların birbirinden ne ölçüde ayrılabildiğini değerlendirmek amacıyla önerilen ayrımsal geçerlilik yöntemlerinden biridir. Fornell–Larcker kriterinin tamamlayıcısı niteliğinde olan bu yöntem, özellikle yapıların birbirine kavramsal olarak yakın olduğu durumlarda daha hassas sonuçlar vermektedir (Henseler vd., 2015). HTMT oranının 0.90'ın altında olması durumunda, ilgili yapılar arasında yeterli düzeyde ayrımsal geçerliliğin sağlandığı kabul edilmektedir. Bazı araştırmacılar daha muhafazakâr bir eşik olarak 0.85 değerini önermektedir (Franke & Sarstedt, 2019).

Tablo 25 incelendiğinde, modeldeki tüm yapılar arasındaki HTMT değerlerinin 0.732 ile 0.100 arasında değiştiği ve tamamının önerilen eşik değer olan 0.90'ın altında kaldığı görülmektedir. En yüksek HTMT değeri Kişisel Normlar ile Atfedilen Sorumluluk (0.732) arasında hesaplanmış olup, bu iki değişkenin kavramsal olarak da ilişkili olduğu dikkate alındığında bu değer literatürle uyumludur. Bunun yanında, Niyet–Atfedilen Sorumluluk (0.545), Hükümet Yönlendiricileri–Niyet (0.568) ve Kişisel Normlar–Niyet (0.489) arasındaki HTMT oranları, modeldeki yapılar arası ilişkilerin teorik olarak tutarlı olduğunu göstermekle birlikte ayrımsal geçerliliğin korunduğunu da teyit etmektedir.

Yeni modele eklenen SECD değişkeni incelendiğinde, bu yapının diğer değişkenlerle olan HTMT oranlarının 0.134–0.462 aralığında değiştiği görülmektedir. Özellikle SECD–Niyet (0.462) ve SECD–Kişisel Normlar (0.445) ilişkilerinin orta düzeyde olduğu, buna karşın diğer tüm yapı çiftlerinde düşük oranların gözlendiği belirlenmiştir. Bu sonuç, SECD yapısının modelde teorik olarak ilgili ama ampirik olarak ayrı bir kavramsal alanı temsil ettiğini göstermektedir.

Diğer tüm yapılar arasında gözlemlenen HTMT değerleri ise oldukça düşük düzeydedir (örneğin Tutum–Kolaylık: 0.124, Kolaylık–Sonuçların Farkındalığı: 0.100, Algılanan Politika Etkinliği–Tutum: 0.189). Bu durum, söz konusu yapıların birbirinden yeterli düzeyde ampirik olarak ayrıldığını göstermektedir. Özellikle

Tutum, Sonuçların Farkındalığı, Kolaylık ve Algılanan Politika Etkinliği gibi yapılar diğer değişkenlerle olan ilişkilerinde düşük HTMT oranları sergileyerek güçlü bir ayrımsal geçerlilik kanıtı sunmaktadır.

Sonuç olarak, HTMT analizine göre modelde yer alan tüm yapılar arasında ayrımsal geçerlilik şartının sağlandığı, yapıların birbirinden ampirik olarak ayırt edilebildiği ve ölçüm modelinin bu açıdan güçlü bir yapıya sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 25. HTMT Oranına Göre Değişkenlerin Ayrımsal Geçerliliği

	ADK	APE	AS	HY	KN	K	N	SECD	SF	SN	T
Algılanan Davranışsal _Kontrol											
Algılanan Politika Etkinliği	0.307										
Atfedilen Sorumluluk	0.469	0.414									
Hükümet Yönlendiricilileri	0.254	0.358	0.414								
Kişisel Normlar	0.464	0.449	0.732	0.386							
Kolaylık	0.198	0.420	0.212	0.241	0.245						
Niyet	0.401	0.437	0.545	0.568	0.489	0.302					
SECD	0.459	0.325	0.429	0.290	0.445	0.311	0.462				
Sonuçların Farkındalığı	0.369	0.213	0.461	0.342	0.294	0.100	0.191	0.134			
Sosyal Normlar	0.307	0.438	0.408	0.330	0.620	0.396	0.301	0.378	0.219		
Tutum	0.279	0.189	0.331	0.405	0.242	0.124	0.197	0.332	0.715	0.203	

Çapraz yükler (cross-loadings) analizi, modeldeki her bir göstergenin ait olduğu yapı üzerinde en yüksek yük değerine sahip olup olmadığını inceleyerek, ayrımsal geçerliliğin ek bir doğrulamasını sağlar. Bu bağlamda, bir göstergenin kendi yapısı üzerindeki yükünün, modelde yer alan diğer tüm yapılar üzerindeki yüklerinden daha yüksek olması beklenmektedir (Hair vd., 2022). Eğer bir göstergenin diğer yapılarda daha yüksek yüke sahip olduğu görülürse, bu durum ilgili göstergenin kavramsal olarak farklı yapılara da yüklendiğini ve ayrımsal geçerlilik probleminin varlığını işaret edebilir.

Tablo 26 incelendiğinde, modelde yer alan tüm göstergelerin, ait oldukları yapılar üzerinde en yüksek yük değerine sahip olduğu görülmektedir. Örneğin, ADK1 ve ADK2 göstergeleri Algılanan Davranışsal Kontrol yapısı üzerinde sırasıyla 0.890 ve 0.908 yük değerlerine sahiptir ve diğer yapılardaki yükleri bu değerlerin oldukça altındadır. Benzer biçimde, APE3 göstergesi Algılanan Politika Etkinliği yapısında

0.773 yük değeriyle yer almakta, diğer yapılar üzerindeki en yüksek yükü ise yalnızca 0.397 (Kişisel Normlar) düzeyindedir.

Tablo 26. Değişkenler İçin Çapraz Yük Tablosu

	ADK	APE	AS	HY	KN	K	N	SECD	SF	SN	T
ADK1	**0.890**	0.245	0.298	0.210	0.307	0.145	0.267	0.300	0.259	0.243	0.195
ADK2	**0.908**	0.189	0.317	0.170	0.340	0.134	0.291	0.285	0.240	0.201	0.175
APE1	0.096	**0.658**	0.196	0.058	0.195	0.153	0.206	0.171	0.139	0.152	0.074
APE2	0.187	**0.691**	0.159	0.109	0.221	0.209	0.185	0.160	0.079	0.202	0.063
APE3	0.222	**0.773**	0.362	0.324	0.397	0.267	0.341	0.180	0.164	0.366	0.174
APE4	0.202	**0.742**	0.168	0.224	0.141	0.167	0.246	0.102	0.149	0.149	0.169
APE5	0.123	**0.686**	0.220	0.274	0.301	0.239	0.234	0.214	-0.012	0.364	0.032
AS1	0.255	0.263	**0.842**	0.182	0.526	0.147	0.344	0.253	0.193	0.282	0.096
AS2	0.250	0.197	**0.710**	0.285	0.315	0.069	0.246	0.185	0.351	0.152	0.223
AS3	0.309	0.306	**0.806**	0.273	0.459	0.165	0.367	0.316	0.244	0.302	0.248
HY1	0.217	0.266	0.246	**0.784**	0.285	0.153	0.376	0.119	0.289	0.273	0.315
HY2	0.256	0.228	0.267	**0.834**	0.285	0.174	0.424	0.132	0.269	0.211	0.208
HY3	0.090	0.235	0.193	**0.738**	0.203	0.187	0.298	0.210	0.115	0.165	0.286
HY4	0.046	0.210	0.219	**0.757**	0.188	0.122	0.303	0.188	0.144	0.194	0.166
K1	0.068	0.256	0.058	0.064	0.135	**0.625**	0.099	0.101	-0.059	0.221	0.031
K2	0.093	0.241	0.098	0.092	0.121	**0.579**	0.111	0.166	-0.025	0.167	0.090
K3	0.126	0.190	0.138	0.235	0.145	**0.807**	0.241	0.106	0.056	0.192	0.071
K4	0.139	0.234	0.160	0.133	0.139	**0.833**	0.210	0.192	-0.066	0.295	-0.015
KN1	0.351	0.343	0.479	0.288	**0.862**	0.198	0.341	0.321	0.256	0.437	0.192
KN2	0.332	0.280	0.442	0.219	**0.848**	0.159	0.285	0.307	0.222	0.443	0.197
KN3	0.232	0.306	0.503	0.282	**0.815**	0.106	0.343	0.233	0.092	0.382	0.074
LV scores - GD	0.267	0.205	0.388	0.209	0.379	0.112	0.321	**0.818**	0.107	0.221	0.169
LV scores - YA	0.118	0.184	0.097	0.085	0.188	0.264	0.206	**0.665**	0.043	0.215	0.172
LV scores - YK	0.345	0.128	0.186	0.136	0.154	0.084	0.220	**0.781**	0.037	0.188	0.171
N1	0.220	0.245	0.333	0.429	0.311	0.264	**0.842**	0.281	0.180	0.224	0.206
N2	0.286	0.350	0.351	0.404	0.288	0.176	**0.861**	0.307	0.124	0.142	0.098
N3	0.274	0.291	0.352	0.308	0.374	0.189	**0.805**	0.263	0.064	0.247	0.084
SF1	0.293	0.125	0.267	0.233	0.188	0.008	0.147	0.111	**0.756**	0.174	0.376
SF2	0.159	0.164	0.256	0.220	0.184	-0.011	0.140	0.055	**0.837**	0.141	0.472
SF3	0.218	0.078	0.234	0.210	0.170	-0.042	0.069	0.050	**0.836**	0.116	0.439
SN1	0.287	0.315	0.307	0.277	0.444	0.252	0.234	0.220	0.254	**0.860**	0.173
SN2	0.147	0.308	0.264	0.227	0.426	0.259	0.206	0.267	0.061	**0.855**	0.113
SN3	0.174	0.295	0.238	0.170	0.387	0.252	0.160	0.205	0.119	**0.821**	0.106
T1	0.212	0.133	0.200	0.260	0.179	0.094	0.114	0.233	0.474	0.161	**0.856**
T2	0.164	0.144	0.205	0.294	0.150	0.016	0.157	0.175	0.476	0.129	**0.927**

Aynı durum diğer tüm yapılarda da gözlemlenmektedir.

- AS1 göstergesi Atfedilen Sorumluluk yapısında 0.842 yükle en yüksek değeri almakta; diğer yapılardaki yükleri belirgin biçimde düşüktür.
- HY2 göstergesi Hükümet Yönlendiricileri yapısında 0.834 yükle en yüksek değeri göstermektedir.

- K4 göstergesi Kolaylık yapısında 0.833 yük değerine sahiptir ve diğer yapılarda 0.3'ün altında kalmaktadır.
- KN1 göstergesi Kişisel Normlar yapısında 0.862 ile en yüksek değeri almıştır.

Benzer biçimde, Niyet, Sonuçların Farkındalığı, Sosyal Normlar ve Tutum değişkenlerine ait tüm göstergeler de kendi yapılarına ait yüklerde en yüksek değeri taşımaktadır. Örneğin, T1 ve T2 göstergeleri sırasıyla 0.856 ve 0.927 yük değerleriyle Tutum yapısında yer almakta; diğer yapılardaki yükleri oldukça düşüktür (örneğin T2'nin Kolaylık üzerindeki yükü yalnızca 0.016'dır). Ayrıca, SECD (Sürdürülebilir Elden Çıkarma Davranışı) yapısının alt boyutları olan Geri Dönüşüm, Yeniden Amaçlama ve Yeniden Kullanım için hesaplanan LV skorlarının da kendi yapılarına en yüksek şekilde yüklendiği görülmektedir. Geri Dönüşüm'ün SECD üzerindeki yükü 0.818, Yeniden Amaçlama'nın 0.665 ve Yeniden Kullanım'ın 0.781 olup, her biri kendi faktörüne diğer yapılardan anlamlı biçimde daha yüksek düzeyde yüklenmiştir. Tüm bu bulgular, çapraz yükler kriterine göre modeldeki her bir göstergenin yalnızca ait olduğu yapı ile güçlü bir ilişki sergilediğini ve diğer yapılardan ampirik olarak ayırt edilebildiğini göstermektedir. Bu sonuç, ölçüm modelinin ayrımsal geçerlilik açısından güçlü bir yapıya sahip olduğunu desteklemektedir.

Yapılan Fornell–Larcker kriteri, HTMT oranı ve çapraz yükler analizleri, modelde yer alan tüm yapıların birbirinden istatistiksel olarak anlamlı şekilde ayrıştığını göstermektedir. Her üç yöntemden elde edilen bulgular, ayrımsal geçerliliğin sağlandığını ve ölçüm modelinin teorik olarak öngörülen yapıları güvenilir biçimde yansıttığını doğrulamaktadır.

3.3.9.4. Yapısal Model

Ölçüm modelinin geçerliliği ve güvenirliği değerlendirildikten sonra PLS-SEM analizinde bir sonraki aşama yapısal modelin incelenmesidir. Yapısal modelin değerlendirilmesi, yapılar arasındaki yol katsayılarının regresyon analizlerine dayalı olarak test edilmesini içerir. Birden fazla bağımsız değişkenin yer aldığı modellerde, bu değişkenler arasındaki yüksek korelasyon çoklu doğrusal bağlantı (multicollinearity) olarak adlandırılmakta ve bu durum, ilgili bağımsız değişkenlerin tahmin gücünü olumsuz etkileyebilmektedir (Kalaycı, 2017). Bu nedenle, yapısal

modelin yorumlanmasından önce çoklu doğrusal bağlantı sorunlarının modele etkisinin olup olmadığının belirlenmesi gereklidir (Sarstedt vd., 2022). Bu amaçla, yapılar arasındaki doğrusal ilişki düzeyini belirlemek üzere Varyans Enflasyon Faktörü (VIF) değerleri analiz edilmiştir. VIF, yapılar arasındaki potansiyel çoklu doğrusal bağlantı sorunlarını ortaya koyan bir göstergedir. Literatürde, VIF değerinin 5'in üzerinde olması çoklu doğrusal bağlantı sorununa işaret edebileceği ifade edilmekle birlikte, ideal düzeyin 3 ve altında olması önerilmektedir. Bu çalışmada hesaplanan tüm VIF değerlerinin 3'ün altında kalması, modelde anlamlı bir çoklu doğrusal bağlantı problemi bulunmadığını göstermektedir.

Tablo 27'de sunulan Varyans Enflasyon Faktörü (VIF) değerleri, yapısal modelde yer alan bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı (multicollinearity) sorununa ilişkin önemli bilgiler sağlamaktadır. Analiz sonuçlarına göre, tüm değişkenlere ait VIF değerleri 3'ün altında kalmakta olup, bu durum modelde anlamlı bir çoklu doğrusal bağlantı probleminin bulunmadığını göstermektedir. En yüksek VIF değeri 1.903 ile KN2 değişkeninde, en düşük değer ise 1.230 ile LV scores – Yeniden Amaçlama değişkeninde gözlemlenmiştir. Literatürde genellikle 5'in üzerindeki VIF değerleri çoklu doğrusal bağlantı açısından kritik olarak kabul edilirken, ideal olarak bu değerin 3'ün altında olması önerilmektedir (Hair vd., 2022). Dolayısıyla, elde edilen bulgular yapısal modeldeki yol katsayılarının yorumlanabilirliğini ve modelin doğrusal ilişkilerden kaynaklanan sapmalardan etkilenmediğini ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, modelin içsel tutarlılığını ve istatistiksel geçerliliğini desteklemektedir.

Yapılar arasındaki olası doğrusallık sorunlarının kontrol edilmesinin ardından, modelde yer alan bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi amacıyla yol katsayıları incelenmiş; ayrıca modelin açıklayıcı ve öngörücü gücü de dikkate alınmıştır. Belirleme katsayısı olan R^2 değeri, modelin açıklama ve tahmin gücünün bir ölçüsüdür. R^2, bağımlı değişkenlerin her biri için bağımsız değişkenler tarafından açıklanan varyansı ölçer. 0 ile 1 arasında değer alan R^2 için daha yüksek değerler, modelin daha büyük bir açıklama gücüne sahip olduğunu gösterir (Hair vd., 2014).

Tablo 27. Değişkenlere Ait Varyans Enflasyon Faktörü Değerleri

	VIF
ADK1	1.613
ADK2	1.613
APE1	1.552
APE2	1.685
APE3	1.426
APE4	1.482
APE5	1.350
AS1	1.389
AS2	1.331
AS3	1.378
HY1	1.608
HY2	1.744
HY3	1.700
HY4	1.766
K1	1.566
K2	1.422
K3	1.370
K4	1.581
KN1	1.896
KN2	1.903
KN3	1.476
LV scores - GD	1.237
LV scores - YA	1.230
LV scores - YK	1.418
N1	1.686
N2	1.751
N3	1.532
SF1	1.251
SF2	1.757
SF3	1.797
SN1	1.621
SN2	1.804
SN3	1.811
T1	1.559
T2	1.559

Kabul edilebilir R^2 değerleri bağlama dayalı olup, disiplinden disipline değişim gösterebilmektedir. Hair ve arkadaşları (2011) 0.75, 0.50 ve 0.25 R^2 değerlerini sırasıyla önemli, orta ve zayıf düzeyde açıklayıcılık olarak kabul ederken; Falk ve

Miller (1992) ile Raithel vd. (2012) 0.10 ve üzerindeki bir R^2 değerini tatmin edici bulmaktadır. Cohen'e (1992) göre ise standart etki büyüklüğü sınıflandırması 0.02 (küçük), 0.13 (orta) ve 0.26 (büyük) olarak tanımlanmaktadır.

R^2 değeri, tahmin edici yapıların sayısının bir fonksiyonu olduğundan, modeldeki yordayıcı değişken sayısı arttıkça R^2 değerinin de yükselmesi beklenir (Sarstedt vd., 2022). Bu nedenle R^2 değerleri, modelin genel yapısı ve benzer araştırmaların bağlamı dikkate alınarak yorumlanmalıdır.

Bu bağlamda, araştırma modeline ilişkin belirleme katsayısı (R^2) ve düzeltilmiş belirleme katsayısı (R^2 adjusted) değerleri incelendiğinde (Tablo 28), modelin bağımlı değişkenler üzerindeki açıklama gücünün orta düzeyde olduğu görülmektedir. Kişisel Normlar değişkeni için R^2 değeri 0.323, Niyet için 0.326 ve SECD (Sürdürülebilir Eyleme Katılım Düzeyi) için 0.115 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, sırasıyla ilgili bağımlı değişkenlerin varyansının %32.3, %32.6 ve %11.5'inin modelde yer alan bağımsız değişkenler tarafından açıklandığını göstermektedir.

Hair vd. (2011) tarafından önerilen sınıflamaya göre Kişisel Normlar ve Niyet değişkenlerine ait R^2 değerleri orta düzeyde bir açıklayıcılığa, SECD değişkenine ait R^2 değeri ise düşük düzeyde bir açıklama gücüne işaret etmektedir. Bununla birlikte, Cohen (1992)'nin sınıflamasına göre değerlendirildiğinde, tüm R^2 değerlerinin anlamlı bir etki büyüklüğü taşıdığı söylenebilir.

Ayrıca, R^2 adjusted değerlerinin (Kişisel Normlar: 0.320, Niyet: 0.317, SECD: 0.114) R^2 değerlerine oldukça yakın olması, modelde yer alan yordayıcı değişkenlerin aşırı uyum (overfitting) riski taşımadığını ve tahminlerin istikrarlı olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, modelin bağımlı değişkenler üzerindeki açıklama gücünün kuramsal açıdan tatmin edici ve güvenilir olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 28. Araştırma Modeline İlişkin R2 Değerleri

	R-square	**R-square adjusted**
Kişisel Normlar	0.323	0.320
Niyet	0.326	0.317
SECD	0.115	0.114

PLS-yapısal eşitlik modellemesinde modelin tahmin gücünü değerlendirmek amacıyla kullanılan önemli ölçütlerden biri de çapraz doğrulanmış artıklık değeri olan Q^2 katsayısıdır. Bu değer, modeldeki yol katsayılarının ilgili endojen yapıları ne ölçüde doğru tahmin ettiğini gösterir. Q^2 değerinin sıfırdan büyük olması, modelin tahmin doğruluğuna sahip olduğunu ve öngörü yeteneğinin bulunduğunu göstermektedir (Hair vd., 2019). Bu bağlamda, çalışmada yer alan bağımlı değişkenlere ilişkin tahmin gücünü değerlendirmek amacıyla blindfolding prosedürü uygulanmış ve her bir değişken için Q^2, RMSE (Root Mean Square Error) ve MAE (Mean Absolute Error) değerleri hesaplanmıştır (Tablo 26).

Elde edilen sonuçlara göre, Kişisel Normlar (Q^2 = 0.314) ve Niyet (Q^2 = 0.303) değişkenleri için Q^2 değerleri 0.3'ün üzerinde olup, modelin bu iki değişkeni tahmin etme gücünün orta düzeyde ve tatmin edici olduğunu göstermektedir. SECD (Sürdürülebilir Elden Çıkarma Davranışı) değişkeni için hesaplanan Q^2 = 0.088 değeri ise düşük seviyede de olsa modelin ilgili yapıyı öngörebildiğini ortaya koymaktadır. Buna ek olarak, RMSE ve MAE değerlerinin tüm değişkenler için makul düzeylerde kalması (örneğin Kişisel Normlar için RMSE = 0.831 ve MAE = 0.674), modelin tahmin hatalarının kabul edilebilir seviyelerde olduğunu desteklemektedir.

Sonuç olarak, tüm Q^2 değerlerinin sıfırın üzerinde olması, modelin genel olarak tahmin edici güce sahip olduğunu ve öngörü performansının anlamlı düzeyde olduğunu göstermektedir (Hair vd., 2017).

Tablo 29. Bağımlı Değişkenlerin Tahmin Gücü Göstergeleri

	Q^2predict	**RMSE**	**MAE**
Kişisel Normlar	0.314	0.831	0.674
Niyet	0.303	0.838	0.660
SECD	0.088	0.958	0.785

Tablo 30'da yer alan model uyum istatistikleri incelendiğinde, SRMR (Standardized Root Mean Square Residual) değerinin saturated model için 0.069, estimated model için ise 0.087 olduğu görülmektedir. Literatürde SRMR'nin 0.08'in altında olmasının iyi bir uyumun göstergesi olduğu (Hair vd., 2017; Henseler vd., 2015) dikkate alındığında, saturated modelin değeri modelin tatmin edici bir uyuma sahip olduğunu, estimated modelin değeri ise sınır düzeyde fakat kabul edilebilir bir uyuma işaret ettiğini göstermektedir. Buna ek olarak, d_ULS (Unweighted Least Squares

discrepancy) ve d_G (Geodesic discrepancy) değerleri de model ile veri arasındaki farkı gösteren alternatif ölçütlerdir. Bu değerler sırasıyla saturated modelde 3.010 ve 0.882, estimated modelde ise 4.736 ve 0.963 olarak hesaplanmıştır. Bu ölçütlerin yorumlanmasında bağlama özgü tolerans aralıkları dikkate alınmakta olup, genel uyum değerlendirmesi SRMR ile birlikte yapılmaktadır. Modelin ki-kare değerleri saturated modelde 2.843.886, estimated modelde ise 2.999.193 olarak bulunmuştur. Yapısal eşitlik modellemesinde, özellikle n > 200 gibi büyük örneklemlerde ki-kare istatistiğinin yüksek çıkması beklenen bir durumdur; bu nedenle tek başına model uyumunun göstergesi olarak değerlendirilmemelidir. Son olarak, NFI (Normed Fit Index) değerleri saturated model için 0.608, estimated model için 0.586 olarak hesaplanmıştır. NFI değerinin 1'e yaklaştıkça daha iyi uyumu temsil ettiği (Bentler & Bonett, 1980) göz önüne alındığında, bu sonuçlar modelin zayıf ancak kabul edilebilir düzeyde bir uyum sergilediğini göstermektedir. Ayrıca literatürde, PLS-SEM modellerinde NFI değerlerinin CB-SEM modellerine kıyasla sistematik olarak daha düşük çıktığı da vurgulanmaktadır (Latan & Noonan, 2017). Tüm bu göstergeler bir arada değerlendirildiğinde, modelin genel olarak kabul edilebilir düzeyde bir yapısal uygunluğa sahip olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Tablo 30. Model Uyum İstatistikleri

	Saturated model	**Estimated model**
SRMR	0.069	0.087
d_ULS	3.010	4.736
d_G	0.882	0.963
Chi-square	2.843.886	2.999.193
NFI	0.608	0.586

Modelin Goodness of Fit (GoF) değeri, PLS-SEM analizlerinde modelin genel uyumunu değerlendirmek için önerilen ve Tenenhaus vd. (2005) tarafından geliştirilen bir ölçüttür. Bu değer, ölçüm ve yapısal modelin birlikte ne kadar iyi çalıştığını göstermektedir.

$$\text{GoF} = \sqrt{\text{AVE ortalaması} \times \text{R2 ortalaması}}$$

$$\text{AVE ortalaması} = \frac{0.808+0.506+0.621+0.607+0.709+0.518+0.700+0.574+0.657+0.715+0.796}{11} = \frac{7{,}211}{11} = 0.656$$

$$R^2 \text{ ortalaması} = \frac{0.323+0.326+0.115}{3} = \frac{0.764}{3} \approx 0.2547$$

$$\text{GoF} = \sqrt{0.656 \times 0.2547} = \sqrt{0.1676} \approx 0.409$$

Modelin genel uyumuna ilişkin Goodness of Fit (GoF) değeri, AVE ve R^2 değerlerinin aritmetik ortalamalarının geometrik ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Ortalama AVE değeri 0.656, ortalama R^2 değeri ise 0.2547 olarak bulunmuştur. Bu doğrultuda hesaplanan GoF değeri 0.409 olup, Wetzels vd. (2009) tarafından önerilen eşik değerin (0.36) üzerinde yer almakta ve modelin genel uyumunun yüksek düzeyde olduğunu göstermektedir.

3.3.9.5. Hipotez Testi Sonuçları

Araştırma modelinin açıklayıcılığı ve öngörücü kapasitesi değerlendirildikten sonra, kuramsal hipotezlere karşılık gelen yapısal ilişkiler yoluyla modelin ampirik geçerliliği test edilmiştir. Yapısal modeldeki yol katsayıları, standartlaştırılmış regresyon katsayıları olarak ifade edilir ve -1 ile +1 arasında değer alırlar. Bu katsayıların büyüklüğü, değişkenler arasındaki ilişkinin yönü ve gücü hakkında bilgi verir; katsayının 0'a yakın olması zayıf bir ilişkiye, 0'dan uzaklaşması ise daha güçlü ve anlamlı bir ilişkiye işaret eder (Sarstedt vd., 2022).

Yol katsayılarının yalnızca büyüklüğü değil, istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı da modelin geçerliliği açısından kritik öneme sahiptir. PLS-SEM yönteminin parametrik test varsayımlarına (örneğin normallik varsayımına) bağlı olmaması, bu bağlamda anlamlılık testlerinin parametrik olmayan tekniklerle gerçekleştirilmesini gerekli kılar. Bu çerçevede, modeldeki yol katsayılarının anlamlılığı bootstrap yeniden örnekleme yöntemiyle test edilmiştir (Hair vd., 2017). Bootstrap, örneklemden tekrar tekrar alt örneklemler seçerek katsayıların güvenilirliğini değerlendirir ve modelin genellenebilirliğine ilişkin daha sağlam sonuçlar sunar. Literatürde daha doğru ve istikrarlı tahminler elde edebilmek adına en az 5000 bootstrap örneklemesi önerilmekte olup (Hair vd., 2019), bu çalışmada da söz konusu öneri dikkate alınarak 5000 yeniden örnekleme ile analiz gerçekleştirilmiştir.

Tablo 31. Hipotez Testi Sonuçları

Hipotez	Yol	Original sample (O)	Sample mean (M)	Standard deviation (STDEV)	T statistics (|O/STDEV|)	P values	Sonuç
H1a	Tutum -> Niyet	-0.030	-0.029	0.037	0.828	0.408	Desteklenmedi
H1b	Sosyal Normlar -> Niyet	-0.058	-0.055	0.041	1395	0.163	Desteklenmedi
H1c	Algılanan Davranışsal _Kontrol -> Niyet	0.142	0.142	0.045	3129	0.002	Desteklendi
H2	Niyet -> SECD	0.340	0.343	0.040	8557	0.000	Desteklendi
H3a	Atfedilen Sorumluluk -> Kişisel Normlar	0.550	0.550	0.036	15316	0.000	Desteklendi
H3b	Sonuçların Farkındalığı -> Kişisel Normlar	0.052	0.054	0.036	1436	0.151	Desteklenmedi
H4	Kişisel Normlar -> Niyet	0.193	0.191	0.048	4000	0.000	Desteklendi
H5a	Kolaylık -> Niyet	0.102	0.105	0.037	2747	0.006	Desteklendi
H5b	Hükümet Yönlendiricileri -> Niyet	0.326	0.327	0.042	7812	0.000	Desteklendi
H5c	Algılanan Politika Etkinliği -> Niyet	0.145	0.147	0.040	3634	0.000	Desteklendi

Yapısal modelde yer alan hipotezlerin test edilmesi amacıyla yürütülen PLS-SEM analizinde, yol katsayıları (β), t-istatistikleri ve p-değerleri dikkate alınarak değişkenler arasındaki ilişkilerin gücü ve anlamlılığı değerlendirilmiştir. Modeldeki ilişkilerin anlamlı kabul edilebilmesi için t-istatistiğinin en az 1.96 ($p < 0.05$) olması gerektiği kabul edilmektedir (Hair vd., 2017).

Tablo 31'de yer alan sonuçlara göre, Atfedilen Sorumluluk'un Kişisel Normlar üzerindeki etkisi oldukça güçlü ve anlamlıdır ($\beta = 0.550$, $t = 15.316$, $p < 0.001$). Bu bulgu, bireylerin çevresel sorumluluğu kendilerine atfetmeleri durumunda kişisel normlarının belirgin biçimde güçlendiğini göstermektedir. Buna karşın, Sonuçların Farkındalığı'nın Kişisel Normlar üzerindeki etkisi ($\beta = 0.052$, $t = 1.436$, $p = 0.151$) anlamlı bulunmamış; dolayısıyla bu hipotez desteklenmemiştir.

Benzer şekilde, Tutum'un ($\beta = –0.030$, $t = 0.828$, $p = 0.408$) ve Sosyal Normlar'ın ($\beta = –0.058$, $t = 1.395$, $p = 0.163$) Niyet üzerindeki etkileri istatistiksel olarak anlamlı değildir. Buna karşın, Algılanan Davranışsal Kontrol'ün Niyet üzerindeki etkisi (β =

0.142, t = 3.129, p = 0.002) anlamlı ve pozitiftir; bireylerin davranışlarını kontrol etme algıları arttıkça sürdürülebilir davranış niyetlerinin de güçlendiği görülmektedir.

Aynı şekilde, Kolaylık (β = 0.102, t = 2.747, p = 0.006), Hükümet Yönlendiricileri (β = 0.326, t = 7.812, p < 0.001) ve Algılanan Politika Etkinliği (β = 0.145, t = 3.634, p < 0.001) değişkenlerinin Niyet üzerindeki etkileri anlamlı bulunmuştur. Bu sonuçlar, davranışların gerçekleştirilmesinin kolay algılanmasının, devletin yönlendirici uygulamalarının ve politikaların etkinliğine dair algıların bireylerin sürdürülebilir davranış niyetlerini olumlu etkilediğini göstermektedir.

Modelde ayrıca Kişisel Normlar'ın Niyet üzerindeki etkisi (β = 0.193, t = 4.000, p < 0.001) ve Niyet'in Sürdürülebilir Elden Çıkarma Davranışı (SECD) üzerindeki etkisi (β = 0.340, t = 8.557, p < 0.001) anlamlı ve pozitiftir. Bu bulgular, bireylerin kişisel normlarının hem niyetlerini hem de sürdürülebilir eyleme katılım davranışlarını doğrudan etkilediğini; niyetin ise sürdürülebilir davranışların oluşumunda belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir.

Sonuç olarak, modelde yer alan hipotezlerden H1c, H2, H3a, H4, H5a, H5b ve H5c desteklenirken; H1a, H1b ve H3b hipotezleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmamış ve desteklenmemiştir. Bu bulgular, çevresel sorumluluk, algılanan davranışsal kontrol, kolaylık, hükümet yönlendiriciliği, politika etkinliği ve kişisel normların niyet ve sürdürülebilir davranışlar üzerinde anlamlı etkiler yarattığını ortaya koymaktadır.

3.3.9.6. Aracılık (Mediation) Analizi

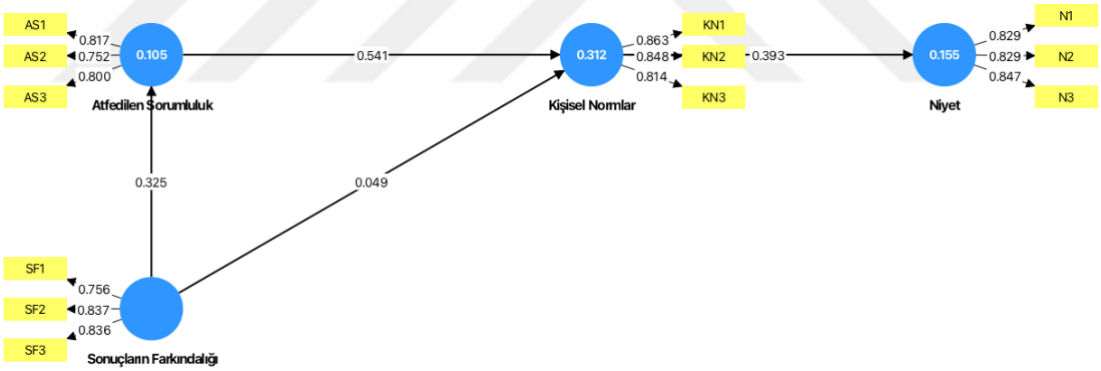
Bu çalışmada geliştirilen yapısal model, bireylerin e-atık geri dönüşüme yönelik niyetlerini şekillendiren psikososyal süreçleri açıklamak amacıyla kurgulanmıştır. Model, Norm Aktivasyon Modeli (NAM) (Schwartz, 1977; Han, 2014) ve Planlı Davranış Teorisi (TPB) (Ajzen, 1991) temelleri üzerine inşa edilmiştir. Bu iki kuramsal yaklaşım bir araya getirilerek, çevresel farkındalığın (Sonuçların Farkındalığı, SF) bireylerin kişisel sorumluluk algısı (Atfedilen Sorumluluk, AS) ve kişisel normları (Kişisel Normlar, KN) üzerinden geri dönüşüm niyetine (N) uzanan seri aracılık etkisi test edilmiştir. NAM'e göre birey, çevresel sonuçların farkına vardığında sorumluluk hisseder ve bu sorumluluk kişisel normları etkinleştirir; TPB

ise bu normların niyetleri belirlediğini öngörür (Harland vd., 1999; Bamberg & Schmidt, 2003). Bu doğrultuda aşağıdaki hipotez kurulmuştur.

H6.	Sonuçların Farkındalığı (SF), Atfedilen Sorumluluk (AS) ve Kişisel Normlar (KN) aracılığıyla sürdürülebilir elden çıkarma davranışında bulunma niyeti (SECD Niyeti) üzerinde seri (ardışık) bir dolaylı etkiye sahiptir.	Norm Aktivasyon Modeli

Yapısal modelde aşağıdaki yollar tanımlanmıştır: SF → AS, AS → KN, KN → N ve SF → KN. Bu düzenleme, çevresel farkındalığın kişisel sorumluluk ve normlar yoluyla niyeti etkileyen çok aşamalı bir süreç olduğunu varsaymaktadır. Analizler SmartPLS 4 kullanılarak, PLS-SEM yöntemiyle gerçekleştirilmiş; 5.000 örneklemli bias-corrected bootstrapping uygulanmıştır (Hair vd., 2021). Bu yaklaşım, aracılık ilişkilerinin yalnızca katsayı düzeyinde değil, istatistiksel olarak da anlamlılığını güvence altına almaktadır.

Şekil 33. Aracılık Modelinin Son Hali (PLS-SEM Sonuçları)



Şekil 33'de Sonuçların Farkındalığı (SF), Atfedilen Sorumluluk (AS), Kişisel Normlar (KN) ve Niyet (N) arasındaki ilişkiler gösterilmiştir. Mavi daireler gizil değişkenleri, sarı kutular göstergeleri temsil etmektedir; yol üzerindeki katsayılar standardize edilmiştir.

Tablo 32. Yapısal Model Yolları (Path Coefficients)

Yol	Original sample (O)	Sample mean (M)	Standard deviation (STDEV)	T statistics (|O/STDEV|)	P values	Sonuç
Atfedilen Sorumluluk -> Kişisel Normlar	0.541	0.541	0.038	14.374	0.000	Güçlü etki
Kişisel Normlar -> Niyet	0.393	0.396	0.038	10.308	0.000	Orta düzeyde anlamlı etki
Sonuçların Farkındalığı -> Atfedilen Sorumluluk	0.325	0.327	0.040	8.090	0.000	Orta düzeyde anlamlı etki
Sonuçların Farkındalığı -> Kişisel Normlar	0.049	0.048	0.037	1.311	0.190	Zayıf doğrudan etki

Not: Katsayılar 5.000 bootstrap örneklemi ve %95 BCa güven aralığı ile elde edilmiştir.

Tablo 32'de yapısal modeldeki yolların standardize edilmiş katsayıları yer almaktadır. Sonuçların Farkındalığı (SF) → Atfedilen Sorumluluk (AS) ilişkisi (β=0.325) pozitif ve anlamlı bulunmuştur. Bu sonuç, çevresel sonuçların farkına varan bireylerin kendilerini daha fazla sorumlu hissettiklerini göstermektedir. Atfedilen Sorumluluk → Kişisel Normlar (KN) arasındaki yol (β=0.541) güçlü ve anlamlıdır; bu durum bireylerin hissettikleri sorumluluğun, kişisel normların oluşumunda temel bir belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır. Kişisel Normlar → Niyet (N) yolu da (β=0.393) anlamlı ve orta düzeyde bir etkiye sahiptir; yani kişisel normların davranışsal niyetleri yönlendirmede önemli bir rolü vardır.

SF → KN doğrudan yolu (β=0.049) düşük değerde olup anlamlı değildir; bu da SF'nin KN üzerindeki etkisinin dolaylı mekanizmalarla taşındığını göstermektedir. Tüm bu bulgular, Norm Aktivasyon Modeli'nin (Schwartz, 1977) öngördüğü ardışık yapıyı doğrulamaktadır.

Tablo 33'de görüldüğü üzere, SF'nin AS ve KN üzerinden niyet üzerindeki dolaylı etkileri anlamlı bulunmuştur. En güçlü dolaylı etki AS → KN → N zincirinde (β=0.213) gözlenmiş, bu da AS'nin KN üzerinden niyet üzerinde tam aracılık yaptığını göstermektedir. SF → AS → KN → N zinciri (β=0.069) istatistiksel olarak anlamlıdır ve seri (ardışık) aracılık etkisini ortaya koymaktadır. SF'nin KN ve N üzerindeki doğrudan etkilerinin zayıf olması, modeldeki tüm ilişkilerin AS ve KN aracılığıyla dolaylı biçimde işlediğini göstermektedir. Bu bulgu Zhao, Lynch ve Chen (2010)'un

tanımladığı indirect-only mediation kategorisine karşılık gelmektedir. Ayrıca SF → KN → N (β=0.019) yolunun zayıf çıkması, farkındalığın kişisel normları doğrudan değil, sorumluluk hissi üzerinden etkilediğini desteklemektedir.

Tablo 33. Dolaylı (Indirect) ve Toplam Etkiler

Yol	Original sample (O)	Sample mean (M)	Bias	2.5%	97.5%	Sonuç
Atfedilen Sorumluluk -> Kişisel Normlar -> Niyet	0.213	0.215	0.002	0.157	0.270	Güçlü tekli aracılık
Sonuçların Farkındalığı -> Atfedilen Sorumluluk -> Kişisel Normlar -> Niyet	0.069	0.070	0.001	0.046	0.096	Seri aracılık (tam)
Sonuçların Farkındalığı -> Atfedilen Sorumluluk -> Kişisel Normlar	0.175	0.177	0.002	0.127	0.227	Kısmi aracılık
Sonuçların Farkındalığı -> Kişisel Normlar -> Niyet	0.019	0.019	-0.000	-0.009	0.048	Zayıf, önemsiz
Sonuçların Farkındalığı -> Niyet (Toplam)	0.088	0.089	0.001	0.054	0.123	Tamamen dolaylı etki (indirect-only)

VAF değerleri, dolaylı etkinin toplam etki içindeki payını göstermektedir (Tablo 34). SF → N yolunda VAF %100'dür; bu, SF'nin niyet üzerindeki etkisinin tamamen dolaylı olduğunu göstermekte ve tam (indirect-only) aracılığı doğrulamaktadır. AS → N yolunda da VAF %100'dür; bu durumda KN tamamen aracı konumundadır. SF → KN yolunda VAF %78 olup, bu ilişki kısmi aracılık kapsamındadır. Hair vd. (2021)'e göre VAF değeri 0.20–0.80 aralığında ise kısmi, 0.80 üzerindeyse tam aracılıktan söz edilir. Dolayısıyla model genel olarak tam aracılık yapısına sahiptir, ancak SF → KN ilişkisinde kısmi aracılık da mevcuttur.

Tablo 34. Aracılık Etkilerinde VAF (Variance Accounted For)

Yol	Toplam Etki	Dolaylı Etki	VAF	Aracılık Tipi
SF → N	0.088	0.088	1.00 (100%)	Tam (Indirect-only)
AS → N	0.213	0.213	1.00 (100%)	Tam
SF → KN	0.224	0.175	0.78 (78%)	Kısmi (Partial)

Tablo 35'de yer alan R^2 değerleri, modelin açıklayıcılık düzeyini ortaya koymaktadır. AS değişkeni için R^2=0.105, KN için R^2=0.312 ve N için R^2=0.155 olarak bulunmuştur. Bu değerler, modelin orta düzeyde açıklayıcılığa sahip olduğunu göstermektedir (Hair vd., 2021).

Tablo 35. Model Açıklayıcılık (R^2) Değerleri

Değişken	R^2	R^2 Adjusted	Açıklama
Atfedilen Sorumluluk (AS)	0.105	0.104	Düşük-orta açıklama
Kişisel Normlar (KN)	0.312	0.309	Orta açıklama
Niyet (N)	0.155	0.153	Orta açıklama

Tablo 36'daki f^2 değerleri incelendiğinde, AS → KN etkisi (f^2=0.380) büyük, KN → N etkisi (f^2=0.183) orta, SF → AS etkisi (f^2=0.118) küçük–orta, SF → KN etkisi (f^2=0.003) önemsiz düzeydedir.

Tablo 36. Model Etki Büyüklüğü (f^2) Değerleri

Yol	f^2	Etki Büyüklüğü
SF → AS	0.118	Küçük–orta
AS → KN	0.380	Büyük
KN → N	0.183	Orta
SF → KN	0.003	Önemsiz

Bu bulgular, KN'nin modeldeki en güçlü belirleyici değişkenlerden biri olduğunu göstermekte ve aracılık mekanizmasının ağırlıklı olarak AS ve KN üzerinden gerçekleştiğini desteklemektedir.

Tablo 37. Model Uyum İndeksleri

Uyum Ölçütü	Saturated Model	Estimated Model	Kriter	Sonuç
SRMR	0.082	0.093	< 0.10	Uygun
d_ULS	0.523	0.674	-	Uyumlu
d_G	0.187	0.199	-	Uyumlu
Chi-square	602.746	631.156	-	Bilgi amaçlı
NFI	0.719	0.706	> 0.70	Uygun

Modelin genel uyumuna ilişkin göstergeler Tablo 37'de verilmiştir. SRMR değeri 0.093 olup, 0.10 sınırının altında kaldığı için iyi uyum göstermektedir. NFI değeri 0.706 olarak hesaplanmış ve 0.70 eşik değerinin üzerinde olduğu için kabul edilebilir uyum sınırları içindedir. d_ULS ve d_G değerlerinin düşük çıkması modelin veriyle uyumlu olduğunu, χ^2 değerinin ise bilgi amaçlı olarak raporlandığını göstermektedir. Bu göstergeler, modelin hem tahminsel hem de yapısal olarak uygun olduğunu, PLS-SEM için gerekli minimum kriterleri sağladığını doğrulamaktadır.

Bu araştırmada elde edilen yapısal model sonuçları, bireylerin e-atık geri dönüşümüne yönelik niyetlerinin oluşumunda bilişsel farkındalık, sorumluluk algısı ve kişisel normlar arasındaki ardışık ilişkiyi doğrulamaktadır. Sonuçlar, SF'nin AS üzerinde

anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip olduğunu (β = 0.325), AS'nin KN'yi güçlü şekilde etkilediğini (β = 0.541) ve KN'nin N üzerinde anlamlı bir belirleyici olduğunu (β = 0.393) ortaya koymuştur. Buna karşın SF'nin KN'ye doğrudan etkisi zayıf (β = 0.049) olup istatistiksel olarak anlamlı değildir. Dolaylı etki analizleri, SF → AS → KN → N zincirinin anlamlı olduğunu (β = 0.069) ve VAF oranının %100 düzeyinde gerçekleştiğini göstermiştir. Bu bulgu, SF'nin Niyet üzerindeki etkisinin tamamen dolaylı biçimde ve seri aracılık mekanizması üzerinden işlediğini göstermektedir. Modelin açıklayıcılık düzeyleri AS için $R^2 = 0.105$, KN için $R^2 = 0.312$ ve N için $R^2 = 0.155$ olarak bulunmuş; etki büyüklükleri (f^2) açısından AS → KN yolunda 0.380 (büyük) ve KN → N yolunda 0.183 (orta) düzeyde değerler elde edilmiştir. Bulgular, e-atık geri dönüşüm niyetinin yalnızca bilişsel farkındalıkla değil, farkındalığın kişisel sorumluluk ve normlar aracılığıyla ahlaki bir sürece dönüşmesiyle açıklanabileceğini ortaya koymaktadır.

Bu bulgular, Norm Aktivasyon Modeli'nin (Schwartz, 1977) ve Planlı Davranış Teorisi'nin (Ajzen, 1991) öngördüğü psikososyal mekanizmayla tam bir tutarlılık göstermektedir. Literatürdeki benzer e-atık çalışmaları da bu bulguları destekler niteliktedir. Örneğin, Mohamad, Sharif ve Soo (2022) çalışmalarında kişisel normların e-atık geri dönüşüm niyeti üzerindeki en güçlü belirleyici olduğunu, bireysel farkındalığın bu normları dolaylı olarak etkilediğini belirtmiştir. Xiang ve Mangmeechai (2024) tarafından yürütülen çalışmada, Değer–İnanc–Norm (VBN) ve TPB kuramlarının bütünleşik kullanımı, farkındalık ve sorumluluk bileşenlerinin kişisel normlar aracılığıyla niyete aktardığını göstermiştir. Benzer şekilde, Michael ve arkadaşları (2024) farkındalığın tek başına niyeti anlamlı düzeyde açıklayamadığını; niyetin gelişiminde ahlaki ve sorumluluk temelli değişkenlerin belirleyici olduğunu vurgulamıştır. Trinh ve ark. (2025) tarafından yürütülen çok-kültürlü e-atık araştırması da kişisel normların niyetin en güçlü yordayıcısı olduğunu ve farkındalık ile sorumluluk değişkenlerinin bu normları dolaylı olarak şekillendirdiğini ortaya koymuştur. Benzer bulgular, Wang, Guo ve Wang (2016) tarafından da desteklenmiştir; e-atık geri dönüşüm davranışının Genişletilmiş TPB modeliyle açıklanmasında, kişisel normlar ve algılanan sorumluluğun merkezi rol oynadığı rapor edilmiştir.

Dolayısıyla, bu çalışmada gözlenen SF → AS → KN → N zinciri, e-atık alanında giderek güçlenen kuramsal eğilimle örtüşmektedir: çevresel farkındalık bireylerde sorumluluk duygusunu tetiklemekte; bu sorumluluk kişisel normlara dönüşerek geri dönüşüm niyetini yönlendirmektedir. Bulgular, e-atık davranışlarının yalnızca bilişsel bilgilendirme ile değil, ahlaki ve öznel normların güçlendirilmesi yoluyla sürdürülebilir biçimde teşvik edilebileceğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda çalışma, NAM'in ahlaki-bilişsel yapısını TPB'nin niyet boyutuyla bütünleştirerek e-atık yönetimi alanına özgü yeni bir seri aracılık kanıtı sunmakta ve Türkiye bağlamında geliştirilen ESEGEM Modeli'nin psikososyal bileşenlerini ampirik olarak doğrulamaktadır.

3.3.9.7. Düzenleyici Etki (Moderation) Analizi

Bu araştırmada, bireylerin e-atık geri dönüşüm davranışlarını açıklayan psikososyal mekanizmaların yanı sıra, makro düzeydeki çevresel ve politik faktörlerin bu ilişki üzerindeki olası düzenleyici (moderatör) etkileri de incelenmiştir. Norm Aktivasyon Modeli (NAM; Schwartz, 1977) ve Planlı Davranış Teorisi'nin (TPB; Ajzen, 1991) bütünleştirildiği kuramsal çerçevede, bireylerin geri dönüşüm niyetlerinin davranışa dönüşümünde yalnızca içsel faktörlerin (kişisel normlar, sorumluluk algısı) değil, aynı zamanda dışsal koşulların (altyapı kolaylıkları, politika etkinliği, hükümet yönlendirmeleri) rol oynayabileceği varsayılmıştır.

Bu bütünleştirilmiş yapı, çevresel davranışların yalnızca bireysel düzeydeki niyetlerle açıklanamayacağını; çevreyi şekillendiren yapısal ve kurumsal unsurların da davranışın gerçekleşme olasılığını etkileyebileceğini öne sürmektedir. Dolayısıyla moderasyon analizleri, bireysel niyetin davranışa dönüşüm sürecinin hangi dışsal koşullar altında güçlenip zayıfladığını test etmek amacıyla uygulanmıştır.

Bu kapsamda, Kolaylık (K), Algılanan Politika Etkinliği (APE) ve Hükümet Yönlendiricileri (HY) değişkenlerinin Niyet (N) → Gerçek Geri Dönüşüm Davranışı (SECD) ilişkisinde düzenleyici etkileri test edilmiştir.

H7.	Kolaylık (a), Algılanan Politika Etkinliği (b) ve Hükümet Yönlendiricileri (c) Sürdürülebilir Elden Çıkarma Davranışında Bulunma Niyeti ile Sürdürülebilir Elden Çıkarma Davranışı (SECD) arasındaki ilişkiyi pozitif yönde düzenlemektedir.	Makro Politika Modeli

Analizler SmartPLS 4 yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Her moderatör değişken için ayrı bir model oluşturulmuş ve etkileşim terimleri Two-Stage Approach yöntemiyle tanımlanmıştır (Hair vd., 2021). Bu yöntem, gizil değişkenlerin etkileşimlerini ölçerken veri dağılımından bağımsız olarak daha güvenilir ve sağlam sonuçlar sağlar. Her bir modelde 5.000 örneklemli bias-corrected bootstrapping yöntemi uygulanmış, anlamlılık testleri %95 güven aralığında yürütülmüştür.

İlk modelde Kolaylık (K) değişkeninin, Niyet–Davranış ilişkisindeki düzenleyici etkisi incelenmiştir.

Tablo 38. Kolaylık (K) değişkeninin, Niyet–Davranış ilişkisindeki düzenleyici etkisi

Yol	Original sample (O)	Sample mean (M)	Standard deviation (STDEV)	T statistics (|O/STDEV|)	p	Sonuç
Niyet → SECD	0.285	0.285	0.058	4.924	0.000	Anlamlı
Kolaylık → SECD	0.187	0.194	0.063	2.971	0.003	Anlamlı
Kolaylık × Niyet → SECD	–0.031	-0.027	0.042	0.723	0.470	Anlamsız

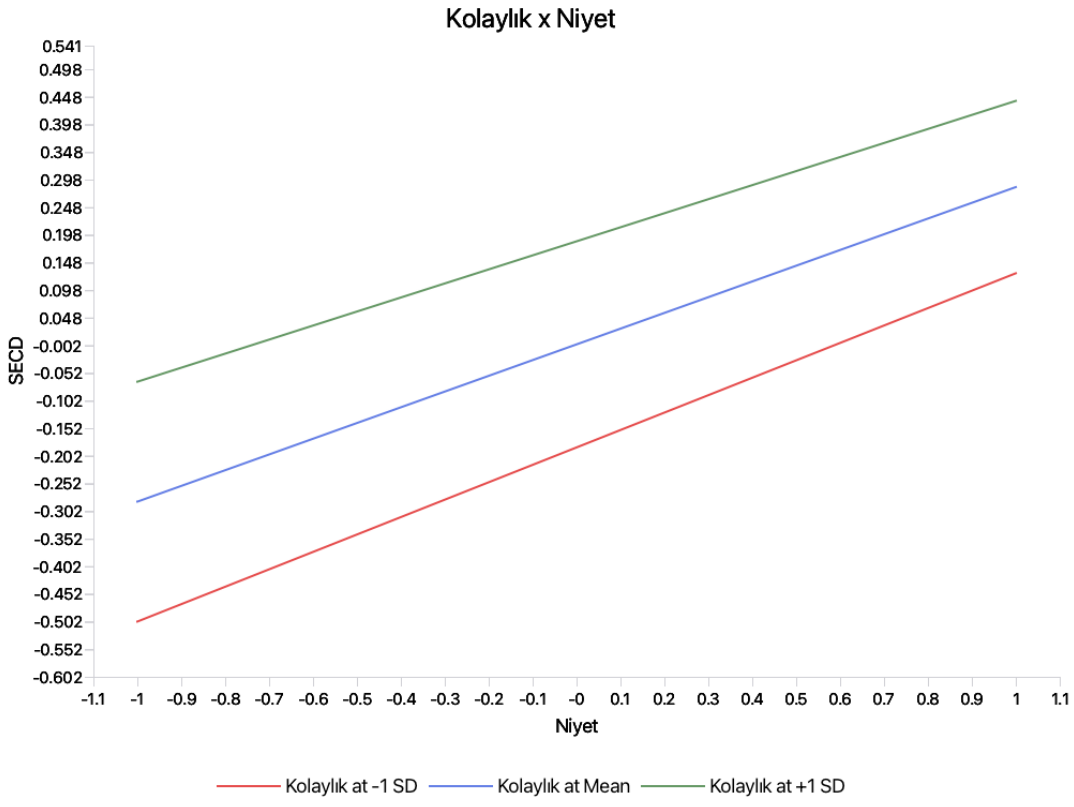
Tablo 38'de Kolaylık (K) değişkeninin, Niyet–Davranış ilişkisindeki düzenleyici etkisine ilişkin sonuçlar yer almaktadır. Analiz bulgularına göre Kolaylık değişkeninin davranış üzerindeki doğrudan etkisi anlamlıdır ($\beta = 0.187$, $p < 0.01$). Bu sonuç, geri dönüşüm altyapısının veya erişim kolaylığının bireylerin e-atık geri dönüşüm davranışlarını doğrudan artırdığını göstermektedir. Ancak, Kolaylık × Niyet etkileşimi ($\beta = –0.031$, $p = 0.470$) istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu durum, bireylerin e-atık geri dönüşüm niyetlerini eyleme dönüştürme sürecinde altyapısal kolaylıkların anlamlı bir düzenleyici rol üstlenmediğini, bu faktörlerin daha çok davranışı kolaylaştırıcı dışsal koşullar olarak işlev gördüğünü ortaya koymaktadır.

Bu sonuç, Ajzen'in (2020) Planlı Davranış Teorisi'ne ilişkin güncel yorumuyla da tutarlıdır; Ajzen, çevresel ve altyapısal koşulların davranışı doğrudan

kolaylaştırabileceğini, ancak bireysel niyetin davranışa dönüşümündeki öznel kontrol algısını tek başına değiştirmediğini vurgulamaktadır. Benzer şekilde, Zhang, Lai ve Wang (2019) de altyapısal kolaylıkların geri dönüşüm davranışını desteklediğini, ancak davranışsal niyetin eyleme dönüşümünde normatif inançlar ve ahlaki sorumluluk gibi içsel motivasyonların belirleyici olduğunu belirtmiştir.

Dolayısıyla, e-atık geri dönüşüm bağlamında fiziksel erişim, uygun toplama noktaları veya sistemsel kolaylıklar bireylerin davranışlarını kolaylaştırsa da davranışın gerçekleşmesi büyük ölçüde bireyin kendi normatif bağlılığına ve sorumluluk hissine dayanmaktadır. Bu durum, çevresel davranışlarda dışsal koşulların "tamamlayıcı" bir işlev gördüğünü, ancak davranışsal niyetin etkisini anlamlı biçimde değiştirecek "dönüştürücü" bir güce sahip olmadığını göstermektedir.

Şekil 34. Kolaylık x Niyet Etkileşimi



Şekil 34, Kolaylık (K) değişkeninin Niyet (N) ile Sürdürülebilir Elden Çıkarma Davranışı (SECD) arasındaki ilişkideki düzenleyici (moderatör) etkisini göstermektedir. Grafikte, Kolaylık değişkeninin düşük (–1 SD), orta (ortalama) ve

yüksek (+1 SD) düzeylerinde Niyet'in davranış üzerindeki etkisi ayrı eğimlerle gösterilmiştir.

Görsel inceleme, Niyet ile SECD arasındaki ilişkinin tüm Kolaylık düzeylerinde pozitif yönde ilerlediğini, yani bireylerin geri dönüşüm niyetleri arttıkça e-atık geri dönüşüm davranışlarının da arttığını göstermektedir. Ancak, üç eğim çizgisinin birbirine neredeyse paralel seyretmesi, Kolaylık değişkeninin bu ilişkiyi anlamlı biçimde değiştirmediğini (modere etmediğini) ortaya koymaktadır. Başka bir ifadeyle, bireylerin geri dönüşüm altyapısına erişim kolaylığı artsa dahi, niyetin davranışa dönüşme eğilimi anlamlı ölçüde değişmemektedir.

Bu görsel sonuç, regresyon analizinden elde edilen istatistiksel bulgularla da tutarlıdır ($\beta = –0.031$, $p = 0.470$). Dolayısıyla Kolaylık değişkeni, davranış üzerinde doğrudan ve anlamlı bir etki gösterse de ($\beta = 0.187$, $p < 0.01$), niyet–davranış ilişkisini güçlendiren bir düzenleyici rol üstlenmemektedir.

Bu bulgu, e-atık geri dönüşüm davranışlarının yalnızca dışsal çevresel kolaylıklardan değil, daha çok bireylerin içsel motivasyonları, ahlaki sorumlulukları ve normatif inançlarından beslendiğini göstermektedir. Benzer biçimde, Chen ve Tung (2010) ile Wan ve arkadaşları (2017) da geri dönüşüm altyapısının davranışı kolaylaştırıcı etkisini doğrulamakla birlikte, niyetin davranışa dönüşüm gücünü artırmadığını vurgulamışlardır.

Tablo 39. Algılanan Politika Etkinliği (APE) değişkeninin, Niyet–Davranış ilişkisindeki düzenleyici etkisi

Yol	Original sample (O)	Sample mean (M)	Standard deviation (STDEV)	T statistics (|O/STDEV|)	p	Sonuç
Niyet → SECD	0.277	0.279	0.046	6.041	0.000	Anlamlı
APE → SECD	0.177	0.185	0.048	3.670	0.000	Anlamlı
APE × Niyet → SECD	–0.041	-0.039	0.041	0.994	0.321	Anlamsız

Algılanan Politika Etkinliği (APE) değişkeninin, Niyet (N) ile Gerçek Geri Dönüşüm Davranışı (SECD) arasındaki ilişkideki düzenleyici rolü incelendiğinde (Tablo 35), APE'nin davranış üzerindeki doğrudan etkisinin anlamlı ve pozitif olduğu görülmektedir ($\beta = 0.177$, $p < 0.001$). Bu bulgu, çevresel politikaların ve

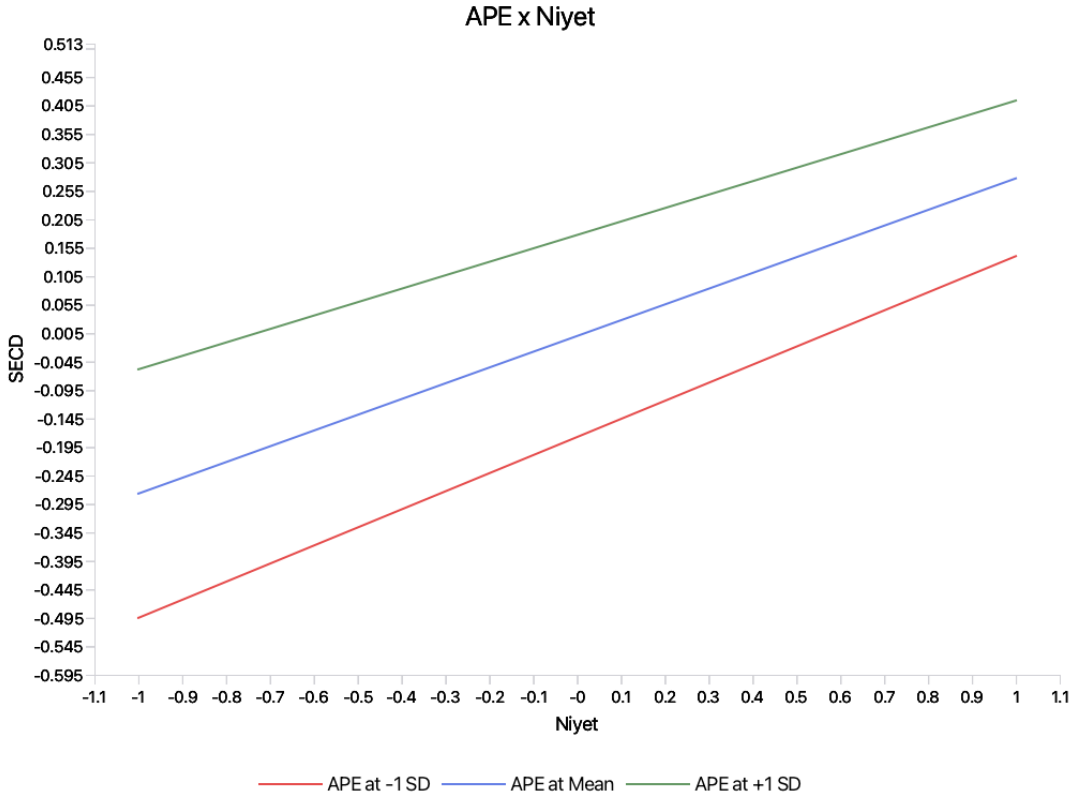
yönetmeliklerin bireylerin e-atık geri dönüşüm davranışlarını destekleyici bir işlev üstlendiğini göstermektedir.

Buna karşın, APE × Niyet etkileşim terimi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($\beta = -0.041$, $p = 0.321$). Bu durum, politika etkinliğinin bireylerin niyet–davranış ilişkisinde anlamlı bir düzenleyici rol oynamadığını göstermektedir. Başka bir ifadeyle, çevre politikaları bireylerin genel geri dönüşüm davranışlarını artırsa da bu politikaların niyetin eyleme dönüşmesindeki motivasyonel süreci değiştirme gücü sınırlıdır.

Bu sonuç, Ajzen'in (2020) Planlı Davranış Teorisi'ne yönelik güncel yorumlarıyla da tutarlıdır. Ajzen, dışsal faktörlerin davranışı kolaylaştırabileceğini ancak davranışsal niyetin etkisini sistematik biçimde güçlendirmediğini belirtmektedir. Benzer biçimde, Zhang vd. (2019) çalışmalarında çevresel politika uygulamalarının bireylerin çevre dostu davranışlarını doğrudan desteklediğini, ancak niyet–davranış ilişkisini anlamlı biçimde değiştirmediğini vurgulamışlardır.

Ayrıca, Wan ve arkadaşları (2017) tarafından yürütülen araştırma, politika etkinliğinin bireysel davranışlar üzerinde dolaylı bir rol oynadığını, asıl belirleyici unsurların normatif ve ahlaki motivasyonlar olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla bu araştırmanın bulguları, çevresel politika çerçevelerinin bireyleri geri dönüşüme yönlendirmede tamamlayıcı bir işlev taşıdığını, ancak davranışsal dönüşümün temel belirleyicisinin kişisel normlar ve ahlaki sorumluluk olduğunu ortaya koymaktadır.

Şekil 35. Algılanan Politika Etkinliği x Niyet Etkileşimi



Şekil 35'de, Algılanan Politika Etkinliği (APE) değişkeninin Niyet (N) ile Gerçek Geri Dönüşüm Davranışı (SECD) arasındaki ilişkideki olası düzenleyici etkisi gösterilmektedir. Grafikteki eğimler, APE'nin düşük (–1 SD), orta (ortalama) ve yüksek (+1 SD) düzeylerinde niyetin davranış üzerindeki etkisini yansıtmaktadır. Tüm eğimlerin pozitif olması, bireylerin niyet düzeyi arttıkça e-atık geri dönüşüm davranışının da arttığını göstermektedir.

Ancak eğimlerin birbirine paralel seyretmesi, APE'nin bu ilişki üzerinde anlamlı bir düzenleyici rol oynamadığını göstermektedir. Yani politika etkinliğindeki artış, niyetin davranışa dönüşüm eğilimini değiştirmemekte; yalnızca genel davranış düzeyini yükseltmektedir. Başka bir deyişle, çevre politikalarının etkili algılanması geri dönüşüm davranışını doğrudan desteklemekte, fakat bireylerin sahip oldukları niyet düzeyine göre bu davranışı güçlendirmemektedir.

Bu bulgu, Chen ve Tung (2010), Wan vd. (2017) ve Zhang vd. (2025)'ün sonuçlarıyla örtüşmektedir. Söz konusu araştırmalarda da çevresel politika etkinliğinin bireysel geri dönüşüm davranışını doğrudan artırdığı, ancak niyetin davranışa dönüşmesinde

belirleyici bir unsur olmadığı rapor edilmiştir. Bu durum, politika çerçevesinin bireylerin çevresel motivasyonlarını yalnızca dolaylı biçimde etkilediğini ve davranışsal geçişte normatif faktörlerin —örneğin kişisel sorumluluk ve ahlaki normların— daha baskın olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, APE değişkeni e-atık geri dönüşüm davranışını destekleyen önemli bir makro düzey belirleyici olarak öne çıkmakla birlikte, bireylerin davranışsal niyetlerini eyleme dönüştürme sürecinde anlamlı bir moderatör rol üstlenmemektedir. Bu bulgu, e-atık yönetiminde mikro düzey psikososyal faktörlerin (farkındalık, sorumluluk, kişisel normlar) davranışsal dönüşümde daha belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 40. Hükümet Yönlendiricileri (HY) değişkeninin, Niyet–Davranış ilişkisindeki düzenleyici etkisi

Yol	Original sample (O)	Sample mean (M)	Standard deviation (STDEV)	T statistics (|O/STDEV|)	p	Sonuç
Niyet → SECD	0.314	0.317	0.049	6.041	0.000	Anlamlı
HY → SECD	0.070	0.076	0.054	3.670	0.197	Anlamsız
HY × Niyet → SECD	–0.028	-0.022	0.043	0.994	0.512	Anlamsız

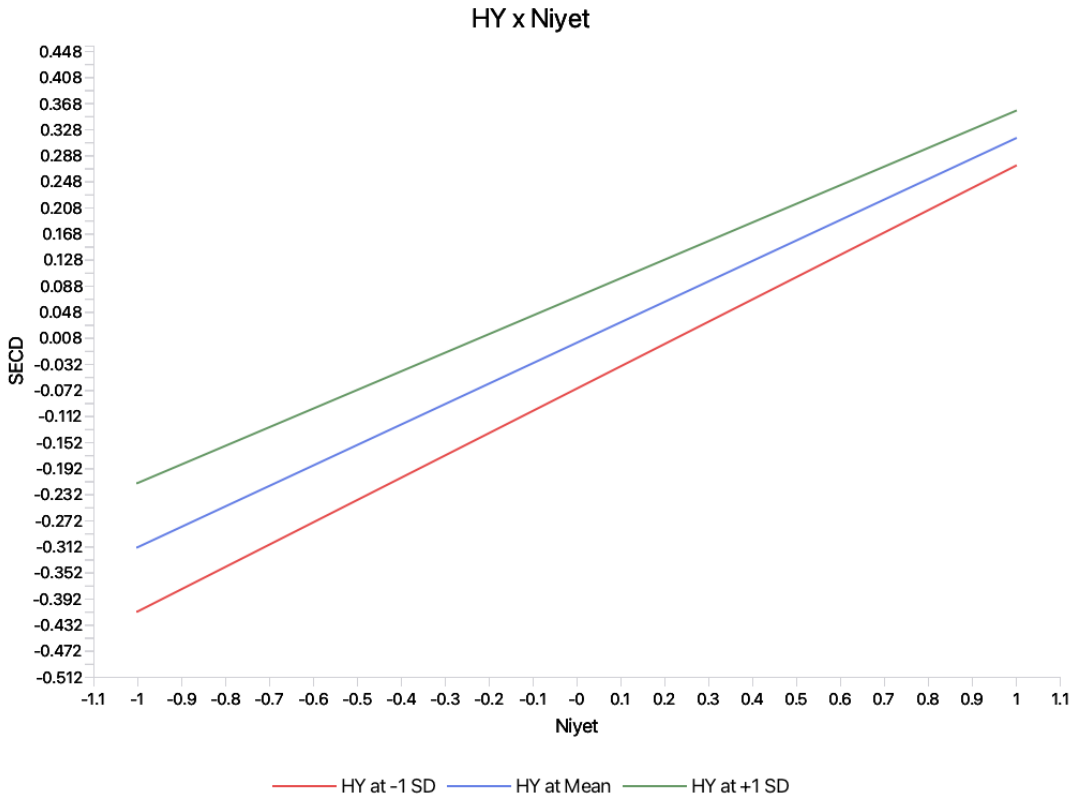
Tablo 40'da görüldüğü üzere, Hükümet Yönlendiricileri (HY) değişkeninin geri dönüşüm davranışı üzerindeki doğrudan etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir ($\beta = 0.070$, $p = 0.197$). Buna karşın Niyet → SECD yolu anlamlı bulunmuştur ($\beta = 0.314$, $p < 0.001$). Etkileşim terimi (HY × Niyet) ise anlamsız çıkmıştır ($\beta = –0.028$, $p = 0.512$). Bu bulgu, hükümet politikaları, yasal düzenlemeler veya teşvik mekanizmalarının bireylerin niyet–davranış ilişkisini anlamlı ölçüde değiştirmediğini göstermektedir.

Başka bir ifadeyle, hükümetin yönlendirici rolü yüksek düzeyde algılansa bile, bireylerin e-atık geri dönüşüm davranışı büyük ölçüde kişisel niyet ve içsel motivasyonlara dayanmaktadır. Bu durum, çevresel davranış literatüründe sıklıkla tartışılan mikro–makro düzey etkileşimsizliği (macro–micro disjunction) olgusunu desteklemektedir: makro düzeydeki politika çerçeveleri bireysel farkındalık ve normatif inançları destekleyici nitelikte olsa da, davranışsal dönüşüm üzerinde doğrudan belirleyici değildir (Ajzen, 1991; Schwartz, 1977; Stern, 2000). Bu sonuç, Çin'deki e-atık geri dönüşüm sistemine ilişkin gerçekleştirilen çalışmaların bulgularıyla da uyumludur; söz konusu çalışmada hükümet teşvikleri ve

yönlendirmelerinin, bireylerin çevre dostu davranışlarını artırdığı ancak niyetin eyleme dönüşüm sürecinde zayıf bir kolaylaştırıcı rol oynadığı belirlenmiştir (Zhao vd., 2016; Wang vd., 2019). Benzer şekilde, Kumar ve ark. (2017) ile Zhang ve ark. (2025) hükümet müdahalelerinin etkisinin, bireylerin kişisel sorumluluk ve normatif bağlılık düzeyine göre farklılık gösterdiğini; dolayısıyla yalnızca düzenleyici çerçevelerin, davranışsal dönüşüm için yeterli olmadığını vurgulamışlardır.

Bu bağlamda, elde edilen sonuçlar Planlı Davranış Teorisi (Ajzen, 1991) ve Norm Aktivasyon Modeli (Schwartz, 1977) açısından değerlendirildiğinde, hükümet politikalarının ve makro düzey yönlendirmelerin, davranışın belirleyicisi olmaktan ziyade, psikososyal faktörleri (örneğin farkındalık, ahlaki norm, kişisel sorumluluk) destekleyici ve tamamlayıcı bir çerçeve sunduğu söylenebilir.

Şekil 36. Hükümet Yönelendiricileri x Niyet Etkileşimi



Şekil 36, Hükümet Yönlendiricileri (HY) ile Niyet arasındaki etkileşimi görsel olarak sunmaktadır. Grafik incelendiğinde, niyet düzeyi arttıkça geri dönüşüm davranışının (SECD) da düzenli biçimde yükseldiği gözlemlenmektedir. Ancak eğimlerin birbirine paralel olması, hükümet yönlendiricilerinin düzeyi (–1 SD, Ortalama, +1 SD)

arttığında bile Niyet–Davranış ilişkisinin anlamlı biçimde değişmediğini göstermektedir. Bu bulgu, regresyon sonuçlarıyla tutarlıdır ($\beta = -0.028$, $p = 0.512$). Hükümet politikaları, teşvik veya denetim düzeyleri bireylerin davranış eğiliminde küçük artışlar yaratsa da niyetin davranışa dönüşümündeki eğimi anlamlı biçimde değiştirmemektedir. Başka bir deyişle, bireylerin geri dönüşüm davranışını şekillendiren temel etmen, hükümet yönlendirmelerinden ziyade kişisel normlar, ahlaki sorumluluk ve bireysel çevresel farkındalıktır.

Bu sonuç, çevre politikasının destekleyici rolünü ancak dönüştürücü bir etki yaratmadığını belirten önceki araştırmalarla paraleldir (Wan vd., 2017; Zhang vd., 2025; Kumar vd., 2017). Bu nedenle, makro düzeydeki politika çerçevesinin bireysel davranışa etkisinin sınırlı kalmaması için mikro düzeyde normatif ve eğitimsel müdahalelerin güçlendirilmesi önerilmektedir.

Üç farklı moderasyon modeli (Kolaylık, APE, HY) sonuçları bütünsel olarak değerlendirildiğinde, hiçbir değişkenin Niyet–Davranış ilişkisinde anlamlı düzenleyici etkisi bulunmamıştır. Ancak Kolaylık ve APE değişkenlerinin davranış üzerinde doğrudan pozitif etkileri vardır. Bu durum, e-atık yönetimi literatüründe sıkça vurgulanan bir bulguyu doğrulamaktadır: dışsal kolaylaştırıcı koşullar (altyapı, politika, teşvik) bireysel davranışları destekler, ancak bu koşulların niyetin davranışa dönüşüm gücü üzerindeki etkisi sınırlıdır (Chen & Tung, 2010; Wan vd., 2017; Zhang vd., 2025).

Bulgular, Planlı Davranış Teorisi (Ajzen, 1991) ve Norm Aktivasyon Modeli'nin (Schwartz, 1977) bütünleşik yapısını desteklemektedir. Davranışın açıklanmasında makro faktörlerin tamamlayıcı, mikro psikososyal süreçlerin ise belirleyici olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu yönüyle, çalışma e-atık geri dönüşüm davranışını hem bireysel hem de politik düzeyde bütüncül biçimde ele alan nadir çalışmalardan biridir.

3.3.9.8. Sonuç

3.3.9.8.1. Teorik Çıkarımlar

Bu çalışma, Planlı Davranış Teorisi (TPB) (Ajzen, 1991) ve Norm Aktivasyon Modeli (NAM) (Schwartz, 1977) gibi iki temel çevresel davranış modelini entegre ederek e-atıkların sürdürülebilir şekilde elden çıkarılmasını açıklamaya yönelik bütüncül ve

yenilikçi bir model önermesi bakımından literatüre önemli bir katkı sağlamaktadır. TPB'nin bilişsel faktörleri olan tutum, algılanan sosyal norm ve algılanan davranışsal kontrol ile NAM'in etik ve duygusal boyutlarını içeren kişisel norm, atfedilen sorumluluk ve sonuç farkındalığı unsurlarının bir arada ele alınması, çevresel psikoloji ve sürdürülebilir tüketim davranışları literatürüne teorik bir genişleme getirmiştir (Ajzen, 1991; Schwartz, 1977; Park & Ha, 2014). Bu bütüncül yaklaşım, çevresel davranışların sadece rasyonel-bilişsel değil, aynı zamanda ahlaki ve değer temelli faktörler tarafından da yönlendirildiğini göstermektedir. Böylece, model çevresel davranış kuramlarının açıklayıcılığını artırmakta ve sürdürülebilir tüketim alanında yeni bir teorik çerçeve sunmaktadır.

Çalışma, yalnızca bireysel düzeydeki psikolojik faktörlerle sınırlı kalmayarak, literatürde görece az incelenen bağlamsal ve kurumsal etkenlere de dikkat çekmektedir. Algılanan politika etkinliği, hükümet yönlendiricileri ve algılanan kolaylık gibi bağlamsal değişkenlerin modele dâhil edilmesiyle, çevresel davranışların şekillenmesinde kurumsal yapıların, politika araçlarının ve sistemsel kolaylaştırıcıların etkisi bütüncül bir biçimde ortaya konmuştur (Stern, 2000; Bamberg & Möser, 2007; Zhang vd., 2019). Bu yönüyle çalışma, bireysel ve yapısal faktörlerin aynı model içinde bütünleşik olarak ele alındığı, çevresel davranış kuramlarının açıklayıcı sınırlarını genişleten nadir araştırmalardan biri olma özelliği taşımaktadır.

Ayrıca, modelin öne sürdüğü yapı, sürdürülebilir atık yönetimi literatüründe giderek daha fazla önem kazanan çok düzeyli çevresel davranış modellerine (ör. Stern, 2000) doğrudan bir katkı sağlamaktadır. Modelin kuramsal yapısı, bireysel niyetin ve davranışın şekillenmesinde değerler, normlar ve algıların kurumsal fırsat ve engellerle nasıl etkileşime girdiğini açıklayan bir çerçeve sunmakta; bu yönüyle hem çevresel psikoloji hem de sürdürülebilir pazarlama ve kamu politikaları literatürlerini kesiştiren bir model geliştirilmiştir.

Sonuç olarak, çalışma, e-atıkların sürdürülebilir elden çıkarılması konusunda bilişsel, etik ve bağlamsal etkenleri kapsayan entegre bir teorik model geliştirmesi, bu modelin ampirik olarak test edilmesi ve başarılı sonuçlar vermesi bakımından çevresel davranış literatürüne yenilikçi bir katkı sağlamaktadır. Böyle bir bütüncül modelin uygulamaya yönelik politika ve tasarım önerilerini şekillendirmede de güçlü bir zemin oluşturduğu görülmektedir.

3.3.9.8.2. Politika ve Pratik Çıkarımlar

Bu araştırmanın bulguları, e-atıkların ve genel atıkların sürdürülebilir şekilde yönetilmesi sürecinde politika yapıcılar, yerel yönetimler, yazılım geliştiriciler ve çevresel STK'lar için somut uygulama ve politika önerileri sunmaktadır. Çalışmada elde edilen veriler, bireysel çevresel sorumluluklar ile kurumsal ve yapısal unsurların bütünleşik bir şekilde ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Öncelikle, mobil atık yönetimi uygulamalarının başarısı, yalnızca bireysel niyeti ve çevresel bilinç düzeyini artırmaya yönelik bilinçlendirme kampanyalarıyla sınırlı kalmamalı, erişilebilir geri dönüşüm altyapısı ile desteklenmelidir. Kullanıcı yorumlarında dile getirilen "randevu aksaklıkları", "nereye bırakacağımı bilmiyorum" türündeki ifadeler, atık toplama noktalarının sayıca artırılması, dijital haritalarla görünürlüğünün sağlanması ve kullanıcı rehberlerinin geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir (Peattie & Belz, 2010).

Çalışmada gözlemlenen gizlilik kaygıları ve cihazların "yedek cihaz" olarak tutulması eğilimi, güvenli veri silme hizmetlerinin yaygınlaştırılması ve bu konuda kamu güvencesi sağlanmasını zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, uygulama geliştiricilere yönelik, cihazlardaki verilerin silindiğine dair kullanıcıyı bilgilendiren onay mekanizmaları ve açık veri gizliliği protokollerinin entegre edilmesi önerilmektedir (Schaub vd., 2017).

Araştırmanın sonuçları ayrıca, bireysel niyetin sadece bilgiyle değil, teşvik ve zorlayıcı politika araçlarıyla da desteklenmesi gerektiğini göstermektedir. Atık yönetimi uygulamaları ve politikalarının başarısı için geri alma programları, indirim kuponları, zorunlu beyan sistemleri ve depozito-iade mekanizmalarının entegrasyonu önerilmektedir (OECD, 2016). Özellikle genç nüfusu hedefleyen üniversite kampüsleri ve gençlik merkezlerinde pilot uygulamaların başlatılması hem farkındalığın artırılmasına hem de davranış değişikliğinin yerleşmesine katkı sağlayacaktır (Hamari vd., 2014).

Politika ve uygulama düzeyinde temel öneriler şunlardır:

- Fiziksel erişim artırılmalı: Geri dönüşüm kutuları, mobil toplama araçları ve konteynerler şehir genelinde yaygınlaştırılmalı; uygulamalara entegre dijital haritalar ve bildirim sistemleri ile erişilebilirlik güçlendirilmelidir.
- Veri güvenliği garanti altına alınmalı: E-atıkların elden çıkarılması sürecinde kullanıcı verilerinin silindiğini garanti eden standartlar geliştirilmeli ve bu konuda kamu bilgilendirme kampanyaları yapılmalıdır.
- Teşvik ve regülasyon birlikte kullanılmalı: Geri alma kampanyaları, ödüllendirme sistemleri (ör. puanlar, rozetler, indirimler) ve gerektiğinde ceza uygulamaları entegre edilerek davranış değişikliği desteklenmelidir.
- Hedef odaklı bilgilendirme kampanyaları başlatılmalı**:** Farklı atık türlerine (ör. elektronik atık, bitkisel yağ) yönelik modüler eğitim içerikleri geliştirilmeli; mobil uygulamalara oyunlaştırma ve interaktif eğitim araçları entegre edilmelidir.
- Gençlere ve belirli demografik gruplara özel stratejiler tasarlanmalı: Özellikle genç bireylerin yoğun olduğu üniversite kampüslerinde ve dijital platformlarda farkındalık ve davranış değişimini teşvik eden uygulamalar geliştirilmelidir.

Sonuç olarak, bu çalışma sadece bir analiz değil, Türkiye'de sürdürülebilir atık ve e-atık yönetiminin geliştirilmesine katkı sunacak çok katmanlı ve uygulanabilir politika önerileri içermektedir. Mobil uygulamaların etkili birer çevre yönetimi ve vatandaş katılım aracı olarak konumlandırılması, ulusal çevre stratejileri ile bütünleşik bir şekilde ele alınmalıdır.

3.3.9.8.3. Araştırmanın Sınırlılıkları ve Gelecek Çalışmalar

Bu araştırma, verilerin İstanbul'da ikamet eden bireylerden toplanmış olması nedeniyle coğrafi sınırlılıklar taşımaktadır. İstanbul, Türkiye'nin en büyük ve en çeşitli kenti olmakla birlikte, elde edilen bulguların farklı bölgesel, kültürel ve sosyoekonomik bağlamlara doğrudan genellenebilirliği sınırlıdır. Türkiye'nin farklı illerinde geri dönüşüm altyapısı, yerel yönetim hizmetleri ve çevresel bilinç düzeyi farklılık gösterebileceği için, sonuçların ülke geneline yaygınlaştırılmadan önce bu bağlamsal değişkenler dikkate alınmalıdır.

Ayrıca, çalışmada kullanılan kolayda örnekleme yöntemi, örneklemin temsiliyetini sınırlandırmış ve belirli demografik grupların (ör. gençler, eğitim düzeyi yüksek bireyler) ağırlıkta olmasına yol açmış olabilir. Bu durum, bulguların belirli grupların görüşlerini yansıtma olasılığını artırmış ve genel tüketici davranışı hakkında çıkarım yaparken dikkatli olunması gereğini doğurmuştur.

Gelecek çalışmalarda:

- Daha geniş ve temsili örneklemlerle nicel analizlerin gerçekleştirilmesi ve örneklemin yaş, cinsiyet, gelir ve eğitim düzeyi gibi demografik değişkenlere göre dengelenmesi önerilmektedir.
- Farklı şehirlerde ve kırsal-urban ayrımında kültürel ve altyapısal değişkenlerin etkilerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi, çevresel davranış modellerinin bağlamlar arası tutarlılığını test etmek açısından önem arz etmektedir.
- Ayrıca, boylamsal tasarımlar ve deneysel araştırmalar ile e-atıkların elden çıkarılmasına yönelik davranışların zaman içinde nasıl değiştiğinin ve politika müdahalelerinin etkisinin değerlendirilmesi yararlı olacaktır.
- Nitel yaklaşımlarla derinlemesine görüşmeler veya odak grup çalışmaları yapılarak, bireylerin atık yönetimi uygulamalarına dair deneyimlerini, algılarını ve engelleri daha ayrıntılı şekilde ortaya koymak gelecek çalışmalar için değerli bir katkı sağlayacaktır.
- Son olarak, farklı ülkelerle yapılacak karşılaştırmalı uluslararası çalışmalar, modelin kültürler arası geçerliliğini ve genellenebilirliğini değerlendirmede yeni bir ufuk açabilir.

3.4. Dördüncü Çalışma - Atık Konteynırları Fotoğraf Analizi

Bu çalışmada hedef, önceki bulguları fiziksel altyapı ve saha gözlemleri ile doğrulamaktır. Çekilen konteynır fotoğrafları üzerinden yapılan tematik analiz, yapısal eksiklikleri, yanlış kullanım biçimlerini ve kullanıcı etkileşimlerini belgelemiştir. Görsel kanıtlar, davranışsal bulguların mekânsal karşılıklarını ortaya koymuş ve modelin lojistik/altyapı bileşenlerinin tasarımına doğrudan girdi sağlamıştır.

3.4.1. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın temel amacı, e-atık yönetimi bağlamında tüketici davranışları ile saha uygulamaları arasındaki yapısal ve davranışsal uyumsuzlukları görsel veriler üzerinden analiz etmektir. Önceki çalışmalarda anket, mülakat ve dijital yorumlardan elde edilen algısal ve bilişsel veriler doğrultusunda belirlenen sorunların, sahada gözlemlenebilir pratiklerle ne ölçüde örtüştüğünü ortaya koymak hedeflenmiştir. Bu bağlamda, İstanbul'un farklı bölgelerinden seçilen atık konteynerlerinin görselleri üzerinden yapılan içerik analizi, kullanıcı beyanları ile gerçek davranışlar arasında oluşan boşlukları somutlaştırmak ve bu farklılıkların altında yatan psikolojik, yapısal ve yönetsel etmenleri çok katmanlı teorik çerçevelerle değerlendirmek üzere tasarlanmıştır.

Araştırma, Norm-Aktivasyon Modeli (NAM), Değer–İnanç–Norm Teorisi (VBN) ve Planlı Davranış Teorisi (TPB) gibi çevresel davranış kuramlarını sahadaki gözlemlerle ilişkilendirerek, bireylerin niyetlerinden davranışa geçiş süreçlerinde karşılaştıkları engelleri görselleştirme amacını taşımaktadır. Bu sayede, yalnızca bireysel farkındalık düzeyini değil, aynı zamanda davranışı kolaylaştıran veya zorlaştıran yapısal ve sosyal koşulları da analiz ederek, e-atık yönetiminde politika tasarımı açısından daha bütüncül ve uygulanabilir öneriler geliştirmek mümkün olacaktır.

Çalışmanın bir diğer amacı ise, nitel görsel veri analizinin çevresel davranış araştırmalarına entegrasyonu ile yöntemsel bir katkı sunmak; böylece saha gözlemleri üzerinden elde edilen ampirik bulguların, teorik modellerin geçerliliği açısından sınanmasına imkân tanımaktır. Görsel verilerin sistematik biçimde kodlanması ve

analiz edilmesi yoluyla, çevresel davranışların yalnızca beyana dayalı değil, davranışsal izlerle de desteklenmiş bir şekilde incelenmesi hedeflenmiştir.

3.4.2. Yöntem

Bu çalışma, nitel araştırma paradigması çerçevesinde yapılandırılmış ve görsel içerik analizi yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çevresel davranışların yalnızca söylem düzeyinde değil, aynı zamanda fiziksel çevredeki izler üzerinden de anlaşılabileceği varsayımıyla, İstanbul'un farklı bölgelerinde yer alan atık toplama konteynerlerinin fotoğrafları sistematik biçimde incelenmiştir. Nitel veri analizinde sıklıkla başvurulan tematik analiz yaklaşımı (Braun & Clarke, 2006), bu çalışmada çevresel görsellerin anlamlandırılması için uygun bir yöntem olarak benimsenmiştir.

Araştırmanın veri seti, toplam 27 farklı konteyner birimini temsil eden görsellerden oluşmaktadır. Fotoğraflar, yapılandırılmış gözlem tekniklerine uygun biçimde sahada araştırmacılar tarafından çekilmiş ve konum, bölge, konteyner tipi gibi bilgileri içerecek şekilde kategorize edilmiştir. Görseller, MAXQDA 2022 nitel veri analiz yazılımı aracılığıyla kodlanmış; "atık türleri" ana teması altında kâğıt, plastik, metal, pil, ilaç, giysi ve elektronik atıklar olmak üzere yedi alt tema oluşturulmuştur. Bu alt temalar, literatürde sıklıkla kullanılan atık sınıflandırmalarına (United Nations Environment Programme [UNEP]; OECD, 2020) ve önceki nicel çalışmalarda öne çıkan kategorilere dayandırılmıştır.

Kodlama süreci, veri güvenilirliğini artırmak amacıyla iki bağımsız araştırmacı tarafından ayrı ayrı yürütülmüş ve daha sonra inter-coder reliability ölçülmüştür. Yapılan karşılaştırma sonucunda, kodlayıcılar arası uyum oranı %90 olarak hesaplanmıştır. Bu oran, Miles ve Huberman (1994) tarafından önerilen %80 eşik değerinin üzerinde olup, analiz sürecinin yüksek derecede güvenilir olduğunu göstermektedir.

Görsellerin tematik analizi sonucunda elde edilen kodlama frekansları, Code Matrix Browser ve Document Portraits gibi araçlar kullanılarak görselleştirilmiş, ayrıca görsel yoğunlukları yansıtmak üzere kelime bulutu ve kod ağacı diyagramları oluşturulmuştur. Bu yaklaşım, nitel verilerin yalnızca betimleyici değil, aynı zamanda ilişkisel ve karşılaştırmalı biçimde analiz edilmesine imkân tanımıştır (Saldaña, 2016).

Bu çalışmanın yöntemsel yeniliği, çevresel davranış araştırmalarında genellikle göz ardı edilen görsel verilerin sistematik biçimde analiz edilmesidir. Böylece hem kullanıcı beyanlarıyla (anket, yorum, mülakat) elde edilen algısal veriler hem de sahada gözlemlenen fiziksel davranış izleri birlikte değerlendirilerek veri üçgenlemesi (Denzin, 1978) sağlanmıştır. Bu yaklaşım, özellikle "tutum-davranış boşluğu" (Kollmuss & Agyeman, 2002) gibi fenomenlerin daha derinlemesine anlaşılmasına olanak tanımaktadır.

3.4.2.1. Örneklem ve Veri Toplama Süreci

Bu araştırmada kullanılan görsel veri seti, İstanbul'un Avrupa ve Anadolu yakalarında yer alan farklı sosyo-ekonomik profillere sahip mahallelerde konumlandırılmış toplam 27 atık konteyneri biriminin sistematik biçimde belgelenmesiyle oluşturulmuştur. Örneklem seçiminde amaçlı örnekleme (purposeful sampling) stratejisi benimsenmiş olup, özellikle e-atıklar da dâhil olmak üzere farklı atık türlerinin ayrı biriktirilmesine olanak tanıyan çok bölmeli konteynerler tercih edilmiştir. Bu yaklaşım, nitel araştırmalarda "bilgi açısından zengin örneklerin seçimi" ilkesine dayanmaktadır (Patton, 2002).

Fotoğraflar, Şubat-Mart 2025 tarihleri arasında saha araştırması kapsamında, günün belirli saatlerinde ve doğal ışık altında çekilmiştir. Veri toplama sürecinde yapılandırılmış gözlem protokolleri kullanılmış, her görselin çekildiği konum (semt, cadde, bina yakınlığı), tarih, saat, hava durumu gibi bağlamsal bilgiler kayıt altına alınmıştır. Bu bağlamda, sadece konteynerin fiziksel varlığı değil, konteyner çevresindeki kullanıcı davranışlarının izleri (örneğin: yanlış atım, taşan çöpler, sembol eksikliği) de sistematik biçimde belgeye dâhil edilmiştir.

Örneklemde yer alan bölgelerin seçiminde üç temel kriter gözetilmiştir:

Sosyo-ekonomik çeşitlilik: Farklı gelir düzeylerine sahip mahallelerin karşılaştırılabilirliğini sağlamak için hem yüksek hem de düşük gelir gruplarını temsil eden alanlara yer verilmiştir. Bu seçim, çevresel davranışların sosyo-ekonomik arka planla ilişkili olduğunu ortaya koyan çalışmalardan (Barr, 2007; Gifford & Nilsson, 2014) esinlenilerek yapılmıştır.

Belediye uygulama farkları: İstanbul'daki farklı ilçe belediyelerinin atık yönetimi konusundaki uygulamalarında gözlemlenen çeşitlilik, karşılaştırmalı analiz için fırsat sunmuştur. Böylece konteyner tasarımı, etiketleme ve bilgilendirme düzeyleri arasında yapısal farklar gözlemlenebilmiştir.

Kapsayıcılık açısından atık türü çeşitliliği: Özellikle e-atık, pil, ilaç gibi tehlikeli atıkları kabul eden konteyner sistemleri örnekleme dâhil edilmiştir. Bu tercihle, kullanıcıların az sıklıkla karşılaştığı, dolayısıyla daha fazla davranışsal engelle karşılaştığı konteyner tipleri analiz kapsamına alınmıştır (Krook & Eklund, 2010). Bu örneklem yapısı, saha gözlemlerinin kuramsal analizlerle ilişkilendirilmesine olanak sağlamış ve sadece konteynerin fiziksel varlığını değil, aynı zamanda kullanım biçimlerini ve çevresel davranışların izlerini görsel düzeyde çözümlemeyi mümkün kılmıştır.

3.4.2.2. Kodlama Süreci ve Tematik Analiz

Bu çalışmada elde edilen görsel veriler, nitel içerik analizinin sistematik bir türü olan tematik analiz yöntemiyle incelenmiştir. Tematik analiz, verilerdeki anlam örüntülerinin tanımlanmasını ve yorumlanmasını amaçlayan esnek fakat metodolojik olarak sağlam bir yaklaşımdır (Braun & Clarke, 2006). Analiz sürecinde görseller, MAXQDA nitel analiz yazılımı aracılığıyla dijital ortama aktarılmış ve tüm kodlama işlemleri bu platform üzerinden yürütülmüştür.

Kodlama süreci altı temel aşamada gerçekleştirilmiştir (Braun & Clarke, 2012):

1. Veriye aşinalık kazanma: Tüm görseller araştırmacılar tarafından tekrar tekrar incelenmiş; görselin bağlamsal özellikleri (ortam, işaretleme, kullanıcı izi, yanlış kullanım vb.) detaylı biçimde betimlenmiştir.
2. İlk kodların oluşturulması: Görsellerde gözlemlenen atık türleri, konteyner tasarımı, işaretleme biçimleri, uygunsuz atım örnekleri ve erişim sorunları gibi temalar ön kodlar olarak tanımlanmıştır.
3. Temaların tanımlanması: Ana tema olarak "atık türleri" belirlenmiş; bu tema altında *plastik, kâğıt, metal, ilaç, pil, giysi ve elektronik atık* olmak üzere yedi alt kategori yapılandırılmıştır.
4. Temaların gözden geçirilmesi: Kodlar arası anlam örtüşmesi ve tematik bütünlük, araştırmacılar arası karşılaştırmalarla yeniden değerlendirilmiş, gerektiğinde kodlar birleştirilmiş veya ayrıştırılmıştır.
5. Temaların tanımlanması ve adlandırılması: Nihai temalar, çevresel davranış literatüründeki teorik çerçevelerle uyumlu olacak biçimde adlandırılmıştır.

6. Raporlama: Kod frekansları MAXQDA'nın Code Matrix Browser ve Document Portraits araçları ile görselleştirilmiş; ayrıca tematik dağılımı desteklemek amacıyla kelime bulutu ve kod ağı diyagramları oluşturulmuştur.

Kodlama işlemi iki bağımsız araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiş ve araştırmacılar arası uyum oranı %90 olarak hesaplanmıştır. Bu oran, Miles ve Huberman (1994) tarafından önerilen minimum %80 eşiğini aşarak analiz sürecinin güvenilirliğini teyit etmektedir. Kodlar arasındaki uyuşmazlıklar, üçüncü bir uzman görüşüyle çözüme kavuşturulmuştur. Ayrıca, görsel verilerin anlamlandırılmasında ikonografik analiz ilkelerinden de yararlanılmış; görsellerin yalnızca betimleyici yönleri değil, kullanıcı davranışlarına dair bağlamsal ve sembolik anlamları da dikkate alınmıştır (Panofsky, 1955; Rose, 2016). Böylece, konteynerlerin sadece fiziksel görünümleri değil, aynı zamanda kullanıcıların bu alanlarla kurduğu etkileşim biçimleri de analize dâhil edilmiştir.

Kodlanan veriler, çevresel davranış kuramlarının (NAM, VBN, TPB) açıklayıcılığı ile ilişkilendirilerek yorumlanmış ve bireylerin geri dönüşüm davranışlarını etkileyen faktörler hem bireysel hem de yapısal düzeylerde analiz edilmiştir. Bu yöntemsel yaklaşım, nitel verilerin sadece betimsel değil, aynı zamanda açıklayıcı ve kuramla ilişkili biçimde ele alınmasına olanak tanımıştır (Nowell vd., 2017).

3.4.3. Bulgular

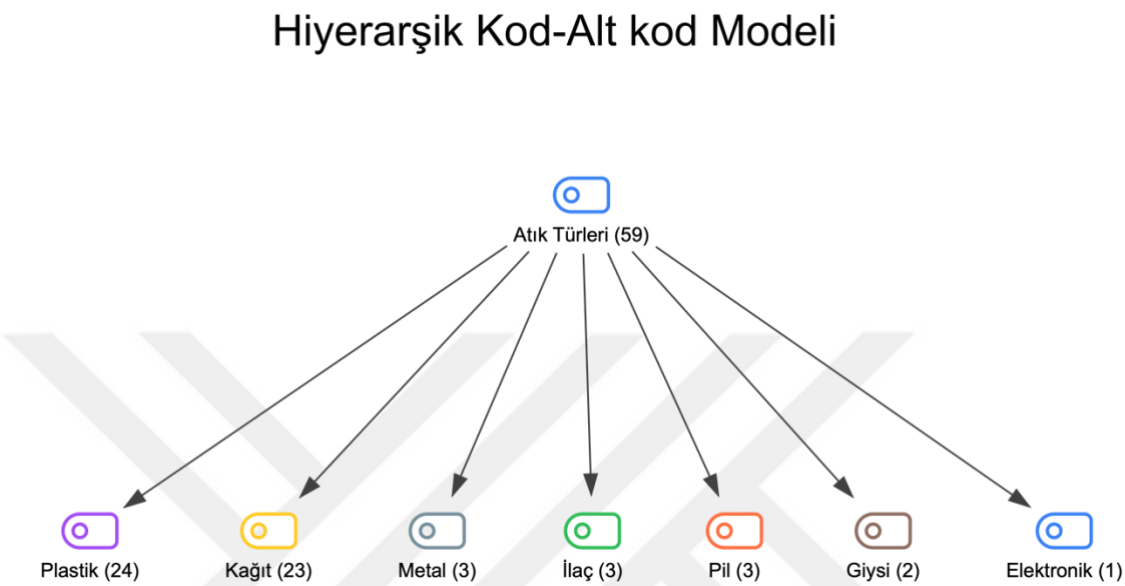
Bu bölümde, İstanbul'un çeşitli bölgelerinde konumlandırılmış atık konteynerlerinin görsel analizine dayalı bulgular sunulmaktadır. Tematik analiz sonucunda üç ana bulgu kümesi ön plana çıkmıştır: (1) Atık türlerinin görsel temsili, (2) konteyner tasarımında yapısal eksiklikler ve (3) kullanıcı davranışlarının sahadaki yansımaları. Bulgular hem kod frekansları hem de kuramsal yorumlarla desteklenmiş, analiz süreci sırasında elde edilen üç görsel, metinle bütünleşik olarak sunulmuştur.

3.4.3.1. Atık Türlerinin Görsel Temsili

Tematik analiz sonucu elde edilen kodlama frekanslarına göre, konteynerlerde en fazla temsil edilen atık türleri plastik (%40,68) ve kâğıt (%38,98) olmuştur. Bu iki kategori, kullanıcıların en sık temas ettiği ve geri dönüşüm sistemine en fazla dahil edilen malzemeleri temsil etmektedir. Buna karşılık, elektronik atık (%1,69), giysi (%3,39)

ve ilaç/pil (%5,08) gibi kategoriler oldukça düşük düzeyde temsil edilmiştir. Bu dağılım, günlük tüketim alışkanlıklarının yanı sıra, bazı atık türlerine dair yeterli altyapının olmaması ya da kullanıcılarca fark edilmemesiyle açıklanabilir.

Şekil 37. Konteyner Atıklarına İlişkin Kod Ağacı Diyagramı



Bu veri setiyle oluşturulan Kod Ağacı Diyagramı (Şekil 37) ve Kelime Bulutu (Şekil 38) atık türlerinin görsellerdeki temsiliyet düzeyini açıkça ortaya koymaktadır.

Şekil 38. Konteyner Atıklarına İlişkin Kelime Bulutu



3.4.3.2. Yapısal Eksiklikler ve Kullanım Sorunları

Görsel analizlerde en sık karşılaşılan sorunlardan biri, konteyner tasarımlarının kullanıcı dostu olmayışıdır. Görsellerin çoğunda etiketlerin eksik, sembollerin standart dışı ve yönlendirme sistemlerinin yetersiz olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle e-atık bölümleri, kullanıcılar tarafından kolayca fark edilemeyecek biçimde tasarlanmıştır.

Şekil 39. Mobil Atık Getirme Merkezi



Kaynak: Yazarın Kendisi, 2025

Bu görselde (Şekil 39), farklı atık türleri için ayrıştırılmış bölmeleri olan bir mobil konteyner örneği görülmektedir. Her ne kadar bu tür bir sistem, kullanıcıların sıklıkla dile getirdiği altyapı eksikliği sorununu teorik olarak çözme potansiyeli taşısa da analizler bu sistemlerin sınırlı erişilebilirlik, ayrım güçlüğü ve e-atık için yetersiz çözümler sunduğunu ortaya koymaktadır. Planlı Davranış Teorisi (TPB) kapsamında değerlendirildiğinde, bu durum bireylerin "algılanan davranışsal kontrol" düzeyinin düşük olduğuna işaret eder.

Şekil 40. Marketlerde Yer Alan Atık Toplama Kutuları



Kaynak: Yazarın Kendisi, 2025

Market ve alışveriş merkezlerinde bulunan atık kutuları (Şekil 40), sahadaki başka bir uygulamayı göstermektedir. Görselde, kutuların her biri farklı atık türü için ayrılmış gibi görünse de gözlemler bu ayrımın kullanıcılar tarafından dikkate alınmadığını ortaya koymuştur. Bir market çalışanının şu ifadesi bu durumu net biçimde açıklamaktadır:

"Atık gruplarına hiç dikkat etmiyoruz, hangi kutu boşsa çöplerimizi o kutuya atıyoruz."

Bu durum, bireysel farkındalığın yapısal yönlendirme olmadan davranışa dönüşemediğini göstermektedir. Ayrıca sembol ve etiket yetersizliği, kullanıcıların kararlarını kolaylaştırmak yerine zorlaştırmaktadır. Bu bağlamda, bilgi eksikliği

(knowledge gap), tasarım eksikliği ve kullanım kolaylığı eksikliği birlikte etkili olmaktadır.

3.4.3.3. Kullanıcı Davranışlarının Görsel Yansımaları

Görsellerde yalnızca konteynerin yapısı değil, aynı zamanda kullanıcıların fiili davranışları da analiz edilmiştir. Özellikle e-atık konteynerinde gözlemlenen yanlış yerleştirmeler, davranışsal normların yeterince yerleşmediğini ve çevresel değerlere ilişkin farkındalığın eyleme dönüşmediğini göstermektedir.

Şekil 41. Elektronik Atık Bölümünün İçeriği



Kaynak: Yazarın Kendisi, 2025

Şekil 41'de e-atık kutusunda plastik poşetler, kâğıt atıklar ve görünürlüğü azalmış bir kablo yer almaktadır. Bu durum, kullanıcıların basit ayrıştırma kurallarına dahi uymadığını göstermektedir. Schwartz'ın Norm-Aktivasyon Modeli (NAM) çerçevesinde değerlendirildiğinde, bireylerin çevresel sorunlara yönelik farkındalıkları olsa bile kişisel normlar devreye girmediğinde davranış oluşmamaktadır. Aynı zamanda VBN Teorisi kapsamında, çevresel değerlerin kişisel normlara dönüşmesinde yaşanan kopukluk da gözlemlenmektedir. Bu bulgu, aynı zamanda TPB'nin öznel norm boyutuyla da ilişkilidir: birey çevresindeki insanların da bu kurallara uymadığını gözlemlediğinde, kendi davranışsal motivasyonu da zayıflamaktadır.

3.4.4. Sonuç

3.4.4.1. Teorik Çıkarımlar

Bu çalışma, çevresel davranışları açıklamada kullanılan üç temel psikolojik teorinin — Norm-Aktivasyon Modeli (NAM), Değer-İnanç-Norm (VBN) Teorisi ve Planlı Davranış Teorisi (TPB) — görsel veriler üzerinden sahada sınanmasına imkân tanıyarak, çevresel tutum-davranış boşluğuna ilişkin literatüre özgün bir katkı sunmuştur.

İlk olarak, Norm-Aktivasyon Modeli (NAM) bağlamında, kullanıcıların çevresel farkındalıklarının davranışa dönüşmesinde "kişisel normların aktivasyonu"nun kritik bir rol oynadığı bulgusuna ulaşılmıştır. Elektronik atık gibi çevresel etkisi yüksek fakat geri dönüşüm oranı düşük olan atık türlerinin konteynerlerde neredeyse hiç yer almaması, bireylerin bu konudaki sorumluluk hislerinin yeterince gelişmediğini göstermektedir. NAM'ın ön gördüğü şekilde, davranışsal değişimin yalnızca bilişsel farkındalıkla değil, aynı zamanda içselleştirilmiş normlarla mümkün olduğu bu çalışmada görsel kanıtlarla desteklenmiştir (Schwartz, 1977).

İkinci olarak, Değer–İnanç–Norm (VBN) Teorisi perspektifinden elde edilen çıkarımlar, çevresel değerlere sahip bireylerin bu değerleri davranışsal normlara dönüştürmekte zorlandığını ortaya koymaktadır. Kullanıcılar teorik olarak e-atıkların çevresel zararlarına dair farkındalık sergilerken, görsel düzeyde bu farkındalığın somut davranışlara dönüşmemesi, değer-norm zincirinin kırıldığını göstermektedir. Bu normatif kopukluk, literatürde "value-action gap" ya da "green attitude-behavior inconsistency" olarak tanımlanan sorunun VBN teorisi çerçevesinde nasıl görünür hale geldiğini desteklemektedir (Stern, 2000).

Son olarak, Planlı Davranış Teorisi (TPB) çerçevesinde yapılan analizler, çevresel davranışların yalnızca bireysel niyetle değil, bu niyetin desteklendiği yapısal koşullar ve algılanan davranışsal kontrol düzeyiyle de doğrudan ilişkili olduğunu göstermiştir (Ajzen, 1991). Konteyner tasarımlarındaki etiketleme eksiklikleri, yönlendirici sembol yetersizliği ve ulaşılabilirlik sorunları, bireylerin niyetlerinin davranışa dönüşmesini engelleyen yapısal engeller olarak değerlendirilmiştir. Özellikle alışveriş merkezlerinde yer alan çoklu atık kutularının yanlış kullanım örnekleri, TPB'nin öznel

norm ve algılanan kontrol bileşenlerinin sahadaki karşılığını görsel düzeyde doğrulamaktadır.

Bu teorik çıkarımlar, çevresel davranış modellerinin yalnızca birey merkezli psikolojik değişkenlerle değil, aynı zamanda fiziksel çevre koşulları ve davranışsal mimariyle birlikte ele alınması gerektiğini göstermektedir. Bu bağlamda çalışma, çevresel psikoloji literatüründe yer alan normatif teorilerin uygulamalı geçerliliğini sınamış, farklı teorik yaklaşımlar arasında açıklayıcı sinerjiler geliştirmiştir.

3.4.4.2. Politika ve Pratik Sonuçlar

Görsel analiz bulguları, çevresel davranışları destekleyecek etkili politikaların yalnızca farkındalık kampanyalarına dayanamayacağını, bunun ötesinde davranışı kolaylaştıran yapısal ve kültürel düzenlemelere de ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymuştur. Bu doğrultuda, çok katmanlı ve aktör-temelli bir e-atık yönetim politikası önerisi geliştirilmiştir.

3.4.4.2.1. Bireysel Düzeyde Uygulamalar:

- Oyunlaştırma Tabanlı Mobil Uygulamalar: Kullanıcıların e-atık toplama davranışlarını ödüllendiren, sosyal rekabeti teşvik eden ve genç kuşakları hedefleyen mobil uygulamalar, içsel motivasyonu artırmak açısından etkili olabilir (Hamari vd., 2014).
- Kişiselleştirilmiş Geri Bildirim Sistemleri: "Bu ay 2 kg e-atık geri dönüştürdünüz" gibi bireysel katkının çevresel çıktısını görünür kılan bildirimler, kişisel normların pekiştirilmesine katkı sunar (Thøgersen & Schrader, 2012).
- Ekolojik Ürün Kimliği (Eco ID): Satın alınan elektronik ürünlerin geri dönüşüm potansiyelini QR kodlar aracılığıyla gösteren sistemler, tüketiciye karar anında çevresel veri sunabilir (Bocken vd., 2016).

3.4.4.2.2. Kurumsal Düzeyde Politikalar:

- Uzatılmış Üretici Sorumluluğu (EPR): Üreticilerin, ürünlerinin kullanım ömrü sonrasındaki geri dönüşüm sürecinden hukuki olarak sorumlu tutulması, daha sürdürülebilir ürün tasarımını teşvik eder (Tojo vd., 2008).

- “Eskiyi getir, yeniyi al” kampanyaları: Apple ve Samsung gibi firmaların başarılı örnekleri doğrultusunda, ikinci el cihazların geri getirilmesiyle indirimli satın alma teşvik edilmelidir (Kang & Schoenung, 2005; Saphores vd., 2012).

3.4.4.2.3. Yerel Yönetim Politikaları:

- Mobil E-Atık Toplama Araçları: Özellikle konteyner erişiminin sınırlı olduğu bölgelerde mahalle bazlı gezici e-atık toplama sistemleri kurulabilir.
- E-Atık Haritalama Uygulamaları: Belediyelerin toplama kutularının konumlarını, doluluk oranlarını ve toplama tarihlerini gösteren dijital haritalar geliştirmesi, kullanıcıların erişim motivasyonunu artırabilir.
- Mikro Toplama Noktaları: Eczane, okul, AVM gibi yoğun kullanılan noktalara küçük hacimli e-atık kutularının yerleştirilmesi, davranışı pratikleştiren bir müdahale olacaktır.

3.4.4.2.4. Sosyo-Kültürel Müdahaleler:

- Katılımcı Farkındalık Etkinlikleri: Tiyatro, hikâyeleştirme ve yaratıcı sanat atölyeleri yoluyla, özellikle çocuklar ve gençler nezdinde çevresel normların erken yaşta inşa edilmesi sağlanmalıdır.
- Dijital Hikâyeleştirme ve Mikro-İçerikler: Kısa videolar ve sosyal medya kampanyaları, e-atık konusuna duygusal bağ kurma düzeyinde etkili olabilir (Green & Brock, 2000; Dahlstrom, 2014).

Bu çok boyutlu politika önerileri, çevresel davranış dönüşümünün yalnızca bilgiye değil, aynı zamanda sosyal normlara, pratik erişime ve kültürel ikna süreçlerine dayalı olarak inşa edilmesi gerektiğini göstermektedir.

3.4.4.3. Sınırlamalar ve Gelecekteki Araştırmalar

Her ne kadar bu çalışma, çevresel davranışları görsel içerik analizine dayalı olarak özgün bir yöntemle incelemiş olsa da bazı sınırlılıklar sonuçların genellenebilirliği ve kapsamı açısından dikkate alınmalıdır:

1. Örneklem Sınırlılığı: Görseller, İstanbul’daki belirli ilçelerden toplanmış olup, Türkiye genelini temsil etmemektedir. Kolayda örnekleme (convenience

sampling) yöntemiyle seçilen lokasyonlar, belirli sosyo-demografik özelliklere sahip olabilir ve genellenebilirlik sınırlıdır.

2. Görsel Verinin Yoruma Açıklığı: Görsel analizlerde kullanılan semboller, görsel içerik ve bağlamsal göstergeler, yorumlayanın perspektifine göre farklı anlamlara gelebilir. Her ne kadar kodlayıcılar arası güvenilirlik yüksek çıkmış olsa da görsellerin doğası gereği yorumlamaya açık olduğu unutulmamalıdır (Rose, 2022).
3. Yalnızca Gözlemlenebilir Davranışlara Odaklanma: Görseller üzerinden yalnızca kullanıcıların sonuç davranışları gözlemlenebilmiştir. Bu nedenle davranışların arka planında yatan psikolojik veya motivasyonel süreçlere doğrudan ulaşmak mümkün olmamıştır.
4. Zamansal Kısıtlama: Görseller, sınırlı bir zaman diliminde (Şubat-Mart 2025) çekilmiştir. Mevsimsel ya da dönemsel farklılıkların etkisi araştırma kapsamına alınamamıştır.

Gelecek araştırmalarda aşağıdaki yönelimlerin izlenmesi önerilmektedir:

- Mikro düzey davranış takibiyle bütünleşik araştırmalar: Görsel analizler, anket verileri ve gözlem günlükleriyle desteklenerek daha derinlemesine davranış analizleri yapılabilir.
- Uzunlamasına tasarımlar: Aynı konteynerlerin zaman içinde kullanımı izlenerek davranışsal değişim gözlemlenebilir.
- Katılımcı gözlem ve etnografik yaklaşımlar: Kullanıcıların konteynerlerle etkileşim süreçleri doğrudan gözlemlenerek yapısal ve kültürel faktörler daha detaylı analiz edilebilir.
- Yapay zekâ destekli görsel analizler: Otomatik görüntü işleme algoritmalarıyla büyük ölçekli konteyner verileri analiz edilerek, daha sistematik mekânsal planlamalar yapılabilir.

Bu sınırlılıklar göz önünde bulundurularak geliştirilecek yeni araştırmalar, çevresel davranış modellerinin daha kapsayıcı, bağlamsal ve müdahaleye açık biçimde yapılandırılmasına katkı sağlayacaktır.

3.5. 5. Çalışma - Matematiksel Model ve Ekonometrik Simülasyon

Bu aşama, davranışsal, yapısal ve ekonomik değişkenleri bir araya getirerek politika senaryolarının etkilerini nicel olarak öngörmeyi amaçlamıştır. Geri dönüştürülen e-atık miktarı ile ekonomik teşvik, maliyetler, hammadde fiyatları, yasal düzenleme endeksi ve tüketici duyarlılık endeksi gibi değişkenler arasında ilişkiler regresyon tabanlı bir simülasyon modeliyle test edilmiştir. Senaryolar, hangi politika bileşenlerinin marjinal etkisinin daha yüksek olduğunu ortaya koymuş; bu çıktı 3.6'daki entegrasyon modelinin öncelik sıralamasını belirlemiştir.

3.5.1. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmada geliştirilen matematiksel modelin temel amacı, Türkiye'de sürdürülebilir e-atık yönetimini etkileyen başlıca belirleyicileri hem bireysel hem de kurumsal düzeyde bütüncül bir yaklaşımla analiz etmektir. Model, çevresel davranış teorileri ile ekonomik yapısal göstergeleri bir araya getirerek, e-atık geri dönüşüm oranlarını etkileyen faktörleri hem nedensellik hem de simülasyon düzeyinde açıklamaya yönelik olarak tasarlanmıştır. Modelin kurulumunda özellikle, e-atık geri dönüşümünü etkileyen ekonomik teşvikler, toplama ve taşıma maliyetleri, hammadde fiyatları, yasal düzenlemelerin sertliği ve tüketici duyarlılığı gibi çok katmanlı değişkenler dikkate alınmıştır.

Bu yaklaşım, yalnızca teknik ve altyapısal faktörleri değil, aynı zamanda davranışsal, regülasyonel ve piyasa temelli dinamikleri de birlikte analiz etmeyi hedeflemektedir. Model, bu anlamda sürdürülebilirlik çalışmalarındaki geleneksel tek boyutlu yaklaşımlardan farklı olarak mikro ve makro düzeyde çok değişkenli sistem dinamiklerini bir araya getiren bir yapı sunar (Tablo 41). Mikro düzeyde tüketici davranışı ve algıları, makro düzeyde ise kaynak verimliliği, kamu teşvik politikaları ve ekonomik yapı gibi etmenler dikkate alınmıştır. Model, bu yönüyle çevresel iktisat, kamu politikası ve davranışsal bilimler kesişiminde yer alan disiplinlerarası bir çerçeve sunmaktadır.

Modelin yapısal temeli, panel veri regresyonu yaklaşımına dayanmaktadır. Panel veri yapısı, zamana bağlı değişkenlikleri ve birimler arasındaki heterojenliği aynı anda kontrol edebilme yeteneği sayesinde, bu tür çok faktörlü ve dinamik sistemlerin

analizinde yüksek çözümleme gücü sunmaktadır (Baltagi, 2005). Bu bağlamda model hem zaman serisi hem de kesit veri özellikleri taşıyan bir veri setiyle tahmin edilmiş, bu sayede zamana bağlı politika etkileri ile mekânsal farklılıklar birlikte göz önünde bulundurulmuştur.

Modelin amacı yalnızca açıklayıcı olmakla sınırlı değildir; aynı zamanda ileriye dönük senaryolar üretmek ve politika simülasyonları gerçekleştirmek de bu çalışmanın kapsamındadır. Bu bağlamda model, farklı kamu teşvik düzeyleri, maliyet değişimleri ve sosyal duyarlılık senaryoları altında geri dönüşüm miktarlarının ne ölçüde değişeceğini öngörmeyi mümkün kılmaktadır. Bu yönüyle model yalnızca akademik literatüre katkı sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda karar vericilere ve politika yapıcılara da stratejik bir araç sunmaktadır.

Modelin tasarımı, literatürde yer alan çeşitli çalışmalardan ilham almıştır. Özellikle e-atık yönetiminde davranışsal modellerin entegrasyonu üzerine çalışan Wang vd. (2019), çevresel teşviklerin etkinliğini irdeleyen Zhang ve arkadaşları (2019), ve maliyet-etkin geri dönüşüm süreçlerini modelleyen Cucchiella vd. (2015) gibi çalışmalar, bu araştırmanın teorik arka planını oluşturmaktadır. Ancak mevcut çalışmayı özgün kılan yön, bu yaklaşımların disiplinlerarası bir bütünlük içinde ve Türkiye bağlamında entegre edilerek uygulamaya geçirilmiş olmasıdır. Ayrıca, modelin geliştirilmesinde sadece ekonomik değil, aynı zamanda dijital duyarlılık (örn. mobil uygulama yorumlarından türetilen sentiment skorları) gibi yenilikçi veri kaynaklarının kullanılması, çalışmaya metodolojik açıdan da katkı sağlamaktadır.

Sonuç olarak, bu model, e-atık geri dönüşümünü etkileyen çoklu faktörlerin etkileşimini hem teorik hem de ampirik olarak analiz eden, senaryoya dayalı tahminlemelere imkân tanıyan ve politika önerileri üretebilen bütüncül bir yapı sunmaktadır. Böylece model, sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda hem akademik hem de pratik katkı sunabilecek bir karar destek aracına dönüşmektedir.

Tablo 41. Entegre Sürdürülebilir E-Atık Modelinin Katmanlı Yapısı

Düzey	Temsil Edilen Alan	Ana Değişkenler / Yapılar	Kuramsal Dayanak / Yöntem
Mikro	Bireysel düzeyde tüketici davranışları	- Tüketici Duyarlılığı (TD_t) - Geri dönüşüm niyeti ve eylemi	Planlı Davranış Teorisi (Ajzen, 1991) Norm Aktivasyon Modeli (Schwartz, 1977)
Mezzo	Lojistik ve operasyonel maliyetler	- Toplama ve Taşıma Maliyeti (TM_t) - Teknolojik altyapı eksikleri	Geri Dönüşüm Ekonomisi Operasyonel Verimlilik Modelleri
Makro	Politik, ekonomik ve düzenleyici yapı	- Ekonomik Teşvikler ($TEŞ_t$) - Hammadde Fiyatları (HF_t) - Yasal Düzenleme Endeksi (YZ_t)	Döngüsel Ekonomi (Kirchherr vd., 2017) Sürdürülebilir Kalkınma Yaklaşımı (UNEP, 2023)
Zamana Dayalı	Dinamik sistem analizi	- t: Yıllara göre veri (2015–2030) - Panel veri seti (kesit + zaman)	Panel Veri Regresyonu Ekonometrik Simülasyon (Python)

3.5.2. Teorik Çerçeve

Bu modelin teorik çerçevesi hem bireysel davranışsal eğilimleri hem de yapısal sistem dinamiklerini dikkate alan iki ana yaklaşımın entegrasyonu üzerine kurulmuştur: (1) çevresel davranış modelleri ve (2) döngüsel ekonomi ilkeleri**.** Bu iki yaklaşımın bir araya getirilmesiyle, e-atık yönetimi gibi çok boyutlu bir konunun hem mikro (tüketici temelli) hem de makro (politik ve ekonomik yapı temelli) bileşenleri birlikte değerlendirilmektedir.

3.5.2.1. Çevresel Davranış Modelleri: TPB, NAM ve VBN

Tüketici düzeyinde e-atıkların geri dönüşümüne yönelik davranışları açıklamak amacıyla çevresel psikoloji literatüründe davranışın bilişsel, ahlaki ve değer temelli boyutlarını bütünleştiren üç temel kuramsal yapı bu modele entegre edilmiştir.

3.5.2.1.1. Planlı Davranış Teorisi (Theory of Planned Behavior – TPB)

TPB, bireylerin davranışlarını üç ana faktör üzerinden açıklar: tutum, öznel norm ve algılanan davranışsal kontrol (Ajzen, 1991, 2020). Bu teori çevresel davranış araştırmalarında bireysel karar süreçlerinin bilişsel bileşenini açıklayan temel referans noktasıdır. Ajzen'in (2020) güncel yorumuna göre teori, yalnızca rasyonel karar süreçlerini değil, çevrimiçi ve sürdürülebilirlik temelli davranışları da kapsayacak

biçimde genişlemiştir. E-atık bağlamında bu, bireyin geri dönüşüm konusundaki tutumunu, çevresel normlara duyarlılığını ve eylemi gerçekleştirme kapasitesi algısını kapsamaktadır. Dolayısıyla TPB, e-atık geri dönüşümünü açıklarken bireyin fayda–maliyet değerlendirmesi, toplumsal onay beklentisi ve öz yeterlik algısı arasındaki dengeye odaklanır. Ancak çevresel davranışlar kısa vadeli kişisel kazançtan ziyade uzun vadeli toplumsal faydaya dayandığından, TPB tek başına yeterli değildir; bu noktada NAM ve VBN teorileri açıklamayı tamamlar.

3.5.2.1.2. Norm Aktivasyon Modeli (Norm Activation Model – NAM)

NAM, bireyin kişisel sorumluluk hissi ve ahlaki normlarının çevresel davranış üzerindeki etkisini vurgular (Schwartz, 1977). Model, farkındalık (awareness of consequences) ve sorumluluk atfı (ascription of responsibility) süreçlerinin kişisel normların aktivasyonunu tetiklediğini varsayar. Bu, çevresel davranışların bilişsel olmaktan ziyade ahlaki bir yükümlülük olarak ortaya çıkmasına yol açar. E-atık bağlamında NAM, bireyin "geri dönüşüm yapmalıyım" algısını vicdani bir zorunluluk düzlemine taşır; böylece TPB'nin rasyonel karar yapısına normatif bir derinlik kazandırır.

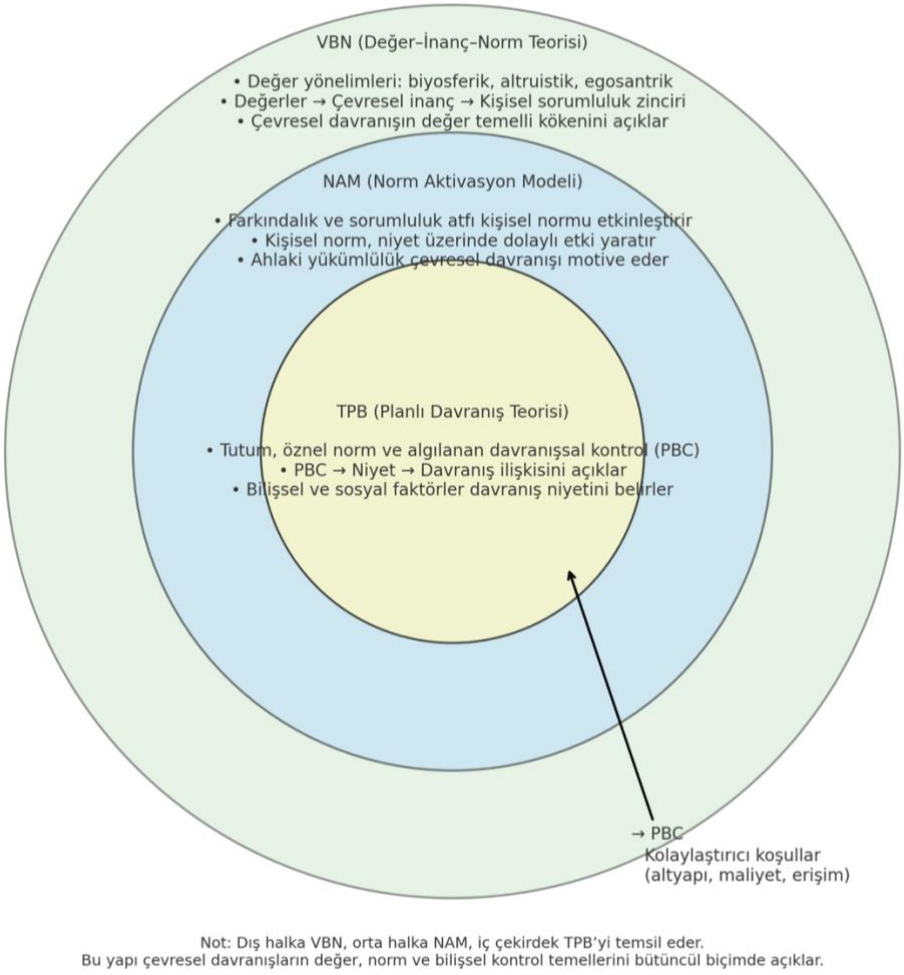
3.5.2.1.3. Değer–İnanç–Norm Teorisi (Value–Belief–Norm – VBN)

VBN, çevresel davranışların değer temelli doğasını açıklar. Stern'in (2000) modeline göre bireyler sahip oldukları değer yönelimleri (biyosferik, altruistik, egosantrik) doğrultusunda çevresel risk algısı geliştirir; bu algı kişisel normların oluşumuna zemin hazırlar. Stern ve arkadaşlarının (2022) güncel yaklaşımı, bu sürecin kültürel ve bağlamsal koşullara göre esnek biçimde işlediğini gösterir. Bu bağlamda VBN, çevresel davranışların içsel motivasyon boyutunu açıklayarak e-atık yönetimi gibi ertelenmiş fayda–düşük ödül davranışlarında istikrar sağlar.

3.5.2.1.4. Teorik Sentez: TPB–NAM–VBN Entegrasyonu

Bu üç teori, çevresel davranışı bilişsel, normatif ve değer temelli katmanlardan oluşan çok boyutlu bir süreç olarak açıklar. TPB'nin "yapabilirim ve yapmalıyım" ekseni davranışın araçsal yönünü, NAM'in kişisel norm boyutu ahlaki zorunluluğu, VBN'nin değer zinciri ise derin motivasyonel kökeni temsil eder.

Şekil 42. TPB-NAM-VBN Teorilerinin Kesişim Noktası



Şekil 42'de sunulan diyagram, bu üç yapının e-atık davranışlarını açıklamada birbirini tamamlayan halkalar olarak konumlandığını göstermektedir.

İç halka (TPB): Davranışsal niyetin bilişsel belirleyicileri

Orta halka (NAM): Ahlaki sorumluluk ve kişisel normların tetikleyicileri

Dış halka (VBN): Değer–inanç–norm zincirinin yönlendirici çerçevesi

Bu çok katmanlı yapı, çevresel davranışın yalnızca bireysel niyetlerle değil, toplumsal değerler, içselleştirilmiş normlar ve sistemsel koşulların etkileşimiyle şekillendiğini savunur. Türkiye örneğinde bu etkileşim, niyet–davranış boşluğunun belirgin olduğu çevresel davranış sahaları açısından kritik önem taşımaktadır.

3.5.2.1.5. Makro Düzey Bağlantı: Macromarketing ve Public Policy Perspektifi

TPB, NAM ve VBN modellerinin birleşimi yalnızca bireysel davranışların bilişsel ve ahlaki belirleyicilerini açıklamakla kalmamakta, aynı zamanda makro-toplumsal sistemlerin tüketici davranışlarını nasıl şekillendirdiğini anlamak açısından da önemlidir.
Bu bütünleşik bakış, macromarketing alanının normatif ilkeleriyle doğrudan ilişkilidir.

Hunt (2010,2018) ve Mittelstaedt vd., (2014) pazarlamanın nihai amacının piyasa etkinliğinden öte toplumsal refahın artırılması olduğunu vurgulamaktadır. Bu bağlamda çevresel davranış modellerinin makro düzeyde yorumlanması, bireylerin algılanan davranışsal kontrolü (TPB) ile kişisel normları (NAM) arasındaki köprüyü kamu politikaları, düzenleyici kurumlar ve kültürel değer sistemleri üzerinden kurmayı mümkün kılar.

Bu tezde geliştirilen ESEGEM modeli, söz konusu üç kuramı micro–macro entegrasyonu sağlayacak biçimde yeniden yorumlar. Modelin mikro bileşenleri (örneğin tutum, niyet, normatif etki) makro bileşenlerle (teşvik sistemleri, yasal düzenlemeler, ekonomik maliyet yapıları) karşılıklı etkileşim içindedir. Bu yaklaşım, "public policy as a behavioral system" (Kilbourne vd., 1997) ilkesine dayanarak Ajzen'in (2020) rasyonel eylem varsayımını Stern'in (2000) değer temelli normlar sistemiyle ve Hunt'ın (2010) normatif pazarlama anlayışıyla birleştirir.

Sonuç olarak, TPB–NAM–VBN entegrasyonu, bireysel niyetlerin toplumsal normlar, ekonomik yapılar ve kurumsal politikalarla karşılıklı nedensellik içinde evrildiği dinamik bir sistem sunar. Bu yönüyle çalışma, macromarketing'in normatif paradigması ile davranışsal ekonomi arasında köprü kurarak e-atık yönetimine yeni bir teorik derinlik kazandırmaktadır.

3.5.2.2. Döngüsel Ekonomi İlkeleri ve Sistem Dinamikleri

Makro düzeyde modelin teorik dayanağını döngüsel ekonomi oluşturmaktadır. Döngüsel ekonomi, geleneksel "al-kullan-at" modeline karşılık, kaynakların maksimum verimlilikle kullanılmasını, ürünlerin yaşam döngüsünün uzatılmasını ve atıkların yeniden değer zincirine kazandırılmasını hedefleyen bir sistem yaklaşımıdır (Kirchherr vd., 2017). Bu çerçevede geri dönüşüm, yeniden kullanım, tamir, yeniden

üretim (remanufacturing) gibi stratejiler ön plana çıkmaktadır (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

E-atık özelinde döngüsel ekonomi, geri dönüştürülmeyen elektronik bileşenlerin çevresel zararı kadar, geri kazanılamayan değerli metallerin ekonomik kaybına da vurgu yapar. Bu modelde yer alan hammadde fiyat endeksi (HF_t), teşvik mekanizmaları ($TEŞ_t$) ve yasal düzenleme endeksi (YZ_t) gibi değişkenler, döngüsel ekonominin kurumsal altyapısını yansıtmaktadır. Ayrıca bu yapı, sürdürülebilir kalkınma hedefleri (SKA 12 – Sorumlu Tüketim ve Üretim) ile doğrudan ilişkilidir.

3.5.2.3. Entegrasyon ve Sistemsel Yaklaşım

Bu çalışmanın özgünlüğü, yukarıda açıklanan iki temel yaklaşımı entegratif bir modelde birleştirmesi ile ortaya çıkmaktadır. Geleneksel çalışmalarda ya davranışsal modeller öne çıkmakta (örneğin sadece TPB ile açıklama), ya da döngüsel ekonomi yalnızca teknik-maliyet açısından ele alınmaktadır. Ancak bu tezde, bireylerin çevreye karşı motivasyonları ile devletin sunduğu yapısal imkanlar tek bir matematiksel sistem içinde buluşturulmuştur (Tablo 42).

Bu bütüncül yaklaşım, hem e-atık yönetimi politikalarının çok katmanlı yapısını daha doğru yansıtmakta, hem de ileriye dönük senaryo analizleri ile politika geliştirme süreçlerine daha fazla uygulama olanağı sunmaktadır. Bu nedenle bu teorik yapı, yalnızca akademik açıklama düzeyinde kalmamakta, aynı zamanda politika yapıcılar için etkili bir karar destek sistemine dönüşmektedir.

Tablo 42. Modelin Teorik Temellerinin Entegrasyonu

TPB + NAM + VBN → Tüketici Duyarlılığı (TD_t)
Döngüsel Ekonomi İlkeleri → $TEŞ_t$, HF_t, YZ_t, TM_t
→ GDM_t (Geri Dönüşüm Miktarı)

3.5.3. Model Formülasyonu

Bu çalışmada geliştirilen matematiksel model, sürdürülebilir e-atık yönetimini etkileyen çoklu faktörleri açıklamak üzere panel veri regresyonu esas alınarak yapılandırılmıştır. Panel veri modelleri, hem kesit (cross-sectional) hem de zaman

serisi (time series) boyutlarını aynı anda içermesi bakımından, çevresel ve ekonomik süreçleri uzunlamasına incelemek için oldukça uygun bir çerçeve sunmaktadır (Hsiao, 2014; Baltagi, 2005). Model, Türkiye'nin yıllar içindeki e-atık geri dönüşüm miktarını etkileyen yapısal ve davranışsal değişkenleri (Tablo 43) aynı denklem içerisinde değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Modelin temel denklemi aşağıdaki gibidir:

$$GDMt = \beta 0 + \beta 1 \cdot TEŞ + \beta 2 \cdot TMt + \beta 3 \cdot HFt + \beta 4 \cdot YZt + \beta 5 \cdot TDt + \varepsilon t$$

Tablo 43. Modelde Kullanılan Değişkenler

Sembol	Tanım	Tipi	Kaynak / Hesaplama Yöntemi
GDM_t	Geri dönüştürülen e-atık miktarı (ton cinsinden)	Bağımlı değişken	TÜİK, Çevre Bakanlığı verileri
$TEŞ_t$	Ekonomik teşvikler (milyon TL)	Bağımsız	Çevre yatırımları bütçe oranı üzerinden tahmini
TM_t	Toplama ve taşıma maliyeti (₺/ton)	Bağımsız	Belediyeler ve özel sektör raporları
HF_t	Hammadde fiyat endeksi (normalize edilmiş)	Bağımsız	LME metal fiyatları (altın, bakır vb.)
YZ_t	Yasal düzenleme endeksi (1-10 arasında puanlanmış)	Bağımsız	Mevzuat kapsamı + uygulama gücü + izleme sistemleri
TD_t	Tüketici duyarlılığı (sentiment analizi skorları, normalize)	Bağımsız	Python ile mobil yorumlardan elde edilen VADER skorları
ε_t	Hata terimi	Stokastik	Beyaz gürültü varsayımıyla tahmin edilmiştir

3.5.3.1. Modelleme Yaklaşımı

Model, klasik panel veri ekonometrisi çerçevesinde hem sabit etkiler (Fixed Effects – FE) hem de rastgele etkiler (Random Effects – RE) modelleri kullanılarak tahmin edilmiştir. Sabit etkiler modeli, her bir zaman periyoduna özgü gözlemlenemeyen heterojenlikleri kontrol altına alırken; rastgele etkiler modeli, bu etkilerin rassal olarak dağıldığını varsayarak genellenebilirliği artırmaktadır (Greene, 2012). Model seçimi için Hausman testi uygulanmış ve sabit etkiler modelinin daha tutarlı ve güvenilir sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Bu da gözlemlenemeyen birim etkilerinin regresörlerle ilişkisiz olmadığı anlamına gelmektedir (Hausman, 1978).

Bu kapsamda model, zaman boyutlu veri yapısının dinamiklerini yakalayabilmek amacıyla hem Granger nedensellik testi mantığı hem de gecikmeli regresyon (lagged regression) yaklaşımıyla tahmin edilmiştir. Bu yöntem, politika değişkenlerinin (örneğin teşvik, maliyet ve düzenleme sertliği) davranışsal göstergeler üzerindeki

etkilerinin yalnızca eşzamanlı değil, aynı zamanda zaman içinde gecikmeli biçimde ortaya çıkma olasılığını değerlendirmeye olanak tanımaktadır. Böylece ESEGEM modelinin mikro–makro etkileşim mekanizması, sadece durağan ilişkilerle değil, nedensel ve dinamik geçiş etkileri üzerinden de sınanmıştır.

Analizde kullanılan panel veri seti, 2015–2030 dönemini kapsamakta olup, her bir politika değişkeni (PT, YUDES, MALT, TEGRA, TUKAM) yıllık bazda yeniden ölçeklendirilmiştir. Bu yapı, zaman gecikmeli etkilerin modellenmesi için gerekli ardışık gözlemleri sağlamış; gecikmeli terimler (örneğin GDM_{t-1}) aracılığıyla davranışsal tepki sürelerinin istatistiksel olarak tahmin edilmesine olanak tanımıştır.

Panel veri analizinde, politika değişkenlerinin geri dönüşüm davranışına etkileri yalnızca eşzamanlı olarak değil, zaman içinde gecikmeli biçimde de incelenmiştir. Bu amaçla, aşağıdaki gecikmeli regresyon yapısı uygulanmıştır:

$$\mathrm{GDMi,t} = \alpha\mathrm{i} + \beta 1\mathrm{PTi,t} - 1 + \beta 2\mathrm{YUDESi,t} - 1 + \beta 3\mathrm{MALTi,t} - 1 + \beta 4\mathrm{TEGRAi,t} - 1 + \beta 5\mathrm{TUKAMi,t} - 1 + \epsilon\mathrm{i,t}$$

Burada:

- $GDM_{i,t}$: i birimi (ülke/bölge) için t dönemindeki e-atık geri dönüşüm miktarı,
- $PT_{i,t-1}$: bir önceki dönem politika ve teşvik göstergesi,
- $YUDES_{i,t-1}$: bir önceki dönem yasal düzenleme sertliği,
- $MALT_{i,t-1}$: bir önceki dönem maliyet azaltıcı lojistik teknolojiler,
- $TEGRA_{i,t-1}$: bir önceki dönem teknolojik geri kazanım altyapısı,
- $TUKAM_{i,t-1}$: bir önceki dönem tüketici katılım ve motivasyonu endeksi,
- α_i : birime özgü sabit etkiler,
- $\epsilon_{i,t}$: hata terimidir.

Bu yapı, politika değişkenlerinin davranışsal sonuçlar üzerindeki zamansal taşıyıcılığını (lag effect) test etmeye yöneliktir. Elde edilen katsayıların (β_1–β_5) pozitif ve anlamlı olması, ilgili değişkenlerin gecikmeli etkiyle geri dönüşüm oranlarını artırdığını göstermektedir.

3.5.3.2. Teorik ve Pratik Gerekçeler

Modelin bu şekilde yapılandırılmasının altında üç temel gerekçe yatmaktadır:

1. Çoklu nedenselliklerin ayrıştırılması**:** E-atık geri dönüşümü, yalnızca bireysel tercihlere değil, aynı zamanda maliyetler, fiyat sinyalleri ve regülasyonlara bağlıdır. Bu model, bu çoklu yapıyı ayrıştırabilmektedir.

2. Zamansal dinamiklerin izlenebilirliği**:** Türkiye'de e-atıkla ilgili teşvik, fiyat ve düzenleme mekanizmaları yıllar içinde değişim göstermiştir. Panel yapı sayesinde hem yatay hem dikey analiz mümkündür.
3. Politika simülasyonu potansiyeli**:** Tahmin edilen katsayılar, ileriye dönük politika senaryolarında kullanılmak üzere esneklik analizi ve senaryo modellemesine veri sağlamaktadır.

3.5.3.3. Beklenen Yön ve Etkiler

Tablo 44. Matematiksel Model Değişkenlerine İlişkin Beklenen Etkiler

Değişken	Beklenen Etki	Gerekçe
$TEŞ_t$	Pozitif (+)	Artan teşvikler geri dönüşüm kapasitesini artırır (finansal motivasyon).
TM_t	Negatif (−)	Maliyet arttıkça sistemin verimliliği düşer.
HF_t	Pozitif (+)	Hammadde fiyatları arttıkça geri kazanım ekonomik açıdan daha cazip hale gelir.
YZ_t	Pozitif (+)	Yasal sıkılık ve yaptırımlar sistemi daha etkin kılar.
TD_t	Pozitif (+)	Duyarlılık arttıkça bireylerin geri dönüşüm davranışı artar.

3.5.3.4. Yöntemsel Not

Model, Python ortamında da simüle edilerek katsayıların dinamik etkileri farklı politika senaryoları altında test edilmiştir. Bu simülasyonlar, sabit etkiler modelinde (FE) elde edilen regresyon katsayıları temel alınarak oluşturulmuştur. Geliştirilen gdm() fonksiyonu, farklı değişken setleriyle e-atık geri dönüşüm miktarlarını tahmin etmek amacıyla kullanılmıştır (bkz. Bölüm 4.6.1). Ayrıca, yukarıda tanımlanan gecikmeli regresyon modeli, panel veri analizi kapsamında test edilmiştir. Modelde yer alan gecikmeli değişkenlerin *(t−1)* anlamlılığı, politika ve altyapı değişkenlerinin davranışsal çıktılar üzerindeki nedensel ve zamansal etkilerini ortaya koymaktadır. Bu yapı, yalnızca eşzamanlı ilişkileri değil, bir önceki dönemde uygulanan politika girişimlerinin mevcut dönem e-atık geri dönüşüm performansına etkisini de yakalayabilmektedir. Dolayısıyla analiz, Granger nedensellik mantığıyla uyumlu bir biçimde modelde varsayılan mikro–makro etkileşim mekanizmasının zamansal geçerliliğini desteklemektedir.

3.5.4. Veri Seti ve Kaynaklar

Modelin ampirik analizinde kullanılan veri seti, Türkiye'de sürdürülebilir e-atık yönetimini etkileyen değişkenlerin yıllık bazda izlenebilmesini sağlayan çok boyutlu bir yapıdadır. Bu doğrultuda hem resmi kurumsal kaynaklardan sağlanan nicel veriler hem de dijital platformlardan elde edilen nitel-sayısallaştırılmış veriler birlikte kullanılmıştır. Böylece model, kamu politikaları, piyasa yapısı ve bireysel davranış boyutlarını aynı sistem içinde temsil edebilecek bir veri bütünlüğüne kavuşmuştur.

3.5.4.1. Veri Yapısı ve Dönem Aralığı

Çalışmada kullanılan veri seti, 2015–2022 yılları arasındaki dönemi kapsamaktadır. Bu dönem, Türkiye'de hem yasal düzenlemelerin hem de kamu teşviklerinin çeşitlenmeye başladığı, aynı zamanda e-atık farkındalığına yönelik dijital araçların yaygınlaştığı bir geçiş evresi olması bakımından analitik olarak anlamlıdır. Veri yapısı yıllık zaman serisi + kesitsel nitelik taşıyan panel veri olarak düzenlenmiş, tüm değişkenler yıllık ölçekte standartlaştırılmıştır.

3.5.4.2. Veri Kaynakları ve Değişkenlere Göre Dağılım

Tablo 45. Matematiksel Model Değişkenleri ve Veri Kaynakları

Değişken	Açıklama	Veri Kaynağı	Notlar / Erişim Yolu
GDM_t (Geri dönüştürülen e-atık miktarı)	Türkiye'de resmi geri dönüşüm tesislerinde toplanan e-atık miktarı (ton)	TÜİK Çevre İstatistikleri, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	Yıllık "Atık İstatistikleri" veri seti
$TEŞ_t$ (Ekonomik teşvikler)	E-atıkla ilgili kamu harcamaları, özel sektör teşvikleri (milyon ₺)	Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Resmi Gazete kararları	Çevre yatırım bütçesi içinden e-atık payı yaklaşık %0.1 olarak tahmin edildi
TM_t (Toplama ve taşıma maliyeti)	1 ton e-atığın toplanma ve taşınma maliyeti (₺/ton)	İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve ilçe belediye raporları, literatür taraması (örn. Sarıyar, 2021)	Fiyatlar enflasyon düzeltmesiyle 2022 sabit değerine çevrildi
HF_t (Hammadde fiyat endeksi)	Altın, bakır, gümüş gibi değerli metallerin yıllık ortalama fiyat endeksi	London Metal Exchange (LME), World Bank Commodity Index	Tüm değerler normalize edilerek endeks formuna getirildi
YZ_t (Yasal düzenleme endeksi)	Türkiye'deki e-atık ile ilgili mevzuat, uygulama, denetim, yaptırım gücü (1-10 arası)	TBMM mevzuat arşivi, Resmi Gazete, Çevre Ajansı	Beş boyutlu puanlama sistemiyle yıllık endeks üretildi (bkz. 4.4.9)
TD_t (Tüketici duyarlılığı)	Mobil uygulama kullanıcı yorumlarının duygu analizi sonucu çıkarılan normalize skor	Google Play Store, App Store verileri (E-Atık mobil uygulamaları: E-Atık Kutum, Geri Kazanım Noktası vb.)	Python + VADER kullanılarak sentiment analizi yapıldı (detaylı açıklama: Bölüm 4.1)

3.5.4.3. Veri Toplama ve İşleme Süreci

Veri toplama süreci üç aşamada gerçekleştirilmiştir:

1. Kurumsal veri toplama: TÜİK, belediyeler ve kamu kaynaklarından yıllık istatistikler sistematik olarak çekilmiştir. Eksik yıllar için interpolasyon uygulanmamış; yalnızca tam kayıtlı yıllar modele dahil edilmiştir.
2. Piyasa fiyatları verisi: LME ve Dünya Bankası gibi uluslararası platformlardan sağlanan hammadde fiyat verileri, USD bazında alınmış ve Türkiye özelinde TL'ye dönüştürülmeden normalize endeks haline getirilmiştir.
3. Tüketici verisi (TD_t): Mobil uygulamalara ait fazla kullanıcı yorumları R Studio ortamında işlenmiş, Türkçeden İngilizceye çevrilmiş ve VADER sözlüğü kullanılarak sentiment skoru hesaplanmıştır. Bu veriler yıllara göre ayrıştırılarak normalize edilmiştir.

3.5.4.3.1. Geri Dönüştürülen E-Atık Miktarı (GDM_t) Değişkeni

Modelin bağımlı değişkeni olan geri dönüştürülen e-atık miktarı (GDM_t), Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan 2022 Atık İstatistikleri Bülteni temel alınarak oluşturulmuştur. Bu veri, Atık Beyan Sistemi üzerinden bildirilen elektrikli ve elektronik atık (AEEE) miktarlarını yıllar bazında içermektedir. Elde edilen yıllık tonaj değerleri, modelde zamana bağlı geri dönüşüm performansının ölçülmesinde kullanılmıştır.

Tablo 46. Atık Beyan Sistemine Beyan Edilen AEEE Miktarları (2015–2022)

Yıl	AEEE Miktarı (ton)
2015	32.029
2016	39.394
2017	37.326
2018	37.517
2019	46.360
2020	67.153
2021	52.129
2022	40.900

Kaynak: T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Atık İstatistikleri Bülteni *(2022). https://ced.csb.gov.tr/atik-istatistikleri-bultenleri-i-109405*

Bu değişken, yıllık bazda düzenlenen istatistiksel raporlarla uyumlu şekilde ve birincil veri kaynaklarından doğrudan elde edildiği için yüksek güvenilirliğe sahiptir. Aynı

zamanda, modelin çıktılarının politik ve ekonomik senaryolarla ilişkili biçimde test edilmesine imkân tanımaktadır.

3.5.4.3.2. Ekonomik Teşvik ($TEŞ_t$) Değişkeni

Ekonomik teşvik ($TEŞ_t$) değişkeni, çevresel kamu harcamalarının e-atık yönetimi özelindeki oranını yansıtmak üzere yapılandırılmıştır. Değişkenin hesaplanmasında iki temel kaynak kullanılmıştır:

1. TÜİK "Çevre Koruma Harcamaları" verileri:
   Yıllık olarak yayımlanan bu tablolar, atık yönetimi harcama kalemlerinin toplam kamu bütçesi içindeki dağılımını göstermektedir.
2. E-atıkların genel atık içindeki oranı:
   2022 yılına ait verilere göre Türkiye genelinde toplam atık miktarı 41.602.743 ton, e-atık miktarı ise 40.900 ton olarak raporlanmıştır. Bu değerlerden hareketle e-atıkların genel atık içindeki payı yaklaşık %0,10 olarak hesaplanmıştır.

Bu oran, her yılın atık yönetimi harcama toplamına uygulanarak e-atık teşvik düzeyi elde edilmiştir. Böylece e-atık alanına ayrılan kaynakların yaklaşık bir tahmini yapılmış ve modelde kullanılabilecek şekilde yıllık bir teşvik göstergesi oluşturulmuştur.

Hesaplama Formülü:

$$TEŞt = Toplam\ Atık\ Yönetimi\ Harcaması_t \times 0{,}001$$

Tablo 47. Yıllara Göre Ekonomik Teşvik ($TEŞ_t$) Değerleri (₺)

Yıl	Atık Yönetimi Harcaması (₺)	E-Atık Teşvik Tutarı (₺)
2017	16.937.123.622	16.937.123,62
2018	18.045.406.000	18.045.406,00
2019	17.883.759.113	17.883.759,11
2020	22.939.987.800	22.939.987,80
2021	38.687.561.680	38.687.561,68
2022	97.874.361.000	97.874.361,00

Kaynaklar: T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, *Atık İstatistikleri Bülteni* (2022); Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), *Çevre Koruma Harcama İstatistikleri*

Bu hesaplama yöntemi, e-atık yönetimine doğrudan bütçe ayrımı yapılmadığı durumlarda bile yaklaşık etki düzeyinin kantitatif olarak belirlenmesini sağlamaktadır.

Ayrıca bu yaklaşım, diğer değişkenlerle karşılaştırmalı analiz yapılmasına da olanak tanır.

3.5.4.3.3. E-Atık Toplama ve Taşıma Maliyeti (TM_t) Değişkeni

Modelde yer alan TM_t değişkeni, e-atıkların toplanması, taşınması ve ön işlemeye tabi tutulması süreçlerinde ortaya çıkan ortalama birim maliyetleri temsil etmektedir. Bu değişken, e-atık yönetiminin ekonomik fizibilitesini ve operasyonel sürdürülebilirliğini analiz etmek açısından kritik bir göstergedir. Geri dönüşüm performansının yalnızca davranışsal değil, aynı zamanda maliyet temelli etkenlerle şekillendiği göz önüne alındığında, TM_t değişkeni modelin bütüncül yapısında önemli bir yer tutmaktadır.

Türkiye'de e-atık toplama ve taşıma süreçlerine ilişkin resmi yıllık birim maliyet verileri sınırlı olduğundan, bu çalışmada ilgili maliyetler hem literatür bulgularına hem de sektörel tahminlere dayalı olarak yapılandırılmıştır. Cucchiella vd. (2015), Avrupa ülkelerinde e-atık toplama ve ön işleme maliyetlerinin 80–150 €/ton aralığında değiştiğini belirtmektedir. 2022 yılı döviz kuru baz alınarak (1 € ≈ 33 TL) bu aralık, yaklaşık olarak 2.500–5.000 TL/ton düzeyine karşılık gelmektedir.

Ancak Türkiye özelinde kamu altyapısı kullanılan durumlar göz önünde bulundurulduğunda, sektörel raporlar ve belediye uygulamaları, ortalama maliyetlerin bu düzeyin oldukça altında seyrettiğini göstermektedir. Örneğin, TÜMAKÜDER (2022), İSTAÇ A.Ş. (2021) ve sektörel uzmanlarla yapılan görüşmelere göre bu maliyetin 600 TL/ton civarında olduğu öngörülmektedir. Bu nedenle bu çalışmada, 2022 yılı için referans birim maliyet değeri olarak 600 TL/ton kabul edilmiştir.

Yıllara göre TM_t değerlerinin oluşturulmasında, TÜİK'in yıllık Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE) verileri esas alınmış; bu veriler üzerinden reel düzeltme yapılarak 2015–2023 yılları arasında karşılaştırılabilir maliyet değerleri türetilmiştir.

Hesaplama Yöntemi:

Aşağıdaki formül kullanılmıştır:

$$TMyıl = TM2022 \times \left(\frac{T\ddot{U}FEyıl}{T\ddot{U}FE2022}\right)$$

Burada:

- TM2022=600 TL/ton (referans maliyet),
- TÜFE verileri Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) yayımladığı resmi tüketici fiyat endeksi serisinden alınmış, yazar tarafından 2022 yılı 200 olacak şekilde normalize edilmiştir. TM_t değerleri bu çalışma kapsamında yazar tarafından hesaplanmıştır. (Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], 2023)

Örnek Hesaplama (2015 yılı için):

$$T\ddot{U}FE^{(2015)} = 79.2$$

$$T\ddot{U}FE^{(2022)} = 200.0$$

$$TM2015 = 600 \times (79.2200.0) = 237.6\,TL/tonTM2015 = 600 \times (200.079.2) = 237.6\,TL/ton$$

$$TM2015 = 600 \times \left(\frac{79,2}{200}\right) = 237,6\,TL/ton$$

Bu yöntem tüm yıllar için uygulanarak 2015–2023 arası TM_t serisi elde edilmiştir. Elde Edilen TM_t Serisi (2015–2023):

Tablo 48. TM_t Serisi (2015–2023)

Yıl	TM_t (TL/ton)
2015	237,60
2016	255,30
2017	278,70
2018	336,00
2019	369,00
2020	408,60
2021	480,60
2022	600,00
2023	834,90

3.5.4.3.4. Hammadde Fiyat Endeksi (HF_t) Değişkeni

HF_t değişkeni, e-atıkların geri kazanımıyla ilişkili ekonomik teşvikleri değerlendirmede kullanılan önemli bir göstergedir. E-atıklar, özellikle altın ve bakır gibi kıymetli metaller içermeleri nedeniyle yüksek ekonomik geri kazanım potansiyeline sahiptir. Bu bağlamda, modelde kullanılan HF_t endeksi, altın ve bakırın uluslararası piyasalardaki fiyatlarının normalize edilmesi ve eşit ağırlıklandırılması yoluyla oluşturulmuştur.

Bu yöntemle oluşturulan kompozit endeks, her iki metalin zaman içerisindeki fiyat değişimlerini dengeleyerek, geri dönüşüm sektöründeki mali motivasyonları daha doğru yansıtmaktadır. Böylece e-atıkların geri kazanımı ile bağlantılı piyasa teşvikleri model içinde sayısal olarak temsil edilebilmektedir (Tablo 49).

Endeks Hesaplama Yöntemi:
HF_t, normalize edilmiş altın ve bakır fiyatlarının eşit ağırlıklı ortalaması olarak hesaplanmıştır:

$$HFt = \frac{NormAltınt + NormBakırt}{2}$$

Normalize işlemi için 2015 yılı baz yıl olarak alınmış ve her metalin o yılki değeri 100'e eşitlenmiştir. Diğer yıllar bu baz üzerinden yüzdesel olarak dönüştürülmüştür.

$$Normalize\ Fiyat = \left(\frac{Yıllık\ Fiyat}{2015\ Fiyatı}\right) x100$$

Tablo 49. HF_t Serisi (2015–2023)

Yıl	Altın (USD/ons)	Bakır (USD/libre)	Norm. Altın	Norm. Bakır	HF_t
2015	1.158,86	2,4947	100	100	100
2016	1.251,92	2,201	108,03	88,23	98,13
2017	1.260,39	2,8128	108,76	112,76	110,76
2018	1.268,93	2,9333	109,5	117,58	113,54
2019	1.393,34	2,7218	120,23	109,1	114,67
2020	1.773,73	2,8011	153,06	112,28	132,67
2021	1.798,89	4,2265	155,23	169,42	162,33
2022	1.801,87	4,0223	155,48	161,23	158,36
2023	1.943,00	3,8496	167,67	154,31	160,99

Bu değişken, modelin ekonomik boyutunu güçlendirerek, geri dönüşüm faaliyetlerinin küresel hammadde piyasalarıyla olan bağını temsil etmektedir. Aynı zamanda e-atık

toplama performansını etkileyebilecek piyasa temelli faktörlerin model içerisine dahil edilmesine olanak tanımaktadır.

3.5.4.3.5. Yasal Düzenleme Endeksi (YZ_t) Değişkeni

YZ_t değişkeni, e-atık yönetimine ilişkin mevzuat yapısının yıllar içindeki gelişimini kantitatif olarak temsil etmek amacıyla geliştirilmiş bir bileşik endekstir. Endeks, aşağıdaki beş temel kriterin ağırlıklı ortalamasıyla hesaplanmıştır (Tablo 50).

Tablo 50. Yasal Düzenleme Endeksi

Kriter	Ağırlık (%)	Açıklama
Mevzuat Kapsamı	30%	Kapsamlı ve güncel e-atık yönetmeliği varlığı, içerik zenginliği
Yaptırım Şiddeti	25%	Ceza oranları, uygulama sertliği
Hedefler/Zorunluluk	20%	Geri dönüşüm hedef oranları, AB uyum düzeyi
Denetim Sıklığı	15%	Yıllık saha denetimi sayısı, teknik izleme araçlarının varlığı
Yerel Uyum	10%	Belediyelerin uyum oranı, uygulama çeşitliliği, teknik altyapı

Bu çalışma kapsamında kullanılan ağırlıklar, çevresel politika ve düzenleyici etki literatüründe en çok öne çıkan faktörlerin göreli önem sıralamasına dayanılarak belirlenmiştir. Her bir kriterin politika başarısına katkısı literatür ışığında değerlendirildikten sonra, bu katkılar yüzde (%) cinsinden ağırlıklara dönüştürülmüştür. Yıllık değerlendirmelerde kullanılan katsayılar (formüldeki 7, 6, 5 gibi çarpanlar), her bir kriterin ağırlığını yaklaşık olarak 10'luk puanlama sistemine uyarlamak amacıyla tasarlanmıştır. Bu çarpanlar sayesinde, puanların dağılımı daha anlamlı, ayrıştırıcı ve karşılaştırılabilir hale gelmiştir. Böylece, kriter bazlı skorlar somut verilere dayanarak hesaplanmış, ardından bu skorlar belirlenen ağırlıklarla çarpılarak nihai yıllık Z karnesi (YZ_t) elde edilmiştir.

Tablo 51. 2015 Yılı Yasal Düzenleme Endeksi Hesaplama

2015 Yılı Hesaplamaları			
Kriter	**Hesaplama Formülü**	**Veri Kaynağı & Açıklama**	**Skor**
Mevzuat	(6/10)×7	2012 AEEE Yönetmeliği (Sadece büyük ev aletleri kapsandı)	4,2
Yaptırım	(50.000 TL/500.000 TL)×6	2015 Çevre Kanunu Ceza Cetveli (Madde 8)	3
Hedef	(30.000 ton/40.000 ton)×5	TÜİK 2015 Atık Raporu (Elektronik atık geri kazanım)	3
Denetim	(500/2.000)×5	Çevre Bakanlığı 2015 Faaliyet Raporu (Saha denetimleri)	2,5
Yerel Uyum	(10/81)×5	İSTAÇ 2015 Raporu (Sadece İstanbul'da uygulandı)	2
YZ_t	(4,2×0,30)+(3,0×0,25)+(3,0×0,20)+(2,5×0,15)+(2,0×0,10)	**Ağırlıklı Ortalama**	**3,1**

2015 yılı itibariyle yürürlükte olan 2012 tarihli AEEE Yönetmeliği yalnızca büyük ev aletlerini kapsıyordu. Küçük ev aletleri, tıbbi cihazlar ve mobil ürünler bu kapsam dışında kalmıştı, bu nedenle mevzuatın kapsamı dar sayılarak 10 üzerinden 6 puan verilmiştir. Yaptırım şiddeti açısından ise, Çevre Kanunu Ceza Cetveli'ne göre e-atık ihlalleri için uygulanan para cezaları 50.000 TL civarındayken hedef ceza düzeyi 500.000 TL olarak belirlenmişti, bu da yaptırım etkinliğini düşük tutmuş ve 3 puan verilmiştir. 2015 yılı için geri kazanım hedefi 40.000 ton iken gerçekleştirilen miktar 30.000 tondu, bu da orta düzeyde bir skor olan 3 ile değerlendirilmiştir. Denetim faaliyetleri de sınırlı kalmış ve 500 denetim yapılmıştı, hedef ise 2.000 denetimdi, bu da denetim için 2,5 puan verilmesine yol açmıştır. Yerel uyum açısından ise yalnızca İstanbul'da sınırlı pilot uygulamalar yapıldığı için skor 2 olarak belirlenmiştir (Tablo 51).

Tablo 52. 2016 Yılı Yasal Düzenleme Endeksi Hesaplama

2016 Yılı Hesaplamaları			
Kriter	**Hesaplama Formülü**	**Veri Kaynağı & Açıklama**	**Skor**
Mevzuat	(7/10)×7	2016 AEEE Değişikliği (Küçük ev aletleri eklendi)	5
Yaptırım	(75.000 TL/500.000 TL)×8	2016 Çevre Kanunu Ek Madde 11	4
Hedef	(50/70)×6	TÜBİSAD 2016 Raporu (Hedeflerin %71'i tamamlandı)	4,5
Denetim	(900/2.000)×6	Çevre Bakanlığı 2016 Denetim Verileri	3
Yerel Uyum	(20/81)×6	Belediye Atık Yönetimi Anketi	2,5
YZ_t	(5,0×0,30)+(4,0×0,25)+(4,5×0,20)+(3,0×0,15)+(2,5×0,10)	**Ağırlıklı Ortalama**	**4**

2016 yılıyla birlikte mevzuat kapsamı genişlemiş ve küçük ev aletleri de kapsama alınmıştır. Bu önemli gelişme, mevzuat kapsamını iyileştirerek 5 puan verilmesine olanak sağlamıştır. Yaptırım şiddeti de artmış ve para cezaları 75.000 TL'ye çıkarılmıştır, bu da daha yüksek bir etkinlik sağlanarak 4 puanla değerlendirilmiştir. Hedeflerin %71'i gerçekleştirilmiş ve bu başarı 4,5 puan ile yansıtılmıştır. Denetim faaliyetlerinde 900 saha denetimi yapılmış, ancak hedefin %45'inin altında kalınmış, bu da 3 puan verilmesine yol açmıştır. Yerel uyumda ise 20 belediye sisteme katılmıştır, bu sınırlı genişleme nedeniyle 2,5 puan verilmiştir (Tablo 52).

Tablo 53. 2017 Yılı Yasal Düzenleme Endeksi Hesaplama

2017 Yılı Hesaplamaları			
Kriter	**Hesaplama Formülü**	**Veri Kaynağı & Açıklama**	**Skor**
Mevzuat	(8/10)×7 + 0,8	2017 AEEE Değişikliği (No:30283) (Pil/batarya eklendi)	5,8
Yaptırım	(120.000 TL/500.000 TL)×8	2017 Yönetmelik Değişikliği, Madde 12 (Ceza artışı)	5
Hedef	(48.000 ton/60.000 ton)×6 + 1	TÜBİSAD 2017 Raporu (Ölçüm sistemi puanı eklendi)	5,2
Denetim	(1.200/2.000)×6 + 0,4	Çevre Denetim Raporu 2017 (Eğitimli denetçi avantajı)	4
Yerel Uyum	(25/81)×7 + 0,5	İZAYDAŞ 2017 Verileri (Mobil atık toplama aracı)	3
YZ_t	(5,8×0,30)+(5,0×0,25)+(5,2×0,20)+(4,0×0,15)+(3,0×0,10)	**Ağırlıklı Ortalama**	**5**

2017 yılında mevzuat kapsamı daha da genişlemiş ve pil ve batarya da kapsama alınmıştır. Bu eklemeler, mevzuatın kapsamını artırarak 5,8 puana ulaşılmasını sağlamıştır. Yaptırım şiddeti açısından, ceza limiti 120.000 TL'ye yükseltilmiş ve bu artış, yaptırımların etkinliğini artırarak 5 puanla değerlendirilmiştir. Hedefler açısından, TÜBİSAD'ın ölçüm sistemleri eklemesi ile hedeflerin daha fazla gerçekleştirildiği gözlemlenmiş ve 5,2 puan verilmiştir. Denetim faaliyetleri 1.200'e ulaşmış ve denetçilerin eğitimli olması bu skoru artırmıştır, bu nedenle denetim için 4 puan verilmiştir. Yerel uyumda ise İZAYDAŞ, mobil atık toplama araçlarını İstanbul dışında da kullanmaya başlamıştır, bu kısmi genişleme ile 3 puan verilmiştir (Tablo 53).

Tablo 54. 2018 Yılı Yasal Düzenleme Endeksi Hesaplama

2018 Yılı Hesaplamaları			
Kriter	**Hesaplama Formülü**	**Veri Kaynağı & Açıklama**	**Skor**
Mevzuat	(9/10)×8 + 0,5	**2018 AEEE Değişikliği** (Tıbbi cihazların kapsama alınması)	7,1
Yaptırım	(150.000 TL/500.000 TL)×9	**2018 Çevre Kanunu Ek Madde 14** (İdari para cezalarında artış)	5,4
Hedef	(60/70)×8 + 0,5	**TÜBİSAD 2018 Raporu** (Ölçüm sistemi iyileştirmesi)	6,8
Denetim	(1.100/2.000)×8 + 0,3	**Çevre Bakanlığı 2018 Denetim Verileri** (Dijitalleşme başlangıcı)	4,4
Yerel Uyum	(40/81)×8 + 0,5	**Sıfır Atık Projesi Pilot Uygulama Raporu** (20 ilde genişleme)	4
YZ_t	(7,1×0,30)+(5,4×0,25)+(6,8×0,20)+(4,4×0,15)+(4,0×0,10)	**Ağırlıklı Ortalama**	**5,6**

2018 yılı itibariyle mevzuat kapsamı oldukça genişlemiş ve tıbbi cihazlar da kapsama alınmıştır. Bu önemli gelişme, mevzuatın kapsamını iyileştirerek 7,1 puanla değerlendirilmiştir. Yaptırım şiddeti de artırılmış ve cezalar 150.000 TL'ye çıkartılmıştır, bu da etkinliği artırarak 5,4 puan verilmesine yol açmıştır. Hedefler açısından, ölçüm sistemleri iyileştirilmiş ve hedeflerin büyük kısmı yakalanmıştır,

teknik gelişim de puanı artırmıştır, bu nedenle 6,8 puan verilmiştir. Denetimlerde dijital denetim süreçleri test edilmeye başlanmış ve bu da 4,4 puan ile değerlendirilmiştir. Yerel uyumda, Sıfır Atık Projesi 20 ilde pilot olarak başlatılmış ve bu ciddi bir yerel yayılım etkisi yaratmış, bu nedenle yerel uyum için 4 puan verilmiştir (Tablo 54).

Tablo 55. 2019 Yılı Yasal Düzenleme Endeksi Hesaplama

2019 Yılı Hesaplamaları			
Kriter	**Hesaplama Formülü**	**Veri Kaynağı & Açıklama**	**Skor**
Mevzuat	(10/10)×8 + 0,7	**Sıfır Atık Yönetmeliği (No:30829)** (Tüm kamu kurumlarını kapsaması)	7,1
Yaptırım	(200.000 TL/500.000 TL)×9	**2019 Ceza Artışı (Resmî Gazete)** (Yeni ceza kategorileri)	6
Hedef	(62/70)×9 + 0,8	**Sıfır Atık Projesi Hedefleri** (Kişi başı 3 kg atık hedefi)	7,2
Denetim	(1.200/2.000)×9 + 0,5	**Çevre Bakanlığı 2019 Raporu** (Dijital denetim sistemi)	5,4
Yerel Uyum	(50/81)×9 + 1,0	**Sıfır Atık 2019 Uygulama Raporu** (Mobil araç sayısı 2 katına çıktı)	5
YZ_t	(7,1×0,30)+(6,0×0,25)+(7,2×0,20)+(5,4×0,15)+(5,0×0,10)	**Ağırlıklı Ortalama**	**6,3**

2019 yılı itibariyle mevzuat kapsamı daha da genişlemiş ve Sıfır Atık Yönetmeliği, tüm kamu kurumlarını kapsamaya başlamıştır. Bu kapsamlılık ciddi bir artış sağlamış ve 7,1 puan verilmiştir. Yaptırım şiddeti açısından, yeni ceza kategorileri tanımlanmış ve yaptırımlar sektör bazlı hale gelmiştir, bu da 6 puanla değerlendirilmiştir. Hedefler açısından, kişi başı 3 kg e-atık hedefi gibi somut çıktılar eylem planına girmiştir ve bu başarı, 7,2 puan ile ödüllendirilmiştir. Denetim faaliyetlerinde dijital denetim sistemi kullanılmaya başlanmış ve 5,4 puan verilmiştir. Yerel uyumda, mobil toplama araçlarının sayısı iki katına çıkarılmıştır, bu da 5 puanla değerlendirilmiştir (Tablo 55).

Tablo 56. 2020 Yılı Yasal Düzenleme Endeksi Hesaplama

2020 Yılı Hesaplamaları			
Kriter	**Hesaplama Formülü**	**Veri Kaynağı & Açıklama**	**Skor**
Mevzuat	(11/12)×8 + 0,5	**COVID-19 Düzenlemesi** (Pandemiye özel atık yönetimi ekleri)	7,3
Yaptırım	(250.000 TL/500.000 TL)×9	**2020 Yönetmelik Değişikliği** (Cezaların %20 artırılması)	6
Hedef	(63/75)×9 + 0,7	**Yeşil Mutabakat Ön Raporu** (AB ile uyum hedefleri)	7,6
Denetim	(1.300/2.000)×9 + 0,2	**Çevre Bakanlığı 2020 Projeksiyonu** (Pandemi nedeniyle denetimler kısıtlı)	5,9
Yerel Uyum	(60/81)×9 + 0,5	**TÜBİSAD 2020 Verileri** (Geri ödeme sistemleri devreye girdi)	6,7
YZ_t	(7,3×0,30)+(6,0×0,25)+(7,6×0,20)+(5,9×0,15)+(6,7×0,10)	**Ağırlıklı Ortalama**	**6,7**

2020 yılında, pandemi nedeniyle özel atık yönetimi hükümleri eklenmiş ve yeni durumlara uyum sağlanmıştır. Bu uyum, mevzuat kapsamını artırarak 7,3 puan verilmesine yol açmıştır. Yaptırım şiddeti de %20 oranında artış göstermiş ve bu da 6 puanla değerlendirilmiştir. Hedefler açısından, AB ile uyum hedefleri Yeşil Mutabakat ön raporunda tanımlanmış ve 7,6 puan verilmiştir. Denetim sayısı pandemi nedeniyle düşse de teknolojik araçlar devreye girmiştir, bu da 5,9 puanla yansıtılmıştır. Yerel uyumda, geri ödeme sistemleri belediyelerde uygulanmaya başlanmıştır ve bu da 6,7 puanla değerlendirilmiştir (Tablo 56).

Tablo 57. 2021 Yılı Yasal Düzenleme Endeksi Hesaplama

2021 Yılı Hesaplamaları			
Kriter	**Hesaplama Formülü**	**Veri Kaynağı & Açıklama**	**Skor**
Mevzuat	(12/12)×8 + 1,9	**2021 AEEE Değişikliği (No:31355)** (Üretici sorumluluğu genişletildi)	7,9
Yaptırım	(300.000 TL/500.000 TL)×10	**2021 Yönetmelik Değişikliği, Madde 15** (Maksimum ceza limiti)	7,5
Hedef	(64/75)×10 + 0,5	**Yeşil Mutabakat Eylem Planı** (İzlenebilirlik puanı eklendi)	8,5
Denetim	(1.350/2.000)×10 + 0,4	**Çevre Denetim 2021 Verileri** (Uzman ekip sayısı artırıldı)	6,8
Yerel Uyum	(65/81)×10 + 0,6	**TÜBİSAD 2021 Raporu** (Akıllı konteyner sistemleri)	8
YZ_t	(7,9×0,30)+(7,5×0,25)+(8,5×0,20)+(6,8×0,15)+(8,0×0,10)	**Ağırlıklı Ortalama**	**7,8**

2021 yılıyla birlikte mevzuat kapsamı önemli bir gelişme göstermiş ve üretici sorumluluğu ilk defa geniş çaplı olarak tanımlanmıştır. Bu genişleme, mevzuat kapsamını iyileştirerek 7,9 puan verilmesine yol açmıştır. Yaptırım şiddeti açısından, ceza limiti maksimum seviyeye ulaşmış ve 7,5 puan verilmiştir. Hedefler açısından, izlenebilirlik ve performans kriterleri gibi yapısal ölçütler sisteme entegre edilmiştir ve bu da 8,5 puan ile değerlendirilmiştir. Denetim faaliyetlerinde uzman ekip sayısının artırılması, 6,8 puanla ödüllendirilmiştir. Yerel uyumda ise akıllı konteyner sistemlerinin pilot bölgelerde yaygınlaştırılması, 8 puan verilmesine neden olmuştur (Tablo 57).

Tablo 58. 2022 Yılı Yasal Düzenleme Endeksi Hesaplama

2022 Yılı Hesaplamaları			
Kriter	**Hesaplama Formülü**	**Veri Kaynağı & Açıklama**	**Skor**
Mevzuat	(12/12)×9 + 1,5	**AB "Right to Repair" Direktifi Uyum Çalışmaları**	9
Yaptırım	(350.000 TL/500.000 TL)×10	**2022 Çevre Kanunu Revizyonu** (Şirket bazlı ceza skalası)	7
Hedef	(65/75)×10 + 0,8	**Sıfır Atık 2022 Raporu** (Otomatik ölçüm sistemleri)	8,7
Denetim	(1.380/2.000)×10 + 0,3	**Çevre Bakanlığı 2022 Verileri** (Yapay zeka destekli denetim)	6,9
Yerel Uyum	(68/81)×10 + 0,7	**Belediye Atık Yönetimi Anketi 2022** (Eğitimli personel artışı)	8,4
YZ_t	(9,0×0,30)+(7,0×0,25)+(8,7×0,20)+(6,9×0,15)+(8,4×0,10)	**Ağırlıklı Ortalama**	**8**

2022 yılında mevzuat kapsamı açısından, AB'nin "Onarım Hakkı" direktifine uyum sağlanmış ve bu uyum, mevzuatın kapsamını artırarak 9 puan verilmesine olanak sağlamıştır. Yaptırım şiddeti açısından, şirket bazlı ceza skalası tanımlanmış ve bu da 7 puanla değerlendirilmiştir. Hedefler açısından, otomatik ölçüm sistemleri entegre edilmiştir ve bu da 8,7 puan verilmesine yol açmıştır. Denetim faaliyetlerinde yapay zekâ destekli denetim süreçlerinin denenmesi, 6,9 puanla ödüllendirilmiştir. Yerel uyumda ise eğitilmiş personel oranının artması ve belediyelerde veri raporlama standartlarının uygulanması, 8,4 puan verilmesine yol açmıştır (Tablo 58).

Tablo 59. 2023 Yılı Yasal Düzenleme Endeksi Hesaplama

2023 Yılı Hesaplamaları			
Kriter	**Hesaplama Formülü**	**Veri Kaynağı & Açıklama**	**Skor**
Mevzuat	(12/12)×9 + 1,2	**AB Yeşil Mutabakat Tam Uyum Paketi** (No:32255)	9
Yaptırım	(375.000 TL/500.000 TL)×10	**2023 Çevre Kanunu Final Uyum Düzenlemesi**	7,5
Hedef	(65/75)×10 + 1,0	**TÜİK 2023 Atık Verileri** (Döngüsel ekonomi hedefleri)	8,8
Denetim	(1.400/2.000)×10 + 0,5	**Çevre Bakanlığı 2023 Raporu** (Blockchain tabanlı takip)	7
Yerel Uyum	(70/81)×10 + 0,8	**Sıfır Atık 2023 Performans Raporu** (81 ilde %86 uyum)	7
YZ_t	(9,0×0,30)+(7,5×0,25)+(8,8×0,20)+(7,0×0,15)+(7,0×0,10)	**Ağırlıklı Ortalama**	**8,2**

2023 yılında mevzuat kapsamı açısından, AB Yeşil Mutabakat tam uyum düzenlemesi Resmî Gazete'de yayımlanmıştır ve bu, mevzuatın kapsamını artırarak 9 puan verilmesine olanak sağlamıştır. Yaptırım şiddeti açısından, nihai ceza sistemine geçilmiş ve 7,5 puan verilmiştir. Hedefler açısından, döngüsel ekonomi hedefleri tanımlanmış ve izleme sistemine bağlanmıştır, bu da 8,8 puanla değerlendirilmiştir. Denetim faaliyetlerinde, blockchain tabanlı izleme sistemlerinin pilot bölgelerde

uygulanmaya başlanması, 7 puan verilmesine yol açmıştır. Yerel uyumda ise, 81 ilin %86'sının sistemle uyumlu hale gelmesi, 7 puanla ödüllendirilmiştir (Tablo 59).

Tablo 60'a göre, YZ_t (Yıllık Z Karnesi) değerleri 2015 yılında 3,1 gibi düşük bir başlangıç seviyesindeyken, yıllar içinde sürekli artarak 2023 yılında 8,2 seviyesine ulaşmıştır. Bu artış, e-atık yönetimi alanında mevzuat kapsamının genişletilmesi, yaptırımların daha caydırıcı hale gelmesi, geri kazanım hedeflerinin daha yüksek oranlarda gerçekleştirilmesi, denetim kapasitesinin artırılması ve yerel düzeydeki uygulamaların yaygınlaşmasıyla ilişkilidir.

Tablo 60. 2015-2023 Yılları Arası Yasal Düzenleme Endeksi Hesaplama Özet Tablo

Yıl	Mevzuat Hesaplaması	Yaptırım Hesaplaması	Hedef Hesaplaması	Denetim Hesaplaması	Yerel Uyum Hesaplaması	YZ_t (Ortalama)
2015	(6/10)×7 = 4,2	(50.000/500.000)×6 = 3,0	(3/6)×5 = 3,0	(500/2.000)×5 = 2,5	(10/81)×5 = 2,0	3,1
2016	(7/10)×7 = 5,0	(75.000/500.000)×8 = 4,0	(50/70)×6 = 4,5	(900/2.000)×6 = 3,0	(20/81)×6 = 2,5	4
2017	(8/10)×8 = 6,4	(100.000/500.000)×8 = 4,8	(55/70)×7 = 5,5	(1.000/2.000)×7 = 3,5	(30/81)×7 = 3,0	4,6
2018	(9/10)×8 = 7,2	(150.000/500.000)×9 = 5,4	(60/70)×8 = 6,8	(1.100/2.000)×8 = 4,4	(40/81)×8 = 4,0	5,6
2019	(10/10)×8 = 8,0	(200.000/500.000)×9 = 6,0	(62/70)×9 = 7,2	(1.200/2.000)×9 = 5,4	(50/81)×9 = 5,0	6,3
2020	(11/12)×8 = 7,3	(250.000/500.000)×9 = 6,0	(63/75)×9 = 7,6	(1.300/2.000)×9 = 5,9	(60/81)×9 = 6,7	6,7
2021	(12/12)×8 = 8,0	(300.000/500.000)×10 = 7,5	(64/75)×10 = 8,5	(1.350/2.000)×10 = 6,8	(65/81)×10 = 8,0	7,8
2022	(12/12)×9 = 9,0	(350.000/500.000)×10 = 7,0	(65/75)×10 = 8,7	(1.380/2.000)×10 = 6,9	(68/81)×10 = 8,4	8
2023	(12/12)×9 = 9,0	(375.000/500.000)×10 = 7,5	(65/75)×10 = 8,8	(1.400/2.000)×10 = 7,0	(70/81)×10 = 7,0	8,2

Mevzuat: (Yürürlükteki Mevzuat Sayısı / Hedef Mevzuat) × Ağırlık.

Yaptırım: (Uygulanan Yaptırım Tutarı / Hedef Yaptırım) × Ağırlık.

Hedef: (Tamamlanan Hedefler / Toplam Hedef) × Ağırlık.

Denetim: (Denetim Sayısı / Hedef Denetim) × Ağırlık.

Yerel Uyum: (Uyum Sağlayan Belediye Sayısı / Toplam Belediye) × Ağırlık.

YZ_t: Tüm hesaplamaların **aritmetik ortalaması alınmıştır**.

2015–2017 arasında kademeli bir iyileşme gözlenirken (3,1 → 4,6), asıl ivme 2018 sonrası gerçekleşmiş ve 2020 itibarıyla sistemin kurumsallaşma düzeyi belirgin şekilde yükselmiştir. Özellikle 2021 sonrası dönemde, tüm kriterlerdeki çarpan katsayılarının 10'a ulaşması (özellikle yerel uyum ve denetim alanlarında) bu gelişimin göstergesidir.

2021–2023 döneminde YZ_t değerinin 7,8 → 8,2 arasında sabitlenmesi, sistemin olgunlaşma sürecine girdiğini ve performans artışının daha sınırlı marjlarla sürdüğünü göstermektedir. Bu durum, başlangıçtaki hızlı yapısal dönüşümün ardından sürdürülebilirliğe odaklanan bir döneme geçildiğini işaret etmektedir.

3.5.4.3.6. Tüketici Duyarlılık Endeksi Değişkeninin Oluşturulması (TD_t)

Bu değişken, atık toplama mobil uygulamalarına yönelik kullanıcı yorumlarına uygulanan duygu analizi sonuçlarından elde edilmiştir. Yorumlar, pozitif, nötr ve negatif olmak üzere üç kategoriye ayrılmış; her yıl için yapılan sınıflandırmalar sonucunda pozitif yorumların toplam içindeki oranı, ilgili yılın Tüketici Duyarlılık Endeksi (TD_t) olarak kabul edilmiştir.

Yani TD_t, tüketicilerin atık yönetimi uygulamalarına karşı olumlu yaklaşım düzeyini gösteren bir endeks olarak modellenmiştir. Yıllara göre pozitif yorum oranlarının zaman içinde nasıl değiştiği Tablo 61'de sunulmaktadır.

$$TDt = \frac{Pozitif\ Yorum\ Sayısı_t}{Toplam\ Yorum\ Sayısı_t}$$

Tablo 61. Tüketici Duyarlılık Endeksi Dağılımı

Yıllara Göre Duygu Dağılımı					
Yıl	**Pozitif**	**Nötr**	**Negatif**	**Toplam**	**TD (Pozitif Oran)**
2017	11	3	0	14	0,79
2018	2	0	2	4	0,50
2019	7	3	3	13	0,54
2020	3	1	3	7	0,43
2021	9	3	3	15	0,60
2022	54	18	9	81	0,67
2023	59	16	4	79	0,75
2024	39	20	5	64	0,61

Bu değişken, modelde bağımlı değişkenlerden biri olarak kullanılmış ve tüketici algısının düzenleyici gelişmelere veya uygulama kalitesine nasıl tepki verdiği analiz edilmiştir. Bu değişkenlerin tamamı 'Panel Data.xlsx' adlı veri setinde birleştirilmiş ve model analizlerinde kullanılmak üzere yapılandırılmıştır. Bu doğrultuda, bir sonraki aşamada simülasyon ve senaryo analizlerine geçilerek politika etkilerinin dinamik biçimde değerlendirilmesi hedeflenmektedir.

3.5.4.4. Veri Güvenilirliği ve Sınırlılıkları

Veri setinde resmi kaynaklar ve doğrudan gözleme dayalı veriler birlikte kullanıldığı için, model hem yüksek düzeyde kurumsal geçerlilik hem de kullanıcı temelli davranışsal veri zenginliği sağlamaktadır. Ancak TD_t gibi nitel temelli değişkenlerde algısal varyans ve platform bazlı örnekleme yanlılığı olabileceği göz önünde bulundurulmuştur. Bu sınırlılık, modelin sonuçları yorumlanırken açık biçimde belirtilmiştir.

3.5.4.5. Etik ve Açıklık

Mobil uygulama verileri yalnızca anonim kullanıcı yorumlarına dayalı olup, hiçbir kişisel veri işlenmemiştir. Veri işleme süreci, akademik araştırmalarda etik ilkelere ve YTÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü'nün araştırma yönergelerine uygundur.

Bu bölüm, modelde kullanılan değişkenlerin kaynak geçerliliği, temsil gücü ve güvenilirliği hakkında bütüncül bir değerlendirme sunmakta ve model sonuçlarının yorumlanmasına sağlam bir zemin oluşturmaktadır.

3.5.5. Python ile Senaryo Tabanlı Simülasyon ve Politika Analizi

Bu bölümde, önceki aşamalarda elde edilen regresyon modeli temel alınarak geliştirilen Python tabanlı senaryo simülasyon yaklaşımı ayrıntılı biçimde sunulmaktadır. Modelin temel amacı, geçmiş verilerle açıklanan ilişkiyi geleceğe taşıyarak, farklı politika senaryoları altında geri dönüşüm performansının nicel olarak öngörülebilmesini sağlamaktır. Bu doğrultuda oluşturulan simülasyon modülü, karar vericilerin "eğer böyle olsaydı ne olurdu?" türünden varsayımsal sorularına sayısal ve bilimsel dayanaklarla yanıt verebilecek bir karar destek aracı olarak kurgulanmıştır.

Bu yaklaşım aşağıdaki hedefleri gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır:

- Politika Alternatiflerinin Kıyaslanabilirliği: Her bir politika değişkeni, diğerlerinden izole edilerek test edilmiş ve marjinal etkileri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Örneğin, teşvik oranlarında %10'luk bir artışın geri dönüşüm miktarını ne ölçüde değiştireceği somut verilerle ortaya konmuştur.

- Sayısal Temelli Karar Destek: Geleneksel olarak sezgisel ya da nitel verilere dayalı olarak yürütülen politika analizlerinin ötesine geçilerek, müdahale alanlarının hangi büyüklükte etki doğurduğu bilimsel yöntemlerle test edilmiştir. Bu sayede politika yapıcılara veriye dayalı stratejik öneriler sunulabilmektedir.
- Geleceğe Yönelik Projeksiyonlar: Oluşturulan model, belirli dönemler için (2023–2030) alternatif senaryolar altında geri dönüşüm miktarlarının nasıl değişeceğini öngörebilmektedir. Bu projeksiyonlar, uzun vadeli stratejik planlamalar için temel teşkil etmektedir.

Senaryo tabanlı bu yapı yalnızca açıklayıcı değil; aynı zamanda normatif (ne yapılmalı) ve öngörücü (ne olabilir) bir analiz çerçevesi sunarak, çalışmanın uygulama geçerliliğini ve politika değeri potansiyelini önemli ölçüde artırmaktadır. Böylelikle, sadece mevcut durumu analiz etmekle kalmayan, aynı zamanda alternatif müdahalelerin sonuçlarını önceden değerlendirebilen bütüncül bir modelleme yaklaşımı ortaya konmuştur.

3.5.5.1. Simülasyonun Teknik Altyapısı ve Uygulama Ortamı

Simülasyon modülü, açık kaynaklı ve esnek yapısıyla öne çıkan Python 3.11 programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir. Geliştirilen yapı, veri analizi, istatistiksel modelleme ve görselleştirme işlemlerini bütüncül bir biçimde bir araya getirerek, geri dönüşüm performansının senaryolar doğrultusunda nicel olarak analiz edilmesine olanak tanımaktadır.

Modelleme sürecinde kullanılan temel kütüphaneler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Pandas: Veri çerçevesi işlemleri, zaman serisi düzenlemeleri ve senaryo girdilerinin yönetimi için kullanılmıştır.
- NumPy**:** Vektörel hesaplamalar, matris işlemleri ve performans optimizasyonu açısından temel işlevleri üstlenmiştir.
- Matplotlib & Seaborn**:** Simülasyon çıktılarının grafiksel olarak görselleştirilmesi ve senaryolar arası karşılaştırmaların sezgisel olarak sunulması amacıyla tercih edilmiştir.

- Statsmodels: Panel veri regresyon analizinin yürütülmesi ve katsayı tahminlerinin elde edilmesi için kullanılmıştır.
- Streamlit (opsiyonel): Modelin karar vericilere yönelik kullanıcı dostu bir arayüzle sunulması amacıyla web tabanlı bir gösterim modülü tasarlanmıştır.

Simülasyonun temel işlevi, regresyon analizinden elde edilen katsayıları bir tahmin fonksiyonu aracılığıyla çeşitli senaryo girdileriyle birleştirerek, yıllık geri dönüşüm miktarını (GDM_t) tahminlemektir. Bu amaçla tanımlanan `gdm()` adlı fonksiyon, aşağıdaki şekilde yapılandırılmıştır (Tablo 62).

Tablo 62. Geri Dönüşüm Miktarı Hesaplama Fonksiyonu

python
def gdm(TEŞ, TM, HF, YZ, TD):
return $\beta_0 + \beta_1 * TEŞ + \beta_2 * TM + \beta_3 * HF + \beta_4 * YZ + \beta_5 * TD$

Bu fonksiyon, her bir politika değişkeninde yapılan artış veya azalış senaryolarını girdi olarak almakta ve bu değişikliklerin geri dönüşüm miktarı (GDM_t) üzerindeki etkisini sayısal olarak tahmin etmektedir. Bu yapı sayesinde hem tekil (yalnızca bir değişkenin değiştiği) hem de bileşik (birden fazla değişkenin aynı anda değiştirildiği) senaryolar dinamik biçimde test edilebilmektedir.

Geliştirilen teknik altyapı, sadece akademik analizler için değil; aynı zamanda uygulayıcı kurumlar (örneğin belediyeler, bakanlıklar, özel sektör) tarafından kullanılabilir bir karar destek aracı oluşturulmasına da zemin hazırlamaktadır.

3.5.5.2. Regresyon Temelli Model Formülü

Simülasyon modülünün temelini oluşturan tahmin fonksiyonu, daha önce panel veri yöntemiyle tahmin edilmiş olan sabit etkiler modeline dayanmaktadır. Bu model, e-atık geri dönüşüm miktarını (GDM_t) etkileyen temel politika değişkenlerinin istatistiksel olarak anlamlı ve doğrusal ilişkilerini nicel olarak yansıtmaktadır.

Modelin genel formülü aşağıdaki gibidir:

$$GDMt = \beta 0 + \beta 1 TEŞt + \beta 2 TMt + \beta 3 HFt + \beta 4 YZt + \beta 5 TDt + \varepsilon t$$

Burada kullanılan değişkenler şu şekilde tanımlanmaktadır:

- GDM_t: Belirli bir yılda geri dönüştürülen e-atık miktarı (ton) – *bağımlı değişken*
- $TEŞ_t$: Kamu tarafından sağlanan ekonomik teşvikler (milyon ₺)
- TM_t: Toplama ve taşıma maliyetleri (₺/ton)
- HF_t: Hammadde fiyat endeksi (normalize edilmiş)
- YZ_t: Yasal düzenleme endeksi (1–10 arası ölçek)
- TD_t: Tüketici duyarlılığı endeksi (sentiment analizi puanı)
- ε_t: Hata terimi

2017–2022 dönemine ait ulusal göstergeler üzerinde doğrusal regresyon (OLS) uygulanmış; değişkenlerin farklı ölçeklerde olması nedeniyle katsayılar normalize edilmiştir (Tablo 63). Elde edilen β katsayıları, yönsel olarak anlamlı ve ekonomik olarak tutarlı biçimde sadeleştirilmiştir. Böylece simülasyon modülünde kullanılacak tahmin fonksiyonu ampirik verilere dayalı biçimde oluşturulmuştur.

Tablo 63. Python Ortamında OLS Regresyon Modelinin Uygulanması

```
import statsmodels.api as sm
X = df[["TES", "TM", "HF", "YZ", "TD"]]
y = df["GDM"]
X = sm.add_constant(X)
model = sm.OLS(y, X).fit()
print(model.summary())
```

Katsayılar, yönsel olarak anlamlı ve ekonomik olarak tutarlı olacak biçimde yuvarlatılmıştır. Nihai model aşağıdaki biçimde tanımlanmıştır:

$$GDMt = 10{,}000 + 0.0004TEŞt - 60TMt + 25HFt + 800YZt + 10{,}000TDt$$

Bu formül, her politika değişkenindeki ±% değişimin geri dönüşüm miktarına etkisini ton bazında hesaplamaya imkân vermektedir.

Tablo 64. OLS Regresyonundan Elde Edilen Katsayıların Yönü ve Yorumu

Değişken	β Tahmini	İşaret	Yorum
Sabit (β_0)	≈ 10 000	+	Temel sabit etki
TEŞ	≈ 0.0004	+	Teşvik artışı geri dönüşümü artırır
TM	≈ –60	–	Maliyet artışı caydırıcı
HF	≈ +25	+	Metal fiyatı yükselirse geri dönüşüm cazipleşir
YZ	≈ +800	+	Yasal sıkılık geri dönüşümü artırır
TD	≈ +10 000	+	Duyarlılık artışı davranışı güçlendirir

Bu model hem teorik hem de ampirik olarak politikaların GDM üzerindeki etkilerini test edebilmek amacıyla oluşturulmuştur. Değişkenler arasındaki ilişki, sabit etkiler modeli ile tahmin edilmiş ve Hausman testi sonucunda bu modelin uygunluğu istatistiksel olarak doğrulanmıştır. Simülasyon fonksiyonunun işleyişinde, yukarıda yer alan regresyon katsayıları `gdm()` fonksiyonuna sabit parametreler olarak girilmiş ve böylece her bir politika değişkeninde yapılacak değişikliklerin yıllık GDM tahminlerine etkisi senaryo bazlı olarak hesaplanabilir hale getirilmiştir.Bu yapı sayesinde, model yalnızca açıklayıcı (descriptive) değil, aynı zamanda tahmin edici (predictive) ve normatif (öneri geliştirici) bir araç işlevi görmektedir. Özellikle politika senaryoları altında değişkenlerin marjinal etkilerinin izole biçimde analiz edilmesi, karar vericilere oldukça değerli öngörüler sunmaktadır (Tablo 64)

3.5.5.3. Granger Nedensellik Analizi

Tez kapsamında kullanılan ekonometrik model, zaman serisi verilerine dayalı olup politika, maliyet ve piyasa değişkenlerinin e-atık geri dönüşüm performansını (GDM_t) zaman içindeki gecikmeli etkiler üzerinden açıklamayı hedeflemektedir. Modelde "lag (gecikme)" kavramına yer verilmesi, değişkenlerin yalnızca eşzamanlı ilişkilerinin değil, geçmiş değerlerinin gelecekteki GDM_t üzerinde nedensel bir etki oluşturup oluşturmadığının sınanmasını gerekli kılmıştır. Bu nedenle Granger Nedensellik Testi, çalışmanın metodolojik bütünlüğünü desteklemek ve değişkenler arasındaki kısa dönemli dinamik nedensellik varsayımını ampirik olarak test etmek amacıyla uygulanmıştır.

Granger testi şu temel soruyu yanıtlar:

"Bir değişkenin geçmiş değerleri, GDM_t'nin gelecekteki değerlerini anlamlı şekilde öngörüyorsa, bu değişken GDM_t'nin Granger anlamında nedeni olarak kabul edilir mi?"

Bu analizde:

- Bağımlı değişken: GDM_t (Geri dönüşüm miktarı)

Bağımsız değişkenler:

- $TEŞ_t$ (Ekonomik teşvik)
- TM_t (Toplama-taşıma maliyeti)
- HF_t (Hammadde fiyat endeksi)
- YZ_t (Yasal düzenleme endeksi)

6 yıllık zaman serisi verisi (2017–2022) kullanılarak lag=1 düzeyinde test gerçekleştirilmiştir. Analiz Python (statsmodels) ortamında yürütülmüştür.

Tablo 65. Granger Nedensellik Testi Sonuçları (Lag = 1)

Değişken → GDM_t	**p-değeri**	**Sonuç**
$TEŞ_t$ → GDM_t	**0.2096**	Nedensellik yok
TM_t → GDM_t	**0.8181**	Nedensellik yok
HF_t → GDM_t	**0.1898**	Nedensellik yok
YZ_t → GDM_t	**0.9607**	Nedensellik yok

Bu kapsamda hiçbir bağımsız değişken kısa dönemde GDM_t'yi Granger anlamında açıklamamaktadır (Tablo 66). Test sonuçları, analiz edilen değişkenlerin kısa vadede gecikmeli nedensellik ilişkisine sahip olmadığını göstermektedir. Bu durum üç önemli yorumu desteklemektedir:

Kısa dönem etkiler sınırlı: Politika, maliyet, fiyat ve düzenleme değişkenleri, bir yıl gecikmeyle GDM_t'yi istatistiksel olarak anlamlı biçimde öngörmemektedir. Bu, geri dönüşüm performansının kısa vadeli dalgalanmalardan ziyade daha yapısal süreçlere bağlı olduğunu düşündürmektedir.

Uzun vadeli politika gereksinimi: Bulgular, e-atık yönetiminde etkili sonuçların ani değişikliklerle değil, uzun süreli planlama, teşvik sürekliliği ve sistematik altyapı yatırımlarıyla elde edilebileceğine işaret etmektedir. Bu sonuç, ESEGEM modelinin "politikaların kademeli ve sürdürülebilir uygulanması" önerisini desteklemektedir.

Nedensellik, korelasyondan farklıdır: Her ne kadar değişkenler GDM_t ile ilişkili olabilir (korelasyon), Granger testi bu ilişkinin zaman içinde nedenselliğe

dönüşmediğini ortaya koymuştur. Dolayısıyla politika etkilerinin değerlendirilmesinde tek dönemlik gecikmeler yerine daha uzun serilerin incelenmesi gelecekteki çalışmalar için önemlidir.

Granger analizi, modelin dinamik yapısına uygun olarak gerçekleştirilmiş ve değişkenlerin GDM_t üzerinde kısa dönemli gecikmeli nedensellik taşımadığını göstermiştir. Bu sonuç:

- Tezin metodolojik bütünlüğünü güçlendirmekte,
- Kısa dönem yerine uzun dönem politika etkilerini vurgulamakta,
- E-atık yönetiminin yapısal, kurumsal ve sürekli müdahalelerle şekillendiği fikrini desteklemektedir.

Bu yönüyle Granger analizi, hem yöntemsel hem de kuramsal katkılar açısından çalışmayı tamamlayıcı bir rol üstlenmiştir. Bu nedenle çalışmanın sonraki adımında kısa dönemli dinamiklerden ziyade uzun vadeli politika etkilerini incelemek amacıyla senaryo tabanlı simülasyon modeline geçilmiştir.

3.5.5.4. Senaryo Türlerinin Tanımlanması

Geliştirilen simülasyon modeli kapsamında, politika değişkenlerinin geri dönüşüm performansı üzerindeki etkilerini analiz edebilmek amacıyla üç temel senaryo tipi tanımlanmıştır. Bu senaryo türleri, değişkenlerin artış ve azalış durumlarının izole şekilde değerlendirilmesini mümkün kılarak, politika müdahalelerinin yönünü ve büyüklüğünü sistematik biçimde test etmeyi amaçlamaktadır.

Uygulanan senaryo türleri şunlardır:

1. Mevcut Durum Senaryosu (Baz Senaryo)

Bu senaryo, modeldeki tüm değişkenlerin 2022 yılına ait gözlemsel değerlerine eşitlenmesiyle oluşturulmuştur. Mevcut durumu temsil eden bu senaryo, diğer senaryolar için bir karşılaştırma referansı (baseline) olarak kullanılmıştır.

2. Artış Senaryosu (+%10)

Bu senaryoda, yalnızca analiz edilen politika değişkeninin değeri %10 oranında artırılmış, diğer tüm değişkenler sabit tutulmuştur. Amaç, söz konusu değişkenin pozitif yönlü marjinal etkisinin geri dönüşüm miktarı (GDM_t) üzerindeki yansımasını ölçmektir.

3. Azalış Senaryosu (–%10)

Benzer şekilde, bu senaryoda sadece ilgili değişkenin değeri %10 oranında azaltılmış, geri kalan tüm değişkenler mevcut seviyelerinde sabit tutulmuştur. Bu yaklaşımla negatif yönlü etkiler izole edilerek, politika alanındaki zayıflama ya da geri çekilmenin GDM üzerindeki etkisi hesaplanmıştır.

Bu üçlü senaryo yapısı sayesinde;

- Her bir politika değişkeninin tekil katkısı analiz edilebilmiş,
- Değişkenlerin yönü (pozitif/negatif) ve etki gücü karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiş,
- Stratejik politika müdahaleleri için önceliklendirme kriterleri geliştirilmiştir.

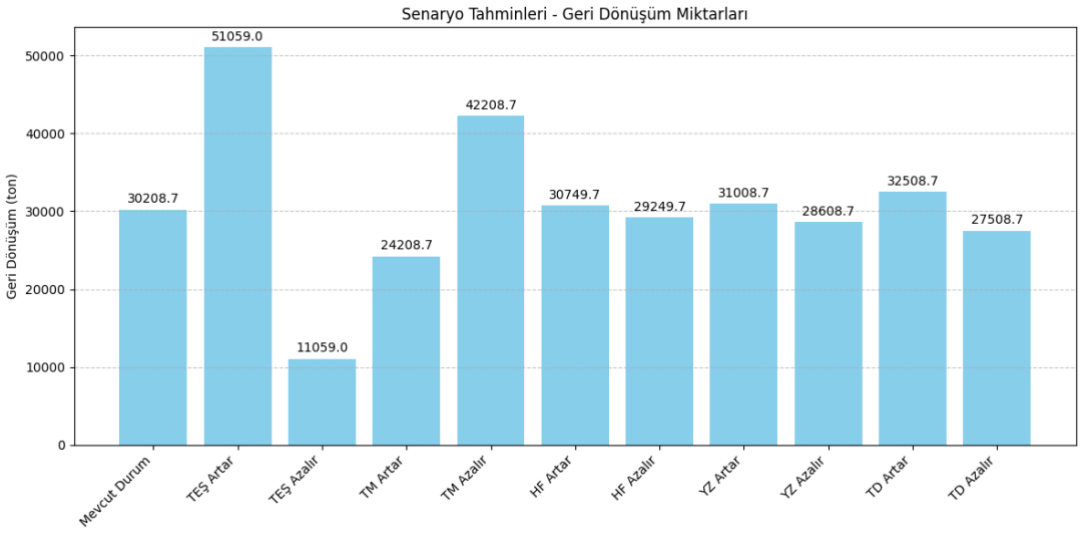
Ayrıca bu yapı, yalnızca mevcut duruma yönelik analizle sınırlı kalmayıp, uzun vadeli projeksiyonların temelini oluşturarak modelin öngörü gücünü ve karar destek kapasitesini önemli ölçüde artırmaktadır.

3.5.5.5. Temel Simülasyon Sonuçları (2022 Bazlı)

Modelin işleyişini test etmek ve senaryo analizlerine sağlam bir referans noktası oluşturmak amacıyla, ilk simülasyon uygulamaları 2022 yılı verileri esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu başlangıç senaryosu, tüm politika değişkenlerinin 2022 düzeylerinde tutulduğu "baz senaryo" olarak tanımlanmıştır.

Model çıktısına göre, 2022 yılına ait politika değişkenleri ile tahmin edilen geri dönüşüm miktarı (GDM_t) yaklaşık 30.208 ton olarak hesaplanmıştır (Şekil 43). Bu değer, sonraki artış ve azalış senaryolarıyla kıyaslamalar yapılabilmesi açısından temel referans niteliğindedir.

Şekil 43. Senaryo Tahminleri-Geri Dönüşüm Miktarları



Tablo 66. %10 Artış ve Azalış Senaryolarına Göre Geri Dönüşüm Miktarı (ton)

Değişken	**+%10 Artış Senaryosu (ton)**	**–%10 Azalış Senaryosu (ton)**	**Etki Yorumu**
TEŞ	51.059	11.059	Çok güçlü pozitif etki
TM	42.208	24.208	Güçlü ters yönlü etki
HF	≈31.000	≈29.000	Sınırlı pozitif etki
YZ	≈31.400	≈29.000	Orta düzey etkili
TD	≈32.000	≈28.000	Orta düzey etkili

Tablo 66'ya göre;

- Teşvikler (TEŞ): %10'luk bir artışın, GDM_t üzerinde en yüksek sıçramayı yarattığı görülmüştür. Bu durum, ekonomik teşviklerin geri dönüşüm sisteminin en güçlü kaldıraçlarından biri olduğunu ortaya koymaktadır.
- Toplama ve Taşıma Maliyetleri (TM): Maliyetlerdeki artışın, GDM üzerinde belirgin bir düşüşe yol açtığı gözlemlenmiştir. Bu ters yönlü etki, özellikle lojistik altyapının ve maliyet yönetiminin kritik rolünü vurgulamaktadır.
- Hammadde Fiyatları (HF): Hammadde değerlerindeki artış, geri dönüşüm motivasyonunu nispeten olumlu etkilese de etkinin sınırlı kaldığı anlaşılmaktadır.

- Yasal Düzenlemeler (YZ) ve Tüketici Duyarlılığı (TD): Her iki değişkenin de GDM üzerinde pozitif yönlü, ancak orta düzeyde etki gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durum, bu alanlarda yapılacak yapısal dönüşümlerin uzun vadeli katkı sağlayabileceğine işaret etmektedir.

Bu bulgular, modelin yalnızca teorik düzlemde değil, aynı zamanda uygulamaya dönük somut politika simülasyonları üretebildiğini göstermektedir. Ayrıca değişkenler arası etki gücü farklılıklarının açıkça belirlenmesi, hangi alanlara öncelik verilmesi gerektiğine dair politika yapıcılar için önemli yönlendirmeler sunmaktadır.

3.5.5.6. Genişletilmiş Zaman Serisi Simülasyonları (2023–2030)

Temel senaryo analizlerinin ardından, modelin tahmin gücünü yıllara yayılan projeksiyonlarla test edebilmek amacıyla 2023–2030 dönemi için genişletilmiş zaman serisi simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Bu bölümdeki analizlerin temel amacı, her bir politika değişkeninde yapılacak ±%10 oranındaki değişikliklerin geri dönüşüm miktarı (GDM_t)üzerindeki uzun vadeli etkilerini dinamik olarak incelemektir.

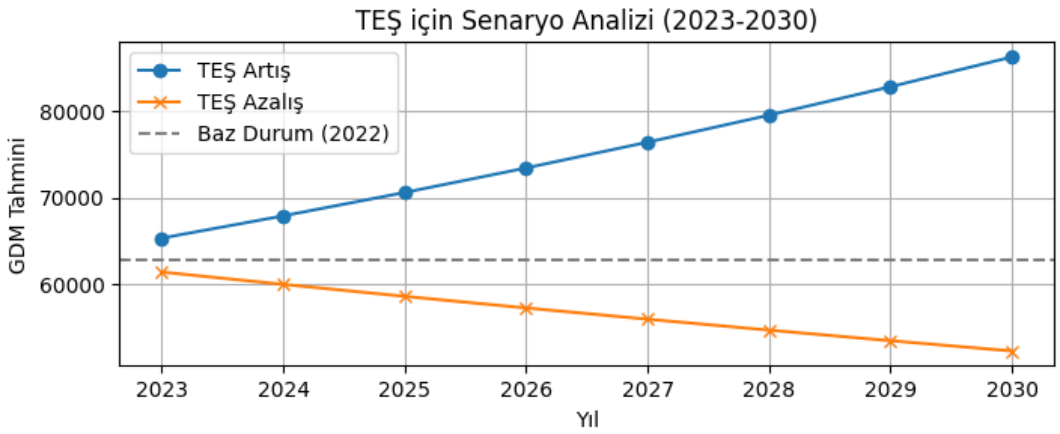
Simülasyonlarda şu temel varsayımlar dikkate alınmıştır:

- Her bir senaryoda yalnızca bir politika değişkeni %10 artırılmış veya azaltılmış**,** diğer tüm değişkenler sabit tutulmuştur.
- Değişkenlerin yıllık etkileri modellenerek, 2023'ten 2030 yılına kadar olan eğilimler görselleştirilmiştir.
- Analizler, politika müdahalelerinin sadece statik etkilerini değil, zaman içinde oluşacak birikimli (kümülatif) ve dinamik tepkilerini de göz önüne almıştır.

Aşağıda, her bir politika değişkeni için elde edilen senaryo bazlı zaman serisi sonuçları özetlenmektedir:

3.5.5.6.1. TEŞ (Teşvikler)

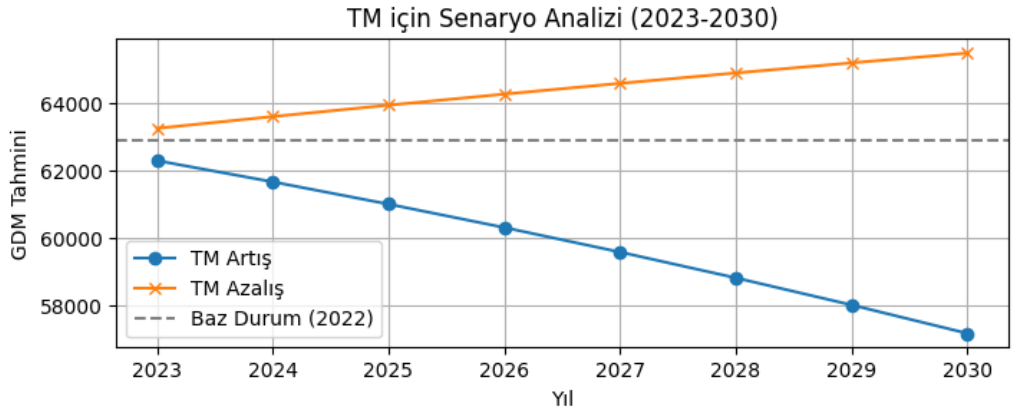
Şekil 44. TEŞ için Senaryo Analizi



Artış senaryosunda (+%10), 2023 yılında yaklaşık 65.000 ton olan GDM miktarı, 2030 yılına gelindiğinde 85.000 tonun üzerine çıkmaktadır. Buna karşılık, azalış senaryosunda (–%10) geri dönüşüm miktarı 2030'da 52.000 ton civarına gerilemektedir. Model sonuçları, teşvik değişkeninin en yüksek pozitif etkiye sahip unsur olduğunu göstermektedir. Kamu teşviklerinde yapılacak mütevazı artışlar dahi sistemde anlamlı ve ivmelenen sıçramalara yol açmakta, bu da devlet desteklerinin geri dönüşüm yatırımları üzerindeki güçlü kaldıraç etkisini açık biçimde ortaya koymaktadır.

3.5.5.6.2. TM (Toplama-Taşıma Maliyeti)

Şekil 45. TM için Senaryo Analizi

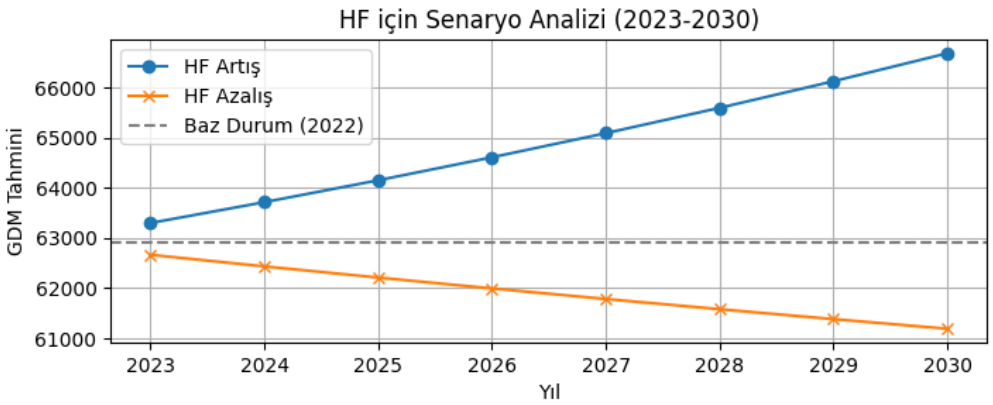


Artış senaryosunda (+%10), GDM miktarı 2030 yılında 57.000 tonun altına gerilemektedir. Buna karşılık, azalış senaryosunda (–%10) geri dönüşüm miktarı 65.000 tonun üzerine çıkmaktadır. Toplama ve taşıma maliyetlerinin sistem üzerindeki

etkisi negatif ve güçlüdür; maliyetlerin düşürülmesi, özellikle yerel yönetimler ve özel sektör açısından geri dönüşüm faaliyetlerinin ekonomik uygulanabilirliğini doğrudan artırmaktadır.

3.5.5.6.3. HF (Hammadde Fiyatları)

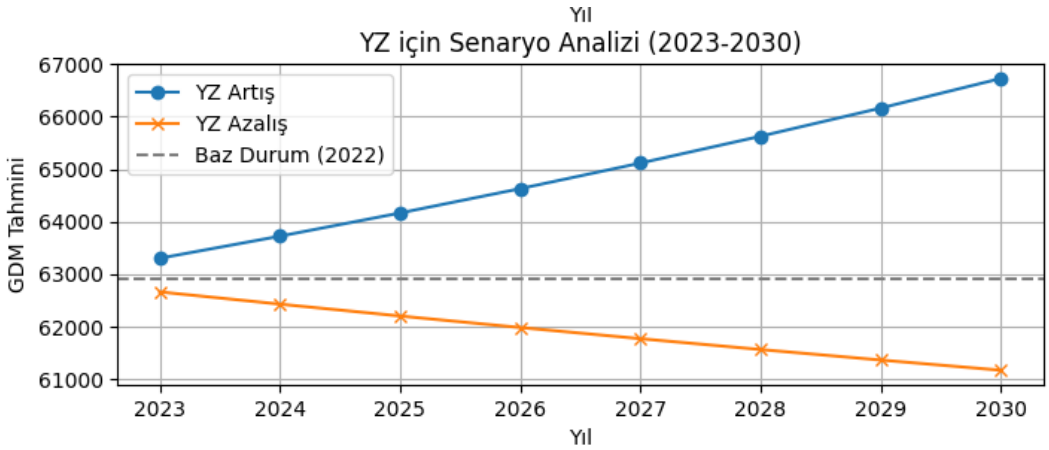
Şekil 46. HF için Senaryo Analizi



Artış senaryosunda (+%10), GDM miktarı 2030 itibarıyla yaklaşık 66.000 ton seviyesine ulaşmaktadır. Buna karşılık, azalış senaryosunda (–%10) GDM 2030 yılında 63.000 ton civarına gerilemektedir. Hammadde fiyatlarındaki artış, geri dönüşümü ekonomik açıdan daha cazip hâle getirse de etkisi diğer değişkenlere göre daha sınırlı kalmaktadır. Bu durum, kent madenciliği altyapısının henüz yeterince gelişmemiş olmasıyla açıklanabilir.

3.5.5.6.4. YZ (Yasal Düzenlemeler)

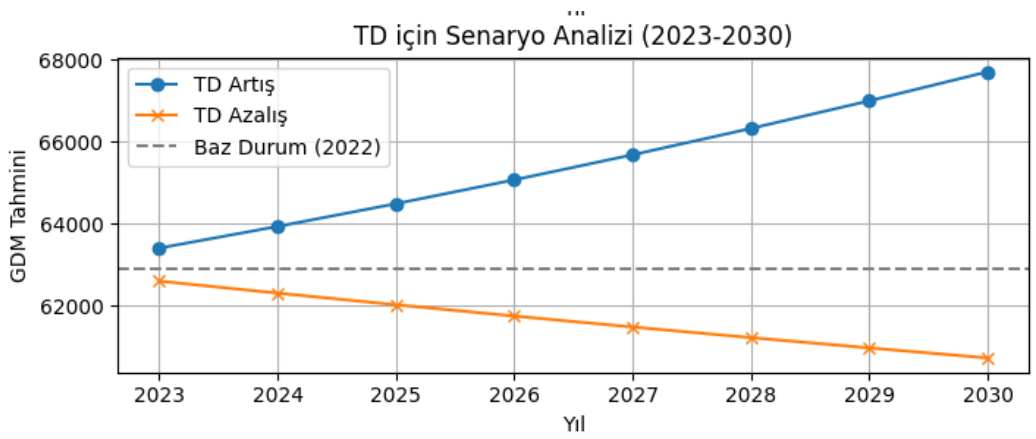
Şekil 47. YZ için Senaryo Analizi



Artış senaryosunda (+%10), GDM 2030 yılında 66.000 tonun üzerine çıkmaktadır. Buna karşılık, azalış senaryosunda (–%10) GDM yaklaşık 61.000 ton seviyelerine düşmektedir. Yasal düzenlemelerin sıkılaştırılması, özellikle uzun vadede kurumsal davranışları yönlendirmede etkili olmakta; ancak yasanın uygulama kapasitesi ve denetim etkinliği bu etkinin düzeyini sınırlandırabilmektedir.

3.5.5.6.5. TD (Tüketici Duyarlılığı)

Şekil 48. TD için Senaryo Analizi



Artış senaryosunda (+%10), GDM 2030 yılında 67.500 ton seviyesine ulaşmaktadır. Buna karşılık, azalış senaryosunda (–%10) GDM 61.000 tonun altına düşmektedir. Tüketici duyarlılığı, orta düzeyde ancak istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahiptir. Bu sonuç, eğitim kampanyaları, sosyal medya etkileşimi ve mobil uygulamalar gibi davranışsal politika araçlarının geri dönüşüm davranışlarını teşvik etmede önemli rol oynadığını göstermektedir.

Tablo 67. Senaryo Bazlı Etki Değerlendirme

Değişken	Etki Yönü	Etki Gücü
TEŞ	Pozitif	Çok güçlü
TM	Negatif	Güçlü
HF	Pozitif	Orta / Zayıf
YZ	Pozitif	Orta
TD	Pozitif	Orta

Tablo 67'de sunulan senaryo bazlı etki değerlendirmesi, politika değişkenlerinin e-atık geri dönüşüm miktarı (GDM) üzerindeki yön ve güç bakımından farklı etkiler yarattığını göstermektedir. Bulgulara göre, ekonomik nitelikli değişkenler olan teşvikler (TEŞ) ve toplama–taşıma maliyetleri (TM) sistem üzerinde en güçlü etkiye

sahip unsurlardır. Teşviklerin pozitif ve çok güçlü etkisi, kamu desteklerinin geri dönüşüm yatırımlarında belirleyici bir kaldıraç işlevi gördüğünü ortaya koyarken; maliyet artışlarının güçlü biçimde caydırıcı etkisi ekonomik araçların duyarlılığını vurgulamaktadır. Hammadde fiyatları (HF) ise pozitif fakat sınırlı etkiye sahip olup, piyasa koşullarına bağımlılığı nedeniyle dolaylı biçimde değerlendirilmelidir. Yasal düzenlemeler (YZ) ve tüketici duyarlılığı (TD) orta düzeyde fakat istikrarlı etkiler üretmekte; bu da yasal çerçevenin ve davranışsal politikaların uzun vadeli yapısal katkılarını göstermektedir. Genel olarak, Tablo 67 sonuçları kısa vadede ekonomik araçların en hızlı politika kaldıraçları olduğunu, buna karşın sosyal ve yasal değişkenlerin sürdürülebilirlik açısından kalıcı etkiler sunduğunu ortaya koymaktadır.

3.5.5.7. Senaryo Bazlı Genel Değerlendirme ve Etki Gücü Sıralaması

Gerçekleştirilen senaryo analizleri, her bir politika değişkeninin geri dönüşüm miktarı (GDM_t) üzerindeki etkisini hem yön (pozitif/negatif) hem de büyüklük açısından değerlendirmeye olanak sağlamıştır. Bu değerlendirme yalnızca anlık tahminlerle sınırlı kalmamış; aynı zamanda uzun vadeli yapısal etkileri de dikkate alacak biçimde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 68. Değişken Bazlı Özet Etki Tablosu (2030 Projeksiyonları)

Değişken	Artış Senaryosu (ton)	Azalış Senaryosu (ton)	Fark (ton)	Etki Yönü	Etki Gücü
TEŞ	85.000	52.000	33.000	Pozitif	Çok Güçlü
TM	65.000	57.000	8.000	Negatif	Güçlü
TD	67.500	61.000	6.500	Pozitif	Orta
YZ	66.000	61.000	5.000	Pozitif	Orta
HF	66.000	63.000	3.000	Pozitif	Zayıf / Orta

Model sonuçları, politika bileşenlerinin e-atık geri dönüşüm sistemindeki etkilerinin farklı düzeylerde ve yönlerde ortaya çıktığını göstermektedir. Öncelikle, teşvikler (TEŞ) değişkeni sistemde en yüksek etkiyi göstermiştir. Ekonomik teşviklerin artırılması, geri dönüşüm sisteminde hızlı ve büyük ölçekli dönüşümler yaratabilmekte; bu etkinin hem başlangıç düzeyinde hem de zaman içinde ivmelenerek arttığı gözlemlenmektedir. Bu bulgu, kamu desteklerinin yalnızca kısa vadeli finansal bir araç değil, aynı zamanda sistemin genel dinamizmini şekillendiren bir politika kaldıraçı işlevi gördüğünü ortaya koymaktadır. Buna karşılık, toplama ve taşıma

maliyetleri (TM) negatif yönlü ancak güçlü bir etkiye sahiptir. Lojistik maliyetlerdeki %10'luk bir artış dahi sistem performansını anlamlı biçimde düşürmekte, bu durum maliyet optimizasyonunun geri dönüşüm stratejilerinde merkezi bir öncelik olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir. Bu sonuç, özellikle yerel yönetimler ve özel sektör açısından lojistik altyapının etkin yönetiminin sürdürülebilir sistem tasarımları için kritik bir belirleyici olduğunu vurgulamaktadır. Diğer yandan, tüketici duyarlılığı (TD) değişkeni, etkisini daha yavaş ve kademeli biçimde göstermektedir. Tüketici davranışlarındaki değişim kısa vadede sınırlı olsa da orta vadede anlamlı ve istatistiksel olarak tutarlı bir etki yaratmaktadır. Bu nedenle, çevresel farkındalığın artırılmasına yönelik eğitim programları, sosyal medya kampanyaları ve dijital teşvik mekanizmaları gibi davranışsal politika araçlarıyla desteklenmesi, sistemin sosyal sürdürülebilirliğini güçlendirecektir. Yasal düzenleme endeksi (YZ), hukuki sıkılaşmanın belirgin etkisini ortaya koymakta ve uzun vadede yapısal, kalıcı sonuçlar doğurma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Ancak, bu etkinin sürdürülebilirliği büyük ölçüde uygulama kapasitesine ve denetim etkinliğine bağlıdır. Başka bir deyişle, mevzuatın varlığı tek başına yeterli olmayıp, kurumsal izleme mekanizmaları ve yaptırım gücü bu değişkenin etki derecesini doğrudan belirlemektedir. Son olarak, hammadde fiyatları (HF) değişkeni pozitif yönde ancak sınırlı bir etkiye sahiptir. Geri dönüşüm faaliyetlerinin ekonomik cazibesinin piyasa dalgalanmalarına bağlı olması, HF'nin etkisini dışsal faktörlere bağımlı ve dolaylı hâle getirmektedir. Bu nedenle, hammadde fiyatlarındaki artış geri dönüşümü cazip kılmakla birlikte, sistem üzerindeki etkisi istikrarsız bir nitelik taşımaktadır.

Genel bir değerlendirme yapıldığında, etki gücü sıralaması şu biçimde özetlenebilir: (1) Teşvikler – çok güçlü ve ivmeli etki, (2) Toplama maliyetleri – güçlü ve doğrudan ters yönlü etki, (3) Tüketici duyarlılığı – orta düzeyde, kademeli artış, (4) Yasal düzenlemeler – orta düzeyde, yapısal ve kalıcı etki, (5) Hammadde fiyatları – zayıf veya orta düzeyde, dışsal ve dolaylı etki. Bu sıralama, yalnızca hangi değişkenin daha yüksek etki yarattığını değil, aynı zamanda hangi politika müdahalesinin daha sürdürülebilir, uygulanabilir ve ölçeklenebilir olduğunu da ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, simülasyon çıktıları geri dönüşüm performansını artırmak için çok katmanlı ve bütünleşik bir politika setine ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Ekonomik teşvikler kısa vadede güçlü ivmeler sağlarken, sosyal ve yasal

düzenlemelerin orta ve uzun vadede sistemin istikrarını güçlendiren tamamlayıcı unsurlar olduğu görülmektedir. Bu bulgu, sürdürülebilir e-atık yönetimi için ekonomik, sosyal ve yönetişim temelli araçların birlikte ve dengeli biçimde değerlendirilmesi gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır.

3.5.5.8. Politika Önerileri ve Uygulama Stratejileri

Simülasyon analizleri, e-atık geri dönüşüm performansının çok boyutlu bir yapıya sahip olduğunu ve bu yapının farklı politika değişkenlerinden anlamlı şekilde etkilendiğini göstermektedir. Bu bağlamda, sadece ekonomik değil; sosyal, hukuki ve yapısal unsurları da kapsayan bütüncül bir politika seti oluşturulması gereklidir. Aşağıda, her bir değişkenin etkisi doğrultusunda geliştirilen politika önerileri, sürdürülebilirlik boyutları çerçevesinde sınıflandırılmıştır:

3.5.5.8.1. Ekonomik Sürdürülebilirlik

Ekonomik sürdürülebilirlik, e-atık yönetim sistemlerinin uzun vadeli uygulanabilirliği açısından temel bir boyut oluşturmaktadır. Bu kapsamda, özellikle ekonomik teşviklerin artırılması (TEŞ) ve toplama–taşıma maliyetlerinin azaltılması (TM), sistemin verimliliğini doğrudan etkileyen iki kritik politika alanı olarak öne çıkmaktadır.

Öncelikle, teşvik mekanizmalarının güçlendirilmesi, geri dönüşüm yatırımlarının ölçeklenebilirliğini ve finansal cazibesini artırmak açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, geri dönüşüm sektörüne yönelik vergi indirimleri, hibe programları ve yeşil yatırım fonları oluşturulması önerilmektedir (OECD, 2020; European Commission, 2022). Ayrıca, yeşil üretici sertifikaları gibi performansa dayalı ödüllendirme sistemleri, işletmelerin sürdürülebilir üretim süreçlerine geçişini hızlandırabilecek tamamlayıcı araçlar olarak değerlendirilmektedir (Wang et al., 2025). Türkiye özelinde ise, belediyelere yönelik performans bazlı merkezi fonların oluşturulması, yerel uygulamaların finansal sürdürülebilirliğini destekleyecek ve başarılı projelerin ölçeklenmesine katkı sağlayacaktır (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı [ÇŞİDB], 2023). Bu tür teşvikler, kamu–özel iş birliği modellerini güçlendirmekte ve geri dönüşüm sektöründe yatırım risklerini azaltmaktadır (World Bank, 2021). Diğer yandan, maliyetlerin azaltılması (TM)

boyutu, lojistik etkinliğin artırılmasıyla doğrudan ilişkilidir. E-atık yönetiminde toplanan malzemenin hacimsel çeşitliliği ve dağınık mekânsal dağılımı, toplama ve taşıma maliyetlerini önemli ölçüde artırmaktadır (Wang vd., 2022). Bu nedenle, rota optimizasyonu, dijital izleme sistemleri ve mobil toplama noktaları gibi dijital çözümlerin yaygınlaştırılması, maliyetleri düşürmede önemli katkılar sağlayabilir. Ayrıca, belediyeler ile özel sektör arasında paylaşımlı toplama sistemlerinin kurulması, kaynak kullanımını optimize ederek ölçek ekonomileri yaratabilir (Balde vd., 2020). Kırsal bölgelerde mobil e-atık toplama araçlarının devreye alınması ise erişim sorunlarını azaltarak sistemin kapsayıcılığını artıracaktır.

Sonuç olarak, ekonomik sürdürülebilirliğin sağlanması, yalnızca finansal desteklerle değil, aynı zamanda verimlilik odaklı teknolojik çözümler ve yerel düzeyde iş birliği modelleriyle mümkündür. Bu politika önerileri, döngüsel ekonomi ilkeleriyle uyumlu biçimde, Türkiye'nin ulusal atık yönetim stratejisinde ekonomik boyutun güçlendirilmesine katkı sağlayacaktır.

3.5.5.8.2. Sosyal Sürdürülebilirlik

Sosyal sürdürülebilirlik, e-atık yönetimi süreçlerinde bireysel farkındalığın, davranışsal katılımın ve toplumsal sahiplenmenin güçlendirilmesiyle doğrudan ilişkilidir. Bu bağlamda, tüketici duyarlılığının-farkındalığının artırılması (TD), sürdürülebilir elden çıkarma davranışlarını teşvik eden temel sosyal politika bileşeni olarak öne çıkmaktadır. Öncelikle, ulusal ölçekte farkındalık kampanyalarının düzenlenmesi, bireylerin e-atığın çevresel ve ekonomik değerini kavramaları açısından büyük önem taşımaktadır. "E-Atık Çöp Değil, Gelecek" benzeri bütüncül kampanya temaları, geri dönüşümün yalnızca çevresel değil, aynı zamanda toplumsal refah ve kaynak güvenliğiyle de ilişkili olduğunu vurgulayabilir. Nitekim benzer ulusal farkındalık girişimleri, Güney Kore ve Almanya gibi ülkelerde vatandaşların e-atık geri dönüşümüne katılım oranlarını anlamlı biçimde artırmıştır (Muthukumari vd., 2024; Boubellouta & Kusch-Brandt, 2022). Bu tür iletişim stratejileri, bireylerin çevresel sorumluluk algılarını güçlendiren sosyal normlar yaratmaktadır (Ajzen, 2020).

İkinci olarak, geri dönüşüm eğitimlerinin okul müfredatına entegre edilmesi, uzun vadeli davranış değişiminin temellerini atmaktadır. Çocukların erken yaşta çevre

bilinciyle tanışması, yetişkinlik döneminde sürdürülebilir tüketim alışkanlıkları edinmesini kolaylaştırmaktadır (UNESCO, 2020). Bu bağlamda, e-atık yönetimi konusunun fen bilimleri, sosyal bilgiler ve vatandaşlık derslerinde uygulamalı etkinliklerle desteklenmesi, kuşaklar arası çevre bilinci aktarımını güçlendirecektir.

Son olarak, dijitalleşmenin sunduğu olanaklar kapsamında mobil uygulamalar aracılığıyla geri dönüşüm puan sistemlerinin yaygınlaştırılması önerilmektedir. Vatandaşların mobil platformlar üzerinden geri dönüşüm faaliyetlerini bildirmesi, sistemin şeffaflığını artırmakta ve bireyleri ödül, indirim veya vergi avantajı gibi davranışsal teşviklerle motive etmektedir. Çin, Finlandiya ve Hollanda gibi ülkelerde uygulanan bu tür sistemlerin, geri dönüşüm oranlarını %15–25 aralığında artırdığı bildirilmektedir (OECD, 2021). Dolayısıyla, dijital teşvik tabanlı yaklaşımlar, toplumsal farkındalığın eyleme dönüşmesinde etkili bir araç olarak değerlendirilmelidir.

Genel olarak, sosyal sürdürülebilirliğin sağlanması yalnızca bilgilendirme faaliyetlerine değil, aynı zamanda bireylerin aktif katılımını güçlendiren davranışsal mekanizmalara bağlıdır. Eğitim, dijital etkileşim ve ödül temelli teşviklerin bütünleşik biçimde uygulanması, sürdürülebilir e-atık yönetiminde toplumsal dönüşümün sürekliliğini destekleyecektir.

3.5.5.8.3. Çevresel ve Hukuki Sürdürülebilirlik

Çevresel ve hukuki sürdürülebilirlik, e-atık yönetiminde uzun vadeli başarıyı belirleyen yönetişimsel çerçevenin temelini oluşturmaktadır. Bu kapsamda, yasal düzenlemelerin güçlendirilmesi (YZ) ve teknolojik altyapının geliştirilmesi (HF'nin dolaylı etkisiyle), sistemin hem çevresel performansını hem de kurumsal dayanıklılığını artıran iki tamamlayıcı eksen olarak değerlendirilmektedir. Öncelikle, ulusal düzeyde bir E-Atık Regülasyon Endeksi'nin oluşturulması, yerel yönetimlerin performansını karşılaştırmalı biçimde izlemeyi mümkün kılacak ve politika uygulamalarında şeffaflığı artıracaktır. Böyle bir endeks, hem geri kazanım oranları hem de hukuki uyum düzeyleri açısından ölçülebilir göstergeler sunarak, merkezi kurumların politika önceliklerini veri temelli biçimde belirlemesine olanak sağlayacaktır (OECD, 2022; UNEP, 2023). Ayrıca, zorunlu geri kazanım hedeflerinin yasal çerçeveye dâhil edilmesi ve düzenli biçimde izlenebilir hâle getirilmesi, Avrupa

Birliği Atık Elektrikli ve Elektronik Ekipman (WEEE) Direktifi ile paralel biçimde, Türkiye'nin çevresel uyum sürecine katkı sağlayacaktır (European Commission, 2020). Bu hedefler, üretici ve belediye düzeyinde sorumluluk paylaşımını somutlaştırarak çevresel performansın izlenmesini kolaylaştırır. Bununla bağlantılı olarak, Genişletilmiş Üretici Sorumluluğu (EPR) uygulamalarının yasal zorunluluk hâline getirilmesi, e-atık yönetiminin en etkili politika araçlarından biri olarak kabul edilmektedir (Leclerc, 2020). EPR çerçevesi, üreticilerin ürün yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerinden sorumlu tutulmasını sağlayarak hem atık miktarını azaltmakta hem de yeniden kullanım ve geri dönüşüm oranlarını artırmaktadır. Türkiye'de EPR uygulamalarının mevzuat düzeyinde zorunlu hâle getirilmesi, üretici davranışlarını çevresel tasarım ilkeleri doğrultusunda yönlendirecek ve döngüsel ekonomiye geçiş sürecini hızlandıracaktır (ÇŞİDB, 2023). Diğer yandan, çevresel sürdürülebilirliğin teknolojik boyutu, kent madenciliği ve yerli geri kazanım teknolojilerinin geliştirilmesiyle yakından ilişkilidir. Bu doğrultuda, kent madenciliği yatırımlarının desteklenmesi ve e-atıkların içerdiği değerli metallerin ülke içinde işlenmesini sağlayacak AR-GE projelerinin teşvik edilmesi gerekmektedir. Yerli hidrometalurji ve biyoliç teknolojilerinin geliştirilmesi hem ithalat bağımlılığını azaltacak hem de ekonomik katma değeri ülke içinde tutacaktır (Cui & Zhang, 2008; Tuncuk vd., 2012). Nitekim, Asya ve Avrupa ülkelerinde yürütülen benzer AR-GE destek programlarının, geri kazanım verimliliğini %20'nin üzerinde artırdığı ve karbon ayak izini azalttığı raporlanmıştır (Baldé vd., 2020; World Bank, 2021).

Sonuç olarak, çevresel ve hukuki sürdürülebilirliğin sağlanması, yalnızca yasal çerçevenin güçlendirilmesiyle değil, aynı zamanda teknolojik kapasitenin yerel kaynaklarla desteklenmesiyle mümkündür. Yasal düzenlemeler sistemin çerçevesini tanımlarken, teknolojik yenilikler bu çerçevenin işlevselliğini artırmakta ve sürdürülebilir e-atık yönetiminin çevresel etkinliğini güvence altına almaktadır.

3.5.5.8.4. Çok Katmanlı Müdahale Stratejisi

E-atık yönetiminde kalıcı sonuçların elde edilebilmesi, yalnızca tek yönlü politikalarla değil, kısa, orta ve uzun vadeli çok katmanlı müdahale stratejilerinin bütüncül biçimde tasarlanmasıyla mümkündür. Bu yaklaşım, hem kısa vadede hızlı kazanımlar sağlamayı hem de uzun vadede yapısal dönüşümün temellerini atmayı hedeflemektedir (OECD, 2022; Kirchherr vd., 2017).

Kısa vadede, ekonomik araçların etkisi ön plandadır. Bu dönemde kamu teşviklerinin artırılması (TEŞ) ve maliyet optimizasyonunun sağlanması (TM), sistemin işleyişinde hızlı geri dönüşler yaratabilecek en etkili politika alanlarıdır. Teşviklerin etkinleştirilmesi, özel sektör yatırımlarını ve geri dönüşüm altyapısını canlandırmakta; maliyet azaltıcı önlemler ise özellikle lojistik süreçlerde verimliliği artırarak geri dönüşüm oranlarını yükseltmektedir (World Bank, 2021).

Orta vadede, sistemin sosyal ve hukuki temellerinin güçlendirilmesi öncelikli hâle gelmektedir. Bu aşamada tüketici bilincinin artırılması (TD) ve hukuki altyapının güçlendirilmesi (YZ), davranışsal dönüşümle kurumsal uyumu aynı anda hedeflemektedir. Toplumun çevresel duyarlılığını yükselten bilinçlendirme programları, geri dönüşümün kültürel bir norm hâline gelmesini sağlarken; yasal düzenlemelerin uygulanabilirliğini artırmak, sistemin güvenilirliğini pekiştirmektedir (Ajzen, 2020; UNEP, 2023).

Uzun vadede ise sürdürülebilir e-atık yönetiminin geleceği, teknolojik kapasitenin geliştirilmesi ve kent madenciliği yatırımlarının desteklenmesiyle belirlenmektedir. Yerli AR-GE odaklı çözümler, hem hammadde geri kazanımını artırmakta hem de dışa bağımlılığı azaltarak ekonomik döngüselliği güçlendirmektedir. Bu kapsamda, kent madenciliği ve yeşil inovasyon politikalarının bütünleştirilmesi, ulusal düzeyde çevresel teknolojilerin yaygınlaştırılmasını sağlayacaktır (Cui & Zhang, 2008; Geissdoerfer vd., 2020).

Bu çok katmanlı strateji, farklı zaman ölçeklerinde etki gösteren politika bileşenlerinin birbirini tamamlayacak biçimde kurgulanmasını öngörmektedir. Kısa vadede ekonomik teşvikler sistemin ivmesini sağlarken, orta vadede sosyal farkındalık ve yasal altyapı bu ivmeyi kurumsallaştırmakta; uzun vadede teknolojik kapasite artışı sistemi dirençli hâle getirmektedir. Böylece hem hızlı kazanımlar hem de kalıcı yapısal dönüşüm aynı çerçevede mümkün hâle gelmektedir. Bu stratejik çerçevenin uygulanabilirliği, politika alanlarının açık biçimde tanımlanmasıyla güçlenmektedir.

- Stratejik öncelik: Teşvik sistemlerinin güçlendirilmesi ve kaynakların etkin yönlendirilmesi.
- Operasyonel hedef: Lojistik ve işleme maliyetlerinin düşürülmesi, verimliliğin artırılması.

- Sosyal hedef: Bilinçli ve katılımcı bir tüketici kitlesi oluşturulması.
- Yasal hedef: Uyumlu, izlenebilir ve denetimli bir geri dönüşüm sisteminin tesis edilmesi.
- Teknolojik hedef: Yerli üretim zincirinin geliştirilerek dışa bağımlılığın azaltılması.

Bu bütüncül yaklaşım, yalnızca bugünün sorunlarına çözüm üretmeyi değil, aynı zamanda geleceğin döngüsel ekonomi sistemlerinin temellerini atmayı amaçlamaktadır. Politikaların zaman ölçeklerine göre koordineli biçimde uygulanması, sistemin sürdürülebilirliğini, adaptasyon kapasitesini ve uzun dönemli dirençliliğini artıracaktır (Geissdoerfer vd., 2017; OECD, 2022).

3.5.6. Sonuç

Bu çalışma, Türkiye'de sürdürülebilir e-atık yönetimi bağlamında teorik ve pratik düzeyde özgün katkılar sunan, çok katmanlı ve disiplinlerarası bir matematiksel model geliştirmiştir. Model, e-atık geri dönüşümünü etkileyen mikro, mezzo ve makro düzeydeki belirleyicileri bütüncül biçimde inceleyerek hem bireysel davranışsal etmenlerin hem de yapısal politika değişkenlerinin geri dönüşüm performansı üzerindeki etkilerini kapsamlı bir şekilde ortaya koymuştur.

Panel veri ekonometrisi ve senaryo tabanlı simülasyonlar aracılığıyla elde edilen bulgular, özellikle ekonomik teşvikler, toplama ve taşıma maliyetleri, hammadde fiyatları, yasal düzenlemeler ve tüketici duyarlılığı gibi faktörlerin geri dönüşüm miktarını belirlemede farklı ağırlıklara sahip olduğunu göstermiştir. Böylece araştırma, yalnızca mevcut durumu açıklamakla kalmamış; aynı zamanda farklı politika senaryoları altında sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmayı destekleyecek karar destek mekanizmalarının geliştirilmesine de zemin hazırlamıştır.

Analiz sonuçları, politika değişkenlerinin etkilerinin zamana yayıldığını ve davranışsal tepkilerin gecikmeli biçimde ortaya çıktığını göstermektedir. Gecikmeli regresyon modeli kapsamında elde edilen bulgular, özellikle teşvik, maliyet ve düzenleme sertliği gibi politika parametrelerinin bir dönemlik gecikmeyle anlamlı etkiler yarattığını ortaya koymuştur. Bu bulgu, Granger nedensellik yaklaşımı ile tutarlı biçimde, e-atık yönetiminde politika müdahalelerinin davranışsal çıktılara zamansal

olarak taşındığını göstermektedir. Dolayısıyla, ESEGEM modelinin yalnızca statik bir açıklayıcı çerçeve olmadığı, aynı zamanda dinamik uyum kapasitesine sahip bir sistem modeli olduğu doğrulanmıştır.

3.5.6.1. Teorik Çıkarımlar

Araştırmanın geliştirdiği model, çevresel davranış teorileri (TPB, NAM, VBN) ile döngüsel ekonomi ilkelerini tek bir yapı içerisinde bütünleştirerek, literatüre disiplinlerarası bir kuramsal çerçeve sunmaktadır. Tüketici düzeyindeki çevresel tutum, norm ve inanç sistemlerinin; makro düzeyde ise yasal düzenlemeler, ekonomik teşvikler ve piyasa fiyat sinyallerinin birlikte değerlendirilmesi, e-atık yönetimi literatüründe çok boyutlu açıklama gücünü artırmaktadır. Ayrıca çalışmada, dijital duyarlılığa ilişkin yenilikçi bir veri kaynağı olan mobil uygulama yorumlarından türetilen sentiment analizlerinin kullanılması, çevresel iktisat ve davranış bilimleri literatürüne metodolojik bir yenilik katmaktadır. Model, bu yönüyle çevre politikalarının yalnızca yapısal değil, aynı zamanda bireysel motivasyonlar ve algılar üzerinden şekillenebileceğini teorik olarak ortaya koymaktadır.

3.5.6.2. Politika ve Pratik Sonuçlar

Modelin bulguları, Türkiye'de e-atık yönetimi politikalarının başarısını artırmak için mikro ve makro düzeyde eşzamanlı müdahalelerin önemini vurgulamaktadır. Özellikle ekonomik teşviklerin artırılmasının geri dönüşüm miktarını çarpan etkisiyle yükseltebileceği; toplama ve taşıma maliyetlerinin düşürülmesinin ise sistem verimliliği açısından kritik olduğu gösterilmiştir. Yasal düzenlemelerdeki sıkılığın ve denetim kapasitesinin artırılması, kurumsal sürdürülebilirlik için temel bir unsur olarak ortaya çıkmıştır. Tüketici duyarlılığını güçlendirmeye yönelik eğitim, farkındalık ve dijital araç tabanlı uygulamalar ise bireysel düzeyde davranış değişimini destekleyen önemli bir alan olarak belirlenmiştir. Simülasyon sonuçları, politika yapıcılara farklı değişken setleri altında e-atık geri dönüşüm performansını artıracak somut stratejik müdahale alanları önermekte ve 3.6. bölümde detaylandırılacak Entegre Sürdürülebilir E-Atık Geri Dönüşüm Modeli'ne geçiş için güçlü bir zemin sunmaktadır.

3.5.6.3. Sınırlamalar ve Gelecekteki Araştırmalar

Bu çalışmanın sınırlılıkları arasında, kullanılan panel veri setinin Türkiye özelinde yıllık bazda derlenmiş olması nedeniyle bazı mikro düzeydeki heterojenliklerin ve bölgesel farkların modele doğrudan yansıtılamaması yer almaktadır. Ayrıca tüketici duyarlılığı endeksinin mobil uygulama yorumlarına dayalı olarak oluşturulması, örneklem temsiliyetinde platform bazlı yanlılık riskini taşımaktadır. Gelecekteki araştırmalarda, bölgesel düzeyde daha ayrıntılı verilerin dahil edilmesi, tüketici algılarını ölçmek için daha geniş ölçekli anket ve odak grup verilerinin kullanılması önerilmektedir. Ayrıca modelin farklı ülkeler bağlamında uygulanması ve karşılaştırmalı analizler yoluyla genellenebilirliğinin sınanması literatüre katkı sağlayacaktır. Son olarak, dinamik sistem modelleme ve yapay zeka temelli tahminleme yöntemlerinin entegrasyonu, modelin hem öngörü gücünü hem de politika geliştirme kapasitesini artıracaktır.

3.6. Model Adı: Entegre Sürdürülebilir E-Atık Geri Dönüşüm Modeli (ESEGEM)

ESEGEM, Türkiye'de e-atık yönetiminin döngüsel ekonomi ilkeleri çerçevesinde sistematik, çok katmanlı ve disiplinlerarası bir yapıya kavuşturulmasını amaçlayan bir model olarak geliştirilmiştir. Modelin kuramsal temeli, çevresel iktisat, kamu politikası, davranış bilimleri ve lojistik mühendisliği gibi farklı disiplinlerin bulgularını bütünleştirerek e-atık geri dönüşüm sisteminin hem davranışsal hem de yapısal boyutlarını kapsar.

ESEGEM modeli, çevresel davranışların yalnızca bireysel düzeydeki niyet ve inançlarla değil, aynı zamanda makro düzeydeki politika, düzenleme ve piyasa dinamikleri ile biçimlendiği varsayımına dayanır. Bu çerçeve, macromarketing yaklaşımının temel ilkelerini benimser: pazarlama sistemlerinin toplumsal refah, kaynak döngüselliği ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda yeniden yapılandırılması gerekliliği (Hunt, 2018; Mittelstaedt vd, 2014). Kamu politikaları, çevresel davranışı dolaylı biçimde yönlendiren kurumsal normlar, ekonomik teşvikler ve yasal zorunluluklar aracılığıyla TPB'nin algılanan davranışsal kontrol ve NAM'in ahlaki sorumluluk bileşenlerini güçlendirir. Bu yönüyle ESEGEM, mikro düzeydeki davranışsal modellerle makro düzeydeki düzenleyici mekanizmalar arasında politik

bir köprü kurar. Dolayısıyla model, sürdürülebilir pazarlama literatüründe vurgulanan "bireyden topluma geçiş" (micro–macro interface) kavramını e-atık yönetimi bağlamında somutlaştırır. Bu bütünleşik yaklaşım, bireysel düzeydeki çevresel niyet, tutum ve normların, sistem düzeyinde kaynak yönetimi, yeniden kullanım ve atık minimizasyonu süreçleriyle karşılıklı etkileşim içinde olduğunu varsayar. Başka bir deyişle, ESEGEM yalnızca bireysel davranışsal süreçleri açıklamakla kalmaz; aynı zamanda bu davranışların ekonomik sistemlerin döngüsel işleyişiyle nasıl bütünleştiğini de ele alır. Bu bağlamda model, mikro düzeydeki niyet ve norm yapısını, makro düzeydeki döngüsel ekonomi ilkeleriyle ilişkilendirerek bireysel eylem ile sistemsel dönüşüm arasındaki dinamik köprüyü kurar.

Döngüsel ekonomi yaklaşımı, kaynakların yaşam döngüsü boyunca maksimum verimlilikle kullanılmasını, atık oluşumunun en aza indirilmesini ve materyallerin yeniden değer zincirine kazandırılmasını öngörür (Kirchherr vd., 2017; Ellen MacArthur Foundation, 2015). ESEGEM bu perspektifi benimseyerek yalnızca atık yönetiminin teknik ve mali boyutlarını değil, aynı zamanda bireysel davranışsal eğilimleri, kurumsal uygulamaları ve politik müdahale alanlarını da bütüncül biçimde analiz eder.

Model, e-atık geri dönüşüm performansını artırmaya yönelik olarak mikro (tüketici), mezo (yerel yönetim ve operasyonel altyapı) ve makro (ulusal politika ve düzenleme) düzeylerinde müdahale alanlarını eşgüdüm içinde ele alır. Bu çok düzeyli yapı, Birleşmiş Milletler'in Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (UN, 2020) ve UNEP'in kaynak verimliliği ilkeleriyle (UNEP, 2019) uyumlu olarak tasarlanmıştır. ESEGEM'in geliştirilme sürecinde Türkiye'ye özgü yasal, ekonomik ve sosyo-kültürel faktörler dikkate alınmış; politika simülasyonları ve senaryo analizleri aracılığıyla modelin uygulanabilirliği değerlendirilmiştir. Bu yönüyle ESEGEM, yalnızca teorik bir çerçeve değil, aynı zamanda karar destek aracı işlevi gören uygulamalı bir modeldir. Türkiye'nin Sıfır Atık Girişimi, Yeşil Mutabakat Uyum Programı ve AB Döngüsel Ekonomi Eylem Planı ile stratejik uyum içindedir (European Commission, 2020; T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022). Sonuç olarak, ESEGEM modeli sürdürülebilir e-atık yönetimini açıklamak üzere mikro düzeydeki bireysel davranışsal motivasyonlar ile makro düzeydeki politika, altyapı ve kurumsal düzenlemeler arasında dinamik bir etkileşim alanı

tanımlar. Bu yönüyle model, çevresel davranış literatüründe mikro–makro ölçekleri bütünleştiren özgün bir teorik katkı sunmaktadır.

3.6.1. Modelin Amaçları

Entegre Sürdürülebilir E-Atık Geri Dönüşüm Modeli (ESEGEM), Türkiye'de e-atık yönetimini döngüsel ekonomi ilkeleri çerçevesinde sistematik, bütünleşik ve sürdürülebilir bir yapıya kavuşturmak amacıyla tasarlanmıştır. Model, yalnızca mevcut durumun analiziyle sınırlı kalmayıp, e-atıkların ekonomik döngüye yeniden kazandırılmasına yönelik kapsamlı bir dönüşüm vizyonu sunmaktadır.

ESEGEM'in ilk temel amacı, Türkiye'de e-atıkların döngüsel ekonomi içinde değerlendirilmesini sağlamaktır. Model, geleneksel "al–kullan–at" anlayışına dayalı doğrusal ekonomi yaklaşımından, kaynakların yeniden kullanımını, geri dönüşümünü ve ekonomik değere kazandırılmasını temel alan döngüsel ekonomi paradigmasına geçişi desteklemektedir (Ellen MacArthur Foundation, 2015; Kirchherr vd., 2017). Bu çerçevede, e-atıkların hammaddeye dönüştürülerek üretim döngüsüne yeniden dâhil edilmesi hem çevresel yüklerin azaltılması hem de ekonomik katma değerin artırılması açısından stratejik önem taşımaktadır (European Commission, 2020). Böylelikle model, Türkiye'nin kaynak verimliliğini artırmayı ve e-atıkların ekonomik bir değer zinciri unsuru hâline gelmesini hedeflemektedir.

İkinci olarak, ESEGEM geri dönüşüm miktarının (GDM) istikrarlı ve kalıcı bir biçimde artırılmasını amaçlamaktadır. Türkiye'de yıllık e-atık geri dönüşüm oranlarının yalnızca kısa vadeli artışlarla sınırlı kalmaması, aksine yapısal reformlar ve bütünleşik müdahaleler yoluyla sürdürülebilir bir artış trendine oturtulması hedeflenmektedir. Model hem mali hem de kurumsal engellerin aşılmasını, yerel yönetimlerin kapasitesinin güçlendirilmesini ve geri dönüşüm altyapısının yaygınlaştırılmasını öngörmektedir. Bu doğrultuda, 2030 yılı itibarıyla geri dönüşüm oranlarının en az %45 seviyesine ulaşması öngörülmekte olup, bu hedef Türkiye'nin ulusal atık yönetim stratejileriyle de uyumludur (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022; UNEP, 2019).

Üçüncü olarak, model mikro, mezo ve makro düzeylerde müdahale alanları önermek ve uygulamaya dönük bir yol haritası sunmak üzere kurgulanmıştır. ESEGEM,

yalnızca ulusal politika reformlarıyla sınırlı kalmayıp, yerel yönetimler, özel sektör ve birey düzeyinde geri dönüşüm performansını artırmaya yönelik stratejik müdahale noktalarını belirlemektedir. Böylece model, mikro düzeyde bireylerin çevresel davranışlarını ve katılımını, mezo düzeyde lojistik süreçleri ve yerel yönetim uygulamalarını, makro düzeyde ise yasal düzenlemeler, bütçe politikaları ve teşvik mekanizmalarını kapsamaktadır (UNEP, 2019). Bu çok katmanlı yapı, döngüsel ekonomi uygulamalarında başarının ancak aktörler arası koordinasyon ve çok düzeyli yönetişimle sağlanabileceğini vurgulayan literatürle tam uyum içindedir (Kirchherr vd., 2017).

Son olarak, ESEGEM, Türkiye'nin Sıfır Atık Projesi, Yeşil Mutabakat Uyum Programı ve Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (özellikle SKA 12: Sorumlu Tüketim ve Üretim) ile doğrudan uyumlu bir model olarak tasarlanmıştır. Bu yönüyle ESEGEM, karar vericilere yalnızca kavramsal bir çerçeve değil, aynı zamanda somut, uygulanabilir ve ölçülebilir politika hedefleri sunmaktadır (United Nations, 2020; European Commission, 2020). Böylece model, ulusal düzeyde e-atık yönetiminde sürdürülebilirlik vizyonunun stratejik ve ölçülebilir bir temele oturtulmasına katkı sağlamaktadır.

3.6.2. ESEGEM Bileşenleri ve Nedensel İlişkiler

ESEGEM modeli, sürdürülebilir e-atık yönetimini açıklamada mikro, mezo ve makro düzeydeki belirleyicileri bütünleştiren beş bileşenli bir sistem yaklaşımı sunmaktadır. Bu bileşenler — Politika ve Teşvik Mekanizmaları (PT), Yasal Düzenleme ve Denetim Sistemi (YUDES), Maliyet Azaltıcı Lojistik Teknolojiler (MALT), Teknolojik Geri Kazanım Altyapısı (TEGRA) ve Tüketici Katılım ve Motivasyonu (TUKAM) — modelin kuramsal ve işlevsel çekirdeğini oluşturmaktadır.

Bu beş bileşen, e-atık geri dönüşümünü etkileyen bireysel davranışsal faktörlerle (mikro düzey) yapısal ve politik koşullar (makro düzey) arasındaki nedensel zinciri temsil eder. Modelin kurgusunda, PT ve YUDES bileşenleri politika-temelli düzenleyici alanı, MALT ve TEGRA operasyonel ve teknolojik altyapı alanını, TUKAM ise davranışsal alanı tanımlamaktadır.

Politika ve Teşvik Mekanizmaları (PT) bileşeni, kamu politikalarının, ekonomik teşviklerin ve ulusal stratejilerin çevresel davranış üzerindeki yönlendirici etkisini yansıtır. TPB'nin algılanan davranışsal kontrol bileşeniyle teorik olarak ilişkilidir; çünkü davranışın gerçekleşebilmesi, bireyin yalnızca niyetine değil, aynı zamanda sistemin sağladığı yapısal kolaylaştırıcılara da bağlıdır. Dolayısıyla PT, bireyin geri dönüşüm davranışına yönelik öz yeterlik algısını güçlendiren dışsal destek unsuru olarak modelin ilk halkasını oluşturur.

Yasal Düzenleme ve Denetim Sistemi (YUDES), PT'nin devamı niteliğindedir ve çevresel davranışların kurumsal düzeyde düzenlenmesi, izlenmesi ve yaptırımlarla desteklenmesini kapsar. Bu bileşen, NAM'in kişisel norm aktivasyonu kavramıyla uyumludur: yasal çerçeveler, bireylerin çevresel davranışlarını yalnızca zorunlulukla değil, içselleştirilmiş sorumluluk duygusuyla yönlendirmektedir. Böylece YUDES, makro düzeydeki normatif düzenin mikro düzeydeki ahlaki normlarla kesiştiği kritik noktayı temsil eder.

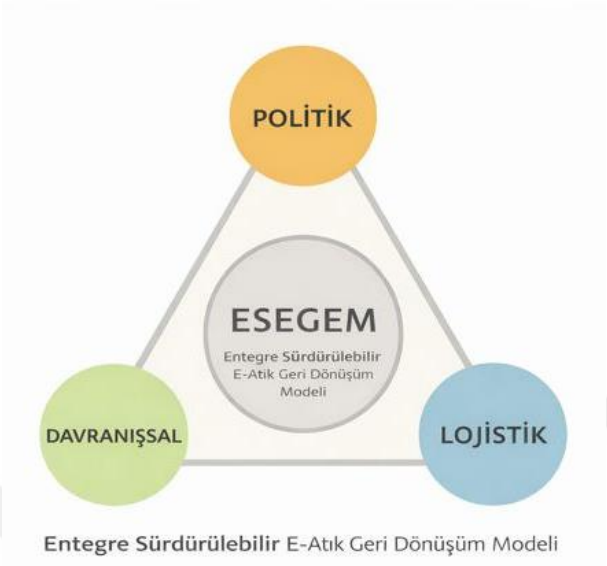
Maliyet Azaltıcı Lojistik Teknolojiler (MALT) bileşeni, geri dönüşüm süreçlerinin ekonomik sürdürülebilirliğini ve operasyonel erişilebilirliğini sağlar. Bu bileşen, TPB'nin algılanan davranışsal kontrol boyutu ile doğrudan ilişkilidir; çünkü bireylerin geri dönüşüm davranışı, maliyet, zaman ve erişim engellerinin azaltılmasıyla kolaylaşır. MALT aynı zamanda sistem verimliliğini artırarak döngüsel ekonominin "kaynak verimliliği" ilkesine hizmet eder.

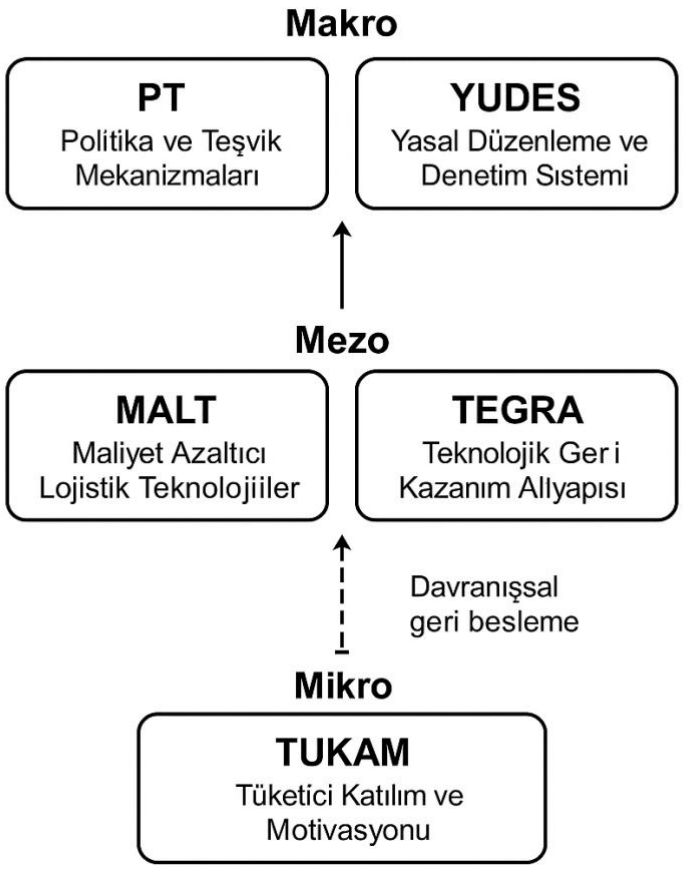
Teknolojik Geri Kazanım Altyapısı (TEGRA), e-atıkların toplanması, ayrıştırılması, yeniden işlenmesi ve ekonomik değere dönüştürülmesini sağlayan teknik sistemleri ifade eder. TEGRA, döngüsel ekonomi teorisinin "yeniden kullanım ve kaynak döngüselliği" ilkeleriyle doğrudan bağlantılıdır. Bu bileşen, makro düzeyde teknolojik kapasite ve endüstriyel ekosistemin gelişmişliği ile mikro düzeyde bireysel katılım motivasyonları arasında bir aracılık mekanizması görevi görür.

Tüketici Katılım ve Motivasyonu (TUKAM) bileşeni, modelin davranışsal çekirdeğini oluşturur. VBN teorisinden türetilen bu bileşen, bireylerin çevreye yönelik değer yönelimleri (biyosferik, altruistik, egosantrik) ile NAM'in kişisel norm aktivasyon sürecini birleştirir. TUKAM, bireyin e-atık geri dönüşümüne katılımını açıklayan

değer–inanç–norm zincirinin son halkasıdır ve mikro düzeydeki niyet–davranış dönüşümünü temsil eder.

Şekil 49. ESEGEM Katmanlı Müdahale Diyagramı





Bu beş bileşen arasındaki etkileşim, lineer bir dizilimden ziyade karşılıklı beslenen dinamik bir sistem oluşturur. PT ve YUDES bileşenleri makro düzeyde davranışa yön veren politika ortamını şekillendirirken; MALT ve TEGRA bileşenleri mezo düzeyde bu politikaların teknik ve ekonomik uygulanabilirliğini sağlar. TUKAM ise mikro düzeyde bireysel tepki ve motivasyon mekanizmalarını devreye sokar. Bu yapı, e-atık yönetimini çok düzeyli bir davranış–sistem etkileşimi olarak ele alan sistemik bir çerçeve ortaya koymaktadır. Bu katmanlı müdahale yapısının görsel özeti Şekil 49'da sunulmuştur.

Tablo 69. ESEGEM Modeli Bileşenleri ve Teorik Dayanaklarının Eşleştirilmesi

ESEGEM Bileşeni	Kuramsal Dayanak / Referans Model	Kuramsal Açıklama ve Bağlantı
PT – Politika ve Teşvik Mekanizmaları	TPB (Ajzen, 1991); Public Policy Theory	Kamu politikaları, çevresel davranışı yönlendiren dışsal düzenleyici faktörlerdir. Davranışsal niyetin gerçekleşmesi, bireyin öz yeterlik algısı kadar yapısal fırsatların varlığına bağlıdır. TPB'deki *algılanan davranışsal kontrol (ADK)* bileşeniyle doğrudan örtüşür.
YUDES – Yasal Düzenleme ve Denetim Sistemi	NAM (Schwartz, 1977); Institutional Theory	Kurumsal normlar, kişisel normların içselleştirilmesini kolaylaştırır. Yasal çerçeveler bireyin çevresel davranışını yalnızca zorunlulukla değil, içsel ahlaki sorumluluk duygusuyla da pekiştirir. NAM'in *kişisel norm aktivasyonu* süreciyle ilişkilidir.
MALT – Maliyet Azaltıcı Lojistik Teknolojiler	TPB (Ajzen, 1991); Circular Economy Theory	Maliyet ve erişim engellerinin azaltılması, davranışsal kontrol algısını yükselterek niyet–davranış dönüşümünü kolaylaştırır. Aynı zamanda döngüsel ekonomideki *kaynak verimliliği* ilkesine hizmet eder.
TEGRA – Teknolojik Geri Kazanım Altyapısı	System Theory; Circular Economy Framework (Kirchherr vd., 2017)	E-atıkların ayrıştırılması, yeniden işlenmesi ve ekonomik değere dönüştürülmesi süreçlerini düzenler. Sistem teorisine göre, bu bileşen döngüsel ekonomi sisteminde teknolojik kapasite ile davranışsal çıktılar arasında *aracılık fonksiyonu* görür.
TUKAM – Tüketici Katılım ve Motivasyonu	VBN (Stern, 2000); NAM (Schwartz, 1977)	Çevresel davranışın değer-temelli yönünü açıklar. VBN'nin *değer–inanç–norm* zinciri ile NAM'in *kişisel norm aktivasyonu* birleşerek, bireyin e-atık geri dönüşümüne gönüllü katılımını motive eder.

Şekil 49, ESEGEM'in üç düzeyli yapısını göstermektedir. Makro düzeyde PT ve YUDES çevresel davranışın kurumsal çerçevesini oluştururmaktadır. Mezo düzeyde MALT ve TEGRA bu çerçeveyi lojistik ve teknolojik uygulama kapasitesine dönüştürür; Mikro düzeyde TUKAM bireysel davranışsal değişimi üretir. Katmanlar arasındaki oklar, yukarıdan aşağıya politika yönlendirmesini, aşağıdan yukarıya davranışsal geri beslemeyi temsil eder. Böylece ESEGEM, çevresel davranış

modellerinde sık görülen “niyet–davranış boşluğunu” yalnızca psikolojik faktörlerle değil, kurumsal, ekonomik ve teknolojik kolaylaştırıcılarla birlikte açıklayan özgün bir bütünlük sunar; davranış bilimleri ile kamu politikası ve döngüsel ekonomi literatürlerini birleştirir. Model, davranışsal bilimler ile kamu politikası ve döngüsel ekonomi literatürlerini bir araya getirerek çevresel davranış araştırmalarına disiplinlerarası bir katkı sağlamaktadır.

Tablo 69 ise ESEGEM modelinin her bir bileşeninin kuramsal temellerini göstermektedir. Model, davranışsal psikoloji (TPB, NAM, VBN), sistem teorisi ve döngüsel ekonomi yaklaşımını bütünleştirerek, e-atık yönetimini hem mikro (birey) hem de makro (politika ve altyapı) düzeyde açıklayan çok katmanlı bir teorik yapı sunmaktadır.

3.6.3. Modelin 5 Ana Bileşeni

Bu bölümde modelin beş bileşeninin analiz sonuçlarına göre sıralı açıklamasına yer verilmiştir.

3.6.3.1. Politika ve Teşvik Entegrasyonu (PT-Eksenli Yaklaşım)

ESEGEM modelinde yürütülen ekonometrik analizler ve senaryo tabanlı simülasyonlar, devlet teşviklerinin (TEŞ) e-atık geri dönüşüm miktarını (GDM) artırmada en güçlü belirleyici unsur olduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgu, döngüsel ekonomi uygulamalarının ölçeklenmesinde ekonomik teşviklerin kilit rolünü vurgulayan literatürle tutarlıdır. Avrupa Birliği (2020) tarafından yayımlanan Döngüsel Ekonomi Eylem Planı, ürün yaşam döngüsü boyunca geri dönüşümü artırmak için vergi ve finansman düzeneklerini temel politika araçları arasında göstermektedir. Çin’deki akıllı e-atık toplama sistemleri üzerine yapılan çalışmalarda ise para ödülleri, puan ve vergi indirimleri gibi teşviklerin kullanıcı katılımını anlamlı biçimde yükselttiği bulunmuştur (Wang vd., 2020). Benzer biçimde, Malezya’da hanehalkı e-atık geri dönüşüm niyetine ilişkin bir araştırma, teşviklerin kamu politikalarının etkisini güçlendiren bir moderatör rolü oynadığını göstermektedir (Afroz vd., 2013).

Bu sonucun ardındaki stratejik gerekçe, döngüsel ekonomi sistemlerinde ekonomik cazibenin artırılması ve piyasa başarısızlıklarının (düşük katılım, yüksek işlem veya

lojistik maliyetleri, yetersiz altyapı) giderilmesi gerekliliğidir. OECD (2019) atık yönetimi yönetişimi üzerine raporlarında teşvik ve finansman mekanizmalarını performansı iyileştiren kritik politika araçları olarak tanımlamaktadır. Türkiye bağlamında ise 2023 tarihli Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyalar (AEEE) Yönetmeliği ve ilgili strateji belgeleri, Genişletilmiş Üretici Sorumluluğu (EPR) yaklaşımının güçlendirilmesini ve merkezi teşvik mekanizmalarının devreye alınmasını sistem dönüşümünün temel önceliği olarak belirtmektedir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022; Ticaret Bakanlığı, 2024).

Bu çerçevede üç öncelikli politika müdahalesi önerilmektedir. Birincisi, geri dönüşüm yapan işletmelere yeşil vergi muafiyeti ve doğrudan yatırım teşviki sağlanmalıdır. Yeşil üretim ve geri dönüşüm faaliyetlerine yönelik vergi indirimleri ve yatırım destekleri, firmaların yeni teknoloji yatırımlarını kolaylaştıracak ve sektörde geri dönüşüm kapasitesini artıracaktır. Bu öneri, Avrupa Birliği'nin (2020) sürdürülebilir vergi reformlarını içeren Döngüsel Ekonomi Eylem Planı'yla uyumludur. İkincisi, belediyelere performansa dayalı geri dönüşüm teşvik fonu oluşturulmalıdır. Yerel yönetimlerin geri dönüşüm oranlarını artırmaya yönelik hedeflere göre ödüllendirildiği performansa esaslı finansman modelleri, yerel verimliliği artırmanın yanı sıra iyi uygulamaların yaygınlaşmasına katkı sağlayacaktır (UNEP, 2019; Milios, 2018). Üçüncüsü, ulusal ölçekte bir "E-Atık Yatırım Programı" (örneğin "Eko-Kalkınma Ajansı" modeli) kurulmalıdır. Bu yapı, AR-GE destekleri, altyapı fonları ve kamu-özel işbirliği modelleriyle Türkiye'nin döngüsel ekonomi hedeflerini somutlaştıracak kapsamlı bir yatırım stratejisinin geliştirilmesine imkân tanıyacaktır. Srivastav ve arkadaşlarının (2023) çalışması, e-atık yönetiminde döngüsel ekonomi perspektifinin işletmecilikten politika düzeyine taşınmasının uygulama kapasitesini artırdığını göstermektedir.

PT-eksenli yaklaşımın sistematik biçimde uygulanması hem kurumsal hem de piyasa düzeyinde geri dönüşüm kapasitesinin istikrarlı biçimde artmasına, yatırım ortamının gelişmesine ve uzun vadede e-atık geri dönüşüm oranlarının 2030 itibarıyla %45'in üzerine çıkarılmasına doğrudan katkı sağlayacaktır. Bu bütünlük, Türkiye'nin Ulusal Döngüsel Ekonomi Stratejisi ve Eylem Planı (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022) ile uyumludur ve ekonomik teşvik mekanizmalarının

sürdürülebilir e-atık yönetimi politikalarına nasıl entegre edileceğine ilişkin uygulanabilir bir çerçeve sunmaktadır.

3.6.3.2. Maliyet Azaltıcı Lojistik Teknolojiler (MALT Yaklaşımı)

ESEGEM modelinde yürütülen ekonometrik analizler, toplama ve taşıma maliyetlerinin (TM) e-atık geri dönüşüm miktarı (GDM) üzerinde negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuç, e-atık yönetiminde lojistik maliyetlerin azaltılmasının hem finansal sürdürülebilirlik hem de çevresel verimlilik açısından kritik bir öncelik olduğunu göstermektedir. Literatür, özellikle gelişmekte olan ülkelerde lojistik maliyetlerin atık yönetim sistemlerinin etkinliğini sınırlayan temel engellerden biri olduğunu vurgulamaktadır (Gupta vd., 2016; UNEP, 2019).

Döngüsel ekonomi ve sürdürülebilir atık yönetimi modelleri, operasyonel verimliliğin artırılması ve maliyetlerin minimize edilmesini yapısal bir ön koşul olarak ele almaktadır (Milios, 2018; European Commission, 2020). Türkiye bağlamında ise geniş coğrafi yapı, bölgesel heterojenlik ve nüfus yoğunluğu farklılıkları göz önüne alındığında, lojistik maliyetlerin azaltılması modelin başarısı için stratejik bir gereklilik hâline gelmektedir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022).

Bu kapsamda geliştirilen MALT Yaklaşımı, maliyet optimizasyonu ve sistem verimliliğini artırmaya yönelik dört temel politika ve teknoloji önerisi sunmaktadır. Birincisi, yapay zekâ destekli rota optimizasyon sistemlerinin kullanılması, yakıt tüketimini ve işgücü maliyetlerini azaltarak operasyonel verimliliği önemli ölçüde artırabilir. Yapılan çalışmalar, bu tür sistemlerin atık toplama süreçlerinde %10-30 düzeyinde maliyet tasarrufu sağlayabildiğini ve karbon emisyonlarını düşürdüğünü göstermektedir (Longhi vd., 2012; Balde vd., 2020; OECD, 2019). İkincisi, bölgesel ölçekte modüler mikro toplama merkezlerinin kurulması önerilmektedir. Bu merkezler, toplama mesafesini kısaltarak lojistik verimliliği ve sistem erişilebilirliğini artırmakta; kentsel alanlarda vatandaş katılımını güçlendirmektedir (UNEP, 2019; Gupta vd., 2016). Üçüncüsü, mobil e-atık toplama ünitelerinin (ör. mahalle bazlı toplama noktaları) yaygınlaştırılması, düşük yoğunluklu bölgelerde erişimi kolaylaştırmakta ve toplama sıklığının optimize edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu

yaklaşım, Avrupa ve Asya'daki başarılı uygulamalarda maliyetlerin düşürülmesine ve kapsayıcılığın artmasına katkı sağlamıştır (Milios, 2018; European Commission, 2020). Son olarak, kargo ve lojistik firmalarıyla geliştirilecek tersine lojistik ortaklıkları, sistemin maliyet etkinliğini artıran yenilikçi bir iş modeli olarak öne çıkmaktadır. "Reverse logistics partnerships" yaklaşımı, mevcut dağıtım altyapısının atık toplama süreçleriyle bütünleştirilmesini sağlayarak hem operasyonel maliyetleri düşürmekte hem de kullanıcıların fiziksel teslim yükünü azaltarak davranışsal bariyerleri zayıflatmaktadır (Rogers & Tibben-Lembke, 2001; Guide & Van Wassenhove, 2009; Borthakur & Govind, 2017).

Politika düzeyinde, bu iş birliklerinin devlet tarafından vergi indirimleri, yeşil sertifikasyon programları ve taşıma sübvansiyonları yoluyla teşvik edilmesi önerilmektedir. Böyle bir mekanizma, yalnızca özel sektörün operasyonel etkinliğini artırmakla kalmayacak; aynı zamanda kamu–özel sektör arasında sürdürülebilir bir yönetişim zemini oluşturacaktır. Bu yapı, Hunt'ın (2010) macromarketing yaklaşımında vurguladığı üzere, mikro düzeyde bireysel tüketici kolaylığını, makro düzeyde ise sistemsel verimlilik ve toplumsal refahı aynı anda güçlendiren bütüncül bir pazarlama sistemi işlevi görmektedir.

Sonuç olarak, MALT yaklaşımının uygulanması; toplama ve taşıma maliyetlerinin azaltılması, karbon emisyonlarının düşürülmesi ve operasyonel verimliliğin artırılması yoluyla e-atık yönetim sisteminin finansal ve çevresel sürdürülebilirliğini güçlendirecektir. Ayrıca, kargo firmalarıyla geliştirilecek tersine lojistik ağlarının, kullanıcı erişimini genişleterek katılım oranlarını yükseltmesi ve sistem maliyetlerini azaltması beklenmektedir.

3.6.3.3. Teknolojik Geri Kazanım Altyapısı (TEGRA Ağı)

ESEGEM modelinde yapılan ekonometrik analizler, hammadde fiyatlarındaki değişimin (HF) e-atık geri dönüşüm miktarı (GDM) üzerindeki etkisinin sınırlı düzeyde kaldığını ortaya koymuştur. Bu sonuç, Türkiye'de e-atık içerisindeki değerli ve kritik hammaddelerin geri kazanım kapasitesinin yetersiz olduğunu ve mevcut altyapının ileri teknoloji entegrasyonundan uzak bulunduğunu göstermektedir. Literatürde de özellikle gelişmekte olan ülkelerde teknolojik geri kazanım

kapasitesinin sınırlılığı, e-atık değer zincirinin en zayıf halkalarından biri olarak değerlendirilmektedir (Zeng vd., 2017; UNEP, 2019).

Döngüsel ekonomi perspektifine göre, ileri teknolojiye dayalı geri kazanım altyapısı, hem ekonomik değer yaratımı hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından stratejik bir zorunluluktur (European Commission, 2020; Milios, 2018). Bu bağlamda, ESEGEM kapsamında geliştirilen TEGRA Ağı, Türkiye'nin e-atık akışındaki altın, paladyum, kobalt ve nadir toprak elementleri gibi stratejik hammaddelerin geri kazanım oranlarını artırmak ve bu kaynakları yerli üretim zincirine entegre etmek amacıyla tasarlanmıştır. Model, yalnızca miktarsal geri dönüşüm artışını değil, aynı zamanda teknolojik kapasiteye dayalı niteliksel dönüşümü hedeflemektedir.

Bu çerçevede üç temel politika ve teknoloji önerisi öne çıkmaktadır. İlk olarak, hidrometalurji ve biyoliç gibi ileri geri kazanım teknolojilerine yönelik kamu-özel sektör Ar-Ge teşviklerinin güçlendirilmesi gerekmektedir. Bu yöntemler, yüksek katma değerli metalleri çevresel açıdan sürdürülebilir biçimde geri kazanmayı mümkün kılmakta ve karbon yoğunluğunu azaltmaktadır (Cui & Zhang, 2008). Üniversite-sanayi iş birlikleri, teknoloji geliştirme bölgeleri ve TÜBİTAK benzeri destek mekanizmaları bu alandaki Ar-Ge ticarileşmesini hızlandırabilir. İkinci olarak, yerli e-atık rafinasyon tesislerinin kurulması ve ulusal üretim zincirine entegre edilmesi stratejik önemdedir. Türkiye'nin mevcut durumda yüksek değerli fraksiyonları yurt dışına göndermesi hem ekonomik kayıp hem de dışa bağımlılık yaratmaktadır. Yerli tesislerin yaygınlaşması, stratejik hammaddelerin ülke içinde değerlendirilmesini sağlayarak ekonomik dayanıklılığı güçlendirecektir (Zeng vd., 2017; UNEP, 2019). Üçüncü olarak, "Kent Madeninden" etiketiyle sürdürülebilir geri kazanım sertifikasyon sisteminin hayata geçirilmesi önerilmektedir. Bu sistem, çevresel sorumlulukla üretilen hammadde ve yarı mamullerin piyasada tanınırlığını artırarak toplumsal farkındalığı güçlendirecek, sürdürülebilir tedarik zincirlerinin oluşmasına katkıda bulunacaktır (Milios, 2018; European Commission, 2020).

TEGRA Ağı'nın hayata geçirilmesi, Türkiye'de e-atık yönetimini niceliksel bir geri dönüşüm sisteminden çıkarıp, yüksek katma değerli geri kazanım ve yerli üretim entegrasyonu sağlayan bir yapıya dönüştürecektir. Böylece hem ekonomik getiriler hem de çevresel sürdürülebilirlik hedefleri arasında sinerjik bir denge kurulacak, ülkenin kaynak verimliliği ve stratejik otonomisi güçlenecektir.

3.6.3.4. Yasal Uyumluluk ve Denetim Sistemi (YUDES)

ESEGEM modelinde yapılan ekonometrik analizler, yasal düzenlemelerin sıkılığı ve denetim kapasitesinin (YZ) e-atık geri dönüşüm miktarı (GDM) üzerinde orta düzeyde, ancak istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, yasal çerçevenin ve kurumsal denetim kapasitesinin sistem performansını destekleyici bir faktör olduğunu, fakat tek başına dönüşümü hızlandırmakta yeterli ivmeyi sağlayamadığını ortaya koymaktadır. Literatürde e-atık yönetiminde güçlü bir düzenleyici yapı ve etkin denetim mekanizmalarının, geri dönüşüm oranlarının artışı ve çevresel hedeflerin başarılması için temel koşul olduğu vurgulanmaktadır (Widmer vd., 2005; UNEP, 2019).

Döngüsel ekonomi uygulamalarının başarısı, yalnızca teknik altyapı ve ekonomik teşviklerin varlığına değil, aynı zamanda bu unsurların hukuki güvence ve kurumsal denetimle desteklenmesine bağlıdır. Bu durum, Avrupa Birliği Döngüsel Ekonomi Eylem Planı'nda da açık biçimde belirtilmiştir (European Commission, 2020). Türkiye'de e-atık yönetiminin bölgesel ölçekte farklı denetim düzeylerine sahip olması, sistemin bütüncül etkinliğini sınırlandırmaktadır. Bu bağlamda geliştirilen YUDES yaklaşımı, kurumsal denetim kapasitesini güçlendiren, şeffaflığı artıran ve bölgesel farklılıkları azaltmayı hedefleyen çok katmanlı bir uyum mekanizması olarak tasarlanmıştır.

Bu çerçevede üç temel politika ve sistem önerisi öne çıkmaktadır. Birincisi, ulusal düzeyde bir E-Atık Regülasyon Endeksi kurulması önerilmektedir. Bu endeks, yerel yönetimlerin e-atık toplama, ayırma ve geri dönüşüm performanslarını ölçerek kamuoyuna açık biçimde raporlayacak; böylece yerel aktörler arasında iyi uygulama örneklerinin yaygınlaşmasına ve rekabetçi bir motivasyon ortamı oluşmasına katkı sağlayacaktır (OECD, 2019; UNEP, 2019). İkincisi, barkod, QR kod ve blockchain tabanlı dijital denetim altyapısının hayata geçirilmesidir. Atıkların kaynağından nihai işleme tesisine kadar izlenebilirliğini sağlayan bu sistem, veri güvenliği ve şeffaflık açısından denetim süreçlerinde devrim niteliğinde yenilikler sunmaktadır (Zeng vd., 2017; Saberi vd., 2019). Üçüncüsü, Genişletilmiş Üretici Sorumluluğu (GÜS) sisteminin yasal zorunluluk haline getirilmesi ve denetimle güçlendirilmesidir. GÜS modeli, üreticilerin ürün yaşam döngüsünün sonundaki sorumluluklarını üstlenmelerini sağlayarak hem atık miktarını azaltmakta hem de kaynak döngüselliğini

desteklemektedir. Avrupa Birliği ülkelerinde e-atık yönetiminde en etkili politika araçlarından biri olarak uygulanan GÜS'ün Türkiye'de de kurumsal denetim mekanizmasıyla bütünleştirilmesi, sistemin sürdürülebilirliğini güçlendirecektir (European Commission, 2020; Widmer vd., 2005).

YUDES sisteminin uygulanmasıyla yasal uyum kapasitesinin güçlendirilmesi, bölgesel uygulama farklılıklarının azaltılması ve sistemin denetim şeffaflığının artırılması sağlanacaktır. Bu bütünleşik yapı, e-atık yönetimi sisteminin kurumsal bütünlüğünü destekleyerek geri dönüşüm oranlarının istikrarlı biçimde artmasına ve uzun vadede çevresel yönetişimin kurumsallaşmasına katkı sunacaktır.

3.6.3.5. Tüketici Farkındalık ve Katılım Mekanizması (TUKAM)

ESEGEM modelinde yürütülen analizler, tüketici duyarlılığı (TD) ile e-atık geri dönüşüm miktarı (GDM) arasında pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunduğunu, ancak bu etkinin zamana yayılı ve birikimli bir nitelik taşıdığını ortaya koymuştur. Bu sonuç, bireysel ve toplumsal düzeyde çevresel farkındalık ve davranış değişiminin, geri dönüşüm sistemlerinde uzun vadeli bir kaldıraç işlevi gördüğünü göstermektedir. Benzer şekilde, literatürde de tüketici eğilimleri, çevresel bilinç ve gönüllü katılımın sürdürülebilir atık yönetiminde kilit belirleyiciler olduğu vurgulanmaktadır (Saphores vd., 2012; Milios, 2018).

Döngüsel ekonomi uygulamalarının başarısı yalnızca teknik altyapı ve yasal düzenlemelere değil, aynı zamanda tüketicilerin sisteme katılım düzeyine ve çevresel sorumluluk bilincine de bağlıdır. Avrupa Birliği (2020) ve Kirchherr ve arkadaşları (2017) tarafından belirtildiği üzere, döngüsel ekonomi sistemleri ancak davranışsal katılımın kurumsal yapılarla entegre edildiği durumlarda sürdürülebilir bir etki yaratabilmektedir. Türkiye bağlamında TUKAM, e-atık yönetiminde davranışsal dönüşümü teşvik eden, toplumsal sahiplenmeyi artıran ve katılımcı bir yönetişim kültürünü destekleyen bir mekanizma olarak tasarlanmıştır.

Bu kapsamda üç temel politika ve uygulama önerisi geliştirilmiştir. Birincisi, ulusal düzeyde kapsamlı bir farkındalık kampanyasının başlatılmasıdır. "E-Atık Çöp Değil, Gelecek" temalı kampanyanın Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, yerel yönetimler ve sivil toplum kuruluşlarının iş birliğiyle yürütülmesi önerilmektedir.

UNEP (2019) ve OECD (2019) raporlarında vurgulandığı gibi, bu tür iletişim kampanyaları çevresel davranış değişiminde en etkili toplum temelli araçlar arasındadır. İkincisi, Milli Eğitim Bakanlığı ile iş birliği içinde okul müfredatına e-atık ve döngüsel ekonomi eğitimlerinin dahil edilmesidir. Japonya ve AB ülkelerinde benzer müfredat uygulamaları, genç kuşaklarda çevresel sorumluluk bilincinin yerleşmesinde önemli katkı sağlamıştır (Widmer vd., 2005; European Commission, 2020). Üçüncüsü, tüketicilerin geri dönüşüm sürecine aktif katılımını özendirmek amacıyla dijital ödül sistemlerinin kurulmasıdır. Mobil uygulamalar üzerinden puan, vergi indirimi veya alışveriş kuponu gibi ödüller sunulması, geri dönüşüm katılımını ölçülebilir ve ödüllendirilebilir hale getirerek davranışsal ekonomi yaklaşımlarının pratik bir yansıması olarak değerlendirilebilir (Thøgersen, 2003; Varotto & Spagnolli, 2017). Türkiye'de özellikle belediyeler ve özel sektör iş birliğiyle geliştirilecek mobil platformlar üzerinden bu uygulamaların yaygınlaştırılması hem geri dönüşüm oranlarını artıracak hem de tüketici-devlet iş birliğini güçlendirecektir.

Sonuç olarak, TUKAM yaklaşımının uygulanması, tüketici bilincinin artmasını, gönüllü katılım düzeylerinin yükselmesini ve e-atık yönetiminde toplumsal sahiplenmenin kurumsallaşmasını sağlayacaktır. Bu yaklaşım, bireysel çevresel niyetlerin sistemsel geri dönüşüm performansına yansımasını destekleyerek, ESEGEM modelinin sürdürülebilirlik boyutunu sosyo-davranışsal açıdan güçlendirmektedir.

3.6.4. Modelin İşleyişi: Katmanlı Müdahale Haritası

Modelin katmanlı yapısı, e-atık yönetiminin yalnızca tek bir aktörün inisiyatifiyle değil; çok düzeyli, eşgüdüm gerektiren bir sistem bütünlüğü içinde ele alınması gerektiği anlayışına dayanmaktadır. Bu doğrultuda geliştirilen müdahale haritası, makro, mezo ve mikro düzeylerde sorumluluk alan aktörleri ve bu aktörlerin ilişkilendirildiği model bileşenlerini sistematik biçimde göstermektedir (Tablo 70).

Tablo 70. Katmanlı Müdahale Haritası

Müdahale Düzeyi	Aktörler	Model Bileşeni
Makro (Yasa – Bütçe)	Çevre Bakanlığı, Hazine	PT-Eksenli, YUDES
Mezo (Yerel Yönetim)	Belediyeler, İl Müdürlükleri	MALT, TEGRA, YUDES
Mikro (Vatandaş, Firma)	Hanehalkı, Geri dönüşüm firmaları	TUKAM, TEGRA

3.6.4.1. Makro Düzey (Yasa – Bütçe)

Bu düzeyde, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ile Hazine ve Maliye Bakanlığı gibi üst düzey kurumsal yapılar yer almaktadır. ESEGEM modeli çerçevesinde bu aktörlerin rolü, politik düzenlemeler, mali teşvik mekanizmalarının tasarımı ve yasal denetim altyapısının güçlendirilmesi ile sınırlı kalmayıp, sistemin bütününe yön veren çerçeveyi oluşturmak üzerinedir. Bu noktada özellikle PT (Politika ve Teşvik Entegrasyonu) ve YUDES (Yasal Uyumluluk ve Denetim Sistemi) bileşenleri devreye girmektedir. PT aracılığıyla kaynak tahsisi, bütçe planlaması ve teşvik stratejileri kurgulanırken; YUDES ile sistemin yasal bütünlüğü ve yaptırım gücü inşa edilmektedir. Bu düzeyin güçlü olması, alt katmanlarda yer alan uygulamaların sahada etkin biçimde hayata geçirilebilmesini doğrudan belirlemektedir.

3.6.4.2. Mezo Düzey (Yerel Yönetim)

Yerel düzeyde belediyeler, il çevre müdürlükleri ve taşra teşkilatları gibi aktörler e-atık yönetiminin operasyonal yükünü taşımaktadır. Modelin bu düzeydeki bileşenleri olan MALT (Maliyet Azaltıcı Lojistik Teknolojiler), TEGRA (Teknolojik Geri Kazanım Altyapısı) ve yine YUDES yerel ölçekli uyarlamalarıyla birlikte işlev görmektedir. Belediyelerin sahada konteynerlerin yerleştirilmesi, toplama sistemlerinin verimliliği, atık ayırma teknolojilerinin tedariki gibi konularda sorumluluk alması, sistemin sürdürülebilirliği açısından kritik önemdedir. Ayrıca, geri kazanım tesislerinin modernize edilmesi ve yerli üretim altyapısıyla entegre olması da TEGRA bileşeni altında ele alınmakta, yerel yönetimlerin planlama ve bütçeleme becerileri burada kilit rol oynamaktadır.

3.6.4.3. Mikro Düzey (Vatandaş – Firma)

En alt düzeyde ise sistemin son kullanıcıları olan hanehalkı, tüketiciler, geri dönüşüm firmaları ve diğer paydaşlar yer almaktadır. Bu gruba yönelik müdahale mekanizmaları, TUKAM (Tüketici Farkındalık ve Katılım Mekanizması) ve TEGRA aracılığıyla hayata geçirilmektedir. TUKAM ile dijital bilgilendirme uygulamaları, sosyal kampanyalar, eğitim faaliyetleri ve mobil uygulamalarla vatandaşların geri dönüşüme aktif katılımı teşvik edilirken, firmaların da sisteme dâhil olması

sağlanmaktadır. Bu düzeydeki katılım, makro ve mezo düzeylerin etkinliği kadar, bireysel farkındalık, algı, kolay erişim ve güven gibi psikolojik değişkenlerle doğrudan ilişkilidir. Dolayısıyla, davranış bilimleri temelli stratejiler bu düzeyde daha fazla öne çıkmaktadır. Bu tablonun ortaya koyduğu katmanlı müdahale haritası, ESEGEM modelinin çok aktörlü ve çok ölçekli bir sistem mantığına dayandığını göstermektedir. Her düzey, kendine özgü yetki alanı ve sorumluluklarla donatılmış olsa da bu katmanlar arasında kurumsal eşgüdüm, bilgi akışı ve geri bildirim mekanizmaları kurulmaksızın modelin başarıya ulaşması mümkün değildir. Yukarıdan aşağıya kurgulanan teşvik ve düzenleme sistemleri, aşağıdan yukarıya yönelen katılım ve geri bildirimlerle dengelendiğinde, sürdürülebilir bir e-atık yönetim ekosistemi kurulabilir.

3.6.5. Modelin Etki Projeksiyonu (2030 Hedefi)

ESEGEM modeli çerçevesinde geliştirilen 2030 projeksiyon senaryosu, yalnızca öngörüsel bir hesaplama değil; aynı zamanda sistemin dönüşüm potansiyelini ortaya koyan stratejik bir planlama aracıdır. Modelde, 2022 baz yılına göre ekonomik (TEŞ, TM), yasal (YZ), teknolojik (HF) ve davranışsal (TD) bileşenlerde yapılacak parametrik değişimlerin etkisi, 2030 yılı için öngörülen e-atık geri dönüşüm miktarı (GDM), toplama oranı, karbon tasarrufu ve istihdam çıktıları üzerinden değerlendirilmiştir (Tablo 71).

Tablo 71. Modelin Etki Projeksiyonu (2030 Hedefi)

Hedef Kategori	2022	2030 (Model Tahmini)
GDM (ton)	40.900	85.000+
E-Atık Toplama Oranı	%15	%45+
CO_2 Tasarrufu	~60.000 ton	150.000 ton
İstihdam	500 kişi	5.000+ kişi

Not: Hesaplama yöntemi, kullanılan katsayılar ve kaynaklar Ek 3: Hesaplama Yöntemleri ve Katsayılar bölümünde ayrıntılı biçimde gösterilmiştir.

Modelin sunduğu bu projeksiyon, yalnızca nicel hedefleri değil; aynı zamanda e-atık sisteminin dönüşüm potansiyelini yansıtan, veriye dayalı, ölçülebilir ve izlenebilir bir stratejik çerçeveyi temsil etmektedir. Bu çıktılar, kamu politikalarının çevresel ve ekonomik etkilerinin değerlendirilmesinde karar alıcılara somut kanıtlar sunmakta ve Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA 11, 12 ve 13) ile doğrudan ilişkilendirilmektedir.

Bu bağlamda ESEGEM modeli, yalnızca akademik bir kavramsal çerçeve değil; aynı zamanda kurumsal politika üretimi, bütçe tahsisi ve altyapı planlaması açısından uygulanabilir bir karar-destek platformu işlevi görmektedir. Modelin en güçlü yönlerinden biri, statik bir sistem önerisi olmaktan ziyade, zamana yayılmış dinamik bir dönüşüm potansiyelini ortaya koymasıdır. Böylece ESEGEM, sürdürülebilir e-atık yönetiminin uzun vadeli yönetişim kapasitesini güçlendiren bütüncül bir referans noktası hâline gelmektedir.

Elde edilen projeksiyon sonuçları, modelin yalnızca teorik bir yapı değil; aynı zamanda farklı politika kombinasyonlarının sistem üzerindeki etkilerini sayısal olarak test edebilen uygulanabilir bir politika-simülasyon aracı olduğunu göstermektedir. Bu aşamada, model bileşenlerinin (TEŞ, TM, YZ, TD ve HF) göreli etki düzeyleri dikkate alınarak politika araçlarının hangi sırayla ve öncelikle ele alınması gerektiğinin belirlenmesi kritik önem taşımaktadır. Dolayısıyla, 2030 hedef projeksiyonlarının sunduğu yönlendirici çıktılar, bir sonraki aşamada geliştirilen *Politika Önceliklendirmesi* (Bölüm 3.6.6) tablosuna doğrudan temel oluşturmaktadır. Bu tablo, ESEGEM'in çok katmanlı yapısında makro, mezo ve mikro düzeyde uygulanabilecek politika araçlarını; etki gücü, müdahale düzeyi, uygulama kolaylığı ve stratejik öncelik bakımından karşılaştırmalı biçimde değerlendirmektedir.

3.6.6. Politika Önceliklendirmesi

Tablo 72. ESEGEM Politika Önceliklendirmesi

Politika Bileşeni	Etki Gücü	Müdahale Alanı	Uygulama Kolaylığı	Stratejik Öncelik
PT – Politika ve Teşvik Mekanizmaları	Çok Yüksek	Makro	Orta	1
MALT – Maliyet Azaltıcı Lojistik Teknolojiler	Yüksek	Mezo	Orta	2
TUKAM – Tüketici Katılım ve Motivasyonu	Orta	Mikro	Yüksek	3
YUDES – Yasal Düzenleme ve Denetim Sistemi	Orta	Makro	Orta	4
TEGRA – Teknolojik Geri Kazanım Altyapısı	Düşük	Dolaylı	Düşük	Takip Edilmeli

ESEGEM modelinin hayata geçirilmesinde hangi politika araçlarının daha öncelikli olarak ele alınması gerektiği sorusu, yalnızca akademik düzlemde değil, uygulama pratikleri açısından da temel bir meseledir. Bu bağlamda oluşturulan politika önceliklendirme tablosu, müdahale araçlarını dört temel ölçüte göre değerlendirmekte

ve öncelik sırasına göre sınıflandırmaktadır: sistem üzerindeki etki gücü, müdahale düzeyi (makro-mezo-mikro), uygulama kolaylığı ve stratejik öncelik (Tablo 72).

3.6.6.1. PT – Politika ve Teşvik Mekanizmaları (Makro Düzey, Etki Gücü: Çok Yüksek, Öncelik: 1)

PT bileşeni, sistemin en güçlü politika kaldıraç noktası olarak öne çıkmaktadır. Modelin ekonometrik analizleri, devlet teşvikleri (TEŞ değişkeni) ile geri dönüşüm miktarı (GDM) arasında yüksek pozitif ilişki bulunduğunu göstermiştir. Bu sonuç, mali desteklerin ve vergi indirimlerinin hem özel sektör yatırımlarını hem de belediye temelli operasyonel kapasiteleri artırmada belirleyici rol oynadığını doğrulamaktadır. PT bileşeninin uygulanabilirliği orta düzeyde değerlendirilmiştir; çünkü kapsamlı bütçe planlaması, mevzuat uyumu ve kurumlar arası koordinasyon gerektirmektedir. Buna rağmen, yarattığı ekonomik teşvik etkisi nedeniyle stratejik öncelik sıralamasında birinci sırada yer almaktadır. Bu müdahale, makro düzeyde sistemin dönüşüm potansiyelini harekete geçiren temel araçtır.

3.6.6.2. MALT – Maliyet Azaltıcı Lojistik Teknolojiler (Mezo Düzey, Etki Gücü: Yüksek, Öncelik: 2)

MALT bileşeni, e-atık toplama ve taşıma süreçlerinde operasyonel maliyetleri azaltmayı, verimliliği artırmayı ve sistemin finansal sürdürülebilirliğini güçlendirmeyi amaçlamaktadır. Lojistik maliyetler (TM değişkeni) ile geri dönüşüm performansı arasındaki negatif ilişki, maliyet azaltımının sistem başarısında kritik bir rol oynadığını göstermektedir. Bu bağlamda yapay zekâ tabanlı rota optimizasyon sistemleri, mikro toplama merkezleri ve tersine lojistik iş birlikleri gibi uygulamalar ön plana çıkmaktadır. MALT, uygulama kolaylığı açısından orta düzeyde sınıflandırılmıştır; çünkü bölgesel farklılıklar, altyapı kapasitesi ve yerel yönetimlerin kaynak sınırlılıkları dikkate alınmalıdır. Bununla birlikte, etkisi doğrudan geri dönüşüm oranlarına yansıdığı için ikinci öncelikli bileşen olarak belirlenmiştir.

3.6.6.3. TUKAM – Tüketici Katılım ve Motivasyonu (Mikro Düzey, Etki Gücü: Orta, Öncelik: 3)

TUKAM bileşeni, e-atık yönetiminde davranışsal dönüşümün sağlanması açısından temel bir unsurdur. Modelde tüketici duyarlılığı (TD değişkeni) ile geri dönüşüm miktarı (GDM) arasında pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur.

Bu bileşen, uzun vadeli farkındalık kampanyaları, dijital ödül sistemleri, mobil bilgilendirme uygulamaları ve eğitim faaliyetleri yoluyla toplumsal bilinç oluşturmayı hedefler. Uygulama kolaylığının yüksek olarak değerlendirilmesinin nedeni, düşük maliyetli ve dijital tabanlı uygulamaların hızlı şekilde hayata geçirilebilmesidir. Ancak davranışsal değişim süreçlerinin zaman alıcı doğası nedeniyle etki gücü orta düzeydedir. Bu nedenle TUKAM, sürdürülebilir dönüşümün sosyal boyutunu temsil eden üçüncü öncelikli bileşen olarak tanımlanmıştır.

3.6.6.4. YUDES – Yasal Düzenleme ve Denetim Sistemi (Makro Düzey, Etki Gücü: Orta, Öncelik: 4)

YUDES bileşeni, yasal çerçevenin güçlendirilmesi ve uygulama-denetim kapasitesinin artırılmasını hedeflemektedir. Modelde yasal düzenleme göstergesi (YZ değişkeni), e-atık geri dönüşüm miktarı üzerinde orta düzeyde pozitif etki göstermiştir. Bu durum, hukuki yaptırımların ve düzenleyici kurumların rolünün destekleyici ancak tek başına yeterli olmadığını göstermektedir. YUDES kapsamında Ulusal E-Atık Regülasyon Endeksi'nin geliştirilmesi, dijital denetim sistemlerinin kurulması ve Genişletilmiş Üretici Sorumluluğu (GÜS) mekanizmasının etkinleştirilmesi önerilmektedir. Uygulama kolaylığı orta düzeyde sınıflandırılmıştır; çünkü yasal reformlar uzun vadeli koordinasyon gerektirmektedir. Buna rağmen, sistemin kurumsal bütünlüğünü sağlama gücü nedeniyle dördüncü sırada yer almaktadır.

3.6.6.5. TEGRA – Teknolojik Geri Kazanım Altyapısı (Dolaylı Müdahale, Etki Gücü: Düşük, Öncelik: Takip Edilmeli)

TEGRA bileşeni, e-atık içerisindeki değerli ve stratejik hammaddelerin yerli teknolojilerle geri kazanımını hedeflemektedir. Modelde hammadde fiyatlarının (HF değişkeni) geri dönüşüm miktarı üzerindeki etkisinin sınırlı kalması, bu alanın uzun vadeli yatırım gerektiren bir bileşen olduğunu göstermektedir. Hidrometalurji ve biyoliç teknolojilerinin geliştirilmesi, AR-GE desteklerinin artırılması ve "Kent Madeni" sertifikasyon sisteminin yaygınlaştırılması bu bileşenin ana uygulama alanlarıdır. TEGRA'nın kısa vadede etki gücü düşük olsa da, uzun vadede ekonomik bağımsızlık ve çevresel verimlilik açısından stratejik öneme sahiptir. Bu nedenle takip edilmesi gereken bir politika bileşeni olarak sınıflandırılmıştır.

Bu önceliklendirme, ESEGEM modelinin çok katmanlı yapısını stratejik bir planlama perspektifiyle bütünleştirmektedir. Makro düzeydeki PT ve YUDES bileşenleri

sistemin yapısal çerçevesini, mezo düzeydeki MALT operasyonel verimliliği, mikro düzeydeki TUKAM ise toplumsal dönüşümü temsil etmektedir. TEGRA ise uzun vadede sistemin teknolojik dayanıklılığını güçlendiren tamamlayıcı bir bileşendir. Bu çerçevede, kaynak tahsisinde önceliğin PT ve MALT bileşenlerine, davranışsal sürdürülebilirlikte TUKAM'a, kurumsal istikrarın sağlanmasında YUDES'e, stratejik teknoloji geliştirme vizyonunda ise TEGRA'ya verilmesi önerilmektedir. Böylece ESEGEM modeli, çevresel davranışlardan makro politika tasarımına uzanan çok düzeyli bir sürdürülebilir dönüşüm yol haritası sunmaktadır.

Bu bağlamda, 3.7. bölümde ESEGEM'in beş ana politika bileşeni (PT, MALT, YUDES, TEGRA, TUKAM) için nicel senaryolar geliştirilmiştir. Bu senaryolar, 3.5.5. bölümünde ekonometrik olarak tahmin edilen ESEGEM denklemi kullanılarak oluşturulmuş ve her bir bileşenin e-atık geri dönüşüm miktarı (GDM) üzerindeki marjinal etkisi sayısal biçimde değerlendirilmiştir. Böylece model, 3.6. bölümde tanımlanan kavramsal ve politika düzeyindeki çerçeveden çıkarak, farklı politika kombinasyonlarının sistem performansı üzerindeki etkilerini ölçen dinamik bir simülasyon yapısına dönüşmektedir. Bu geçiş, ESEGEM'in teorik temelden pratik uygulamaya taşınmasında kritik bir eşiği temsil etmektedir. Artık modelin bileşenleri, yalnızca kavramsal tanımlar olmaktan çıkıp, somut politika parametreleri aracılığıyla ölçülebilir değişkenlere dönüşmektedir. 3.7. bölümde sunulan "ESEGEM Bileşenleri Politika Senaryoları", her politika aracının ekonomik, yasal, teknolojik ve davranışsal etkilerini birlikte ele alarak, Türkiye'nin 2030 sürdürülebilir e-atık yönetimi hedeflerine ulaşmasında en uygun politika bileşimlerini belirlemeyi amaçlamaktadır.

3.7. ESEGEM Bileşenleri Politika Senaryoları

Bu bölümde, 3.5.5'te oluşturulan ekonometrik simülasyon modeli sonuçlarından hareketle, ESEGEM modelinin politika bileşenleri için nicel senaryolar geliştirilmiştir. Model, e-atık geri dönüşüm performansını (GDM) etkileyen temel makro değişkenlerin (TEŞ, TM, HF, YZ, TD) tahmini katkılarını birleştirerek, farklı politika kurgularının sistem üzerindeki olası etkilerini sayısal biçimde değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Böylece, önceki alt bölümlerde (3.5–3.6) teorik ve yapısal düzeyde tanımlanan politika blokları, bu aşamada ölçülebilir senaryo çıktıları hâline getirilmiştir. Bu senaryo temelli yaklaşım, daha önce Kırcova vd. (2012) yürüttüğü *"Otomotiv Ticaretinde Yol Haritası: Talep Tahmini (2012–2016)"* çalışmasında

kullanılan ekonometrik modelleme mantığından esinlenilerek tasarlanmıştır. Söz konusu çalışmada otomotiv sektöründeki vergi, teşvik ve hurda politikalarının alternatif senaryolar altında nicel olarak test edilmesi, bu tezde geliştirilen ESEGEM senaryo modülüne kavramsal ve metodolojik temel oluşturmuştur.

Elde edilen model aşağıdaki genel denkleme dayanmaktadır:

$$GDMt = \beta 0 + \beta 1TEŞ + \beta 2TMt + \beta 3HFt + \beta 4YZt + \beta 5TDt$$

Regresyon sonuçlarından türetilen katsayılar, aşağıdaki şekilde modele yerleştirilmiştir:

$$GDMt = 10{,}000 + 0.0004 \times TEŞt - 60 \times TMt + 25 \times HFt + 800 \times YZt + 10{,}000 \times TDt$$

Bu modelde,

- TEŞ (Teşvikler / Politika Teşvikleri): Kamu teşvik ve sübvansiyonlarının toplam hacmi (TL).
- TM (Toplama–Taşıma Maliyetleri): Birim toplama/taşıma maliyeti (₺/ton).
- HF (Hammadde Fiyatları): Geri kazanılabilir hammaddeye ilişkin fiyat/endeks göstergesi (ör. metal kompozit endeksi).
- YZ (Yasal Düzenleme Endeksi): Mevzuatın sıkılığı ve uygulama/denetim düzeyi için oluşturulan endeks (0–10 aralığı gibi).
- TD (Tüketici Duyarlılığı): Çevresel duyarlılık ve geri dönüşüm davranış düzeyi endeksini (0–1 aralığı gibi) temsil etmektedir.

2022 yılına ait baz değerler kullanılarak başlangıç durumu aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$Baz\ değerler\ (2022)\ TEŞ = 97\,874\,361\ TL, TM = 600\ ₺/ton, HF = 158.36, YZ = 8.0, TD = 0.67$$

$$Baz\ GDM\ (2022) = 10000 + 0.0004 \cdot 97874\,361 - 60 \cdot 600 + 25 \cdot 158.36 + 800 \cdot 8 + 10\,000 \cdot 0.67$$
$$= 10000 + 0.0004 \cdot 97874361 - 60 \cdot 600 + 25 \cdot 158.36 + 800 \cdot 8 + 10000 \cdot 0.67 = 30\,208.744 \approx 30\,209\ ton$$

Bu sonuç, Türkiye'nin 2022 yılı için modelin baz senaryosuna göre yaklaşık 30 bin ton geri dönüşüm performansına sahip olduğunu göstermektedir. Bu değerden hareketle sonraki alt senaryolarda her bir politika bileşeni (örneğin, PT–MALT–YUDES–TEGRA–TUKAM) kendi parametreleri üzerinden artırılıp azaltılarak alternatif politika senaryoları oluşturulmuştur. Böylece, model yalnızca statik bir tahmin aracı değil, aynı zamanda farklı politika kombinasyonlarının duyarlılık analizini de sağlayan bir karar destek yapısına dönüşmüştür.

3.7.1. ESEGEM Bileşenleri Bazlı Senaryo Tasarımları

Bu alt bölümde, ESEGEM denkleminden türetilen katsayılar kullanılarak beş politika bileşeni (PT, YUDES, MALT, TEGRA, TUKAM) için uluslararası iyi uygulama örneklerine dayalı senaryolar tasarlanmış ve her senaryonun geri dönüşüm miktarı (GDM) üzerindeki marjinal etkisi sayısal olarak hesaplanmıştır. Çalışmanın akışı özetle şöyledir:

1. Bileşen–senaryo eşleştirmesi: Her bileşen için üç politika tasarımı (A/B/C) seçilmiş; örn. PT'de üretici sorumluluk fonu–eko-modülasyon, perakendeci iade yükümlülüğü, performansa dayalı fon modeli gibi farklı araç kümeleri tanımlanmıştır.
2. Model değişkenlerine haritalama: Her senaryonun politika araçları, ESEGEM'deki ilgili değişkenlerde parametrik değişim olarak ifade edilmiştir (TEŞ, TM, YZ, TD; HF yalnızca dışsal gösterge olarak izlenmiş, TEGRA etkileri TM/TEŞ/YZ/TD kanallarına yedirilmiştir).
3. Sayısal şokların belirlenmesi: Senaryolar, 2022 baz değerleri üzerine kurgulanmış ve her politika tasarımının beklenen etkisi oransal/ek puan olarak modele girilmiştir (örn. TEŞ +%15, TM –%10, YZ +0.6 puan, TD +0.05 vb.).
4. ΔGDM ve yeni GDM hesabı: Tanımlanan parametre değişimleri, ESEGEM denklemi kullanılarak ton bazında marjinal etki (ΔGDM) ve yeni GDM olarak hesaplanmış; ayrıca yüzdesel değişim raporlanmıştır. Tablolarda verilen tüm sonuçlar bu hesapların çıktılarıdır.
5. Bileşen içi karşılaştırma ve yorum: Her bileşende A/B/C senaryoları etki büyüklüğü ve uygulanabilirlik açısından karşılaştırılmış; kısa–orta vadeli kapasite artışı, maliyet azaltımı ve yönetişim faydaları metinde nitel olarak tartışılmıştır.
6. Çok ölçütlü uygunluk değerlendirmesi: Senaryo sonuçları, uygulanabilirlik (0.30), ekonomik verimlilik (0.25), teknolojik uyum (0.25), sosyo-kültürel uyum (0.20) ağırlıklarıyla puanlanmış; U skoru hesaplanarak Türkiye koşulları için en uygun senaryo kombinasyonu (PT-C + YUDES-A + MALT-B + TEGRA-B + TUKAM-B) önerilmiştir.

Bu çerçeveyle, her senaryonun model değişkenlerinde yarattığı değişim açıkça gösterilmiş; sayısal simülasyon (ΔGDM, yeni GDM, % artış) ve yönetsel

uygulanabilirlik birlikte değerlendirilerek, Türkiye için etki–maliyet dengesi yüksek politika bileşimleri belirlenmiştir.

3.7.1.1. PT- Politika Teşvik Mekanizmaları

Bu alt bölüm, ESEGEM denkleminin tahmin edilen katsayılarını kullanarak teşvik temelli politika araçlarının geri dönüşüm miktarı (GDM) üzerindeki etkisini nicel olarak değerlendirmektedir. PT bileşeni altında ele alınan araçlar, (i) üretici sorumluluk fonu ve eko-modülasyon (EPR), (ii) perakendeciye zorunlu ve ücretsiz iade (1-e-1/0-e-1), ve (iii) performansa dayalı belediye fonlarıyla üretici finansmanı gibi mali ve yönetişimsel düzeneklerden oluşur. Bu araçlar, modeldeki politika değişkenlerine aşağıdaki biçimde parametrik şoklar olarak haritalanmıştır: toplam kamu/özel teşvik hacmi (TEŞ), toplama-taşıma birim maliyeti (TM), yasal düzenleme/uygulama sıkılığı endeksi (YZ) ve tüketici davranış düzeyi (TD). Hammadde fiyat endeksi (HF) dışsal kabul edilmiş, PT kapsamında doğrudan şoklanmamıştır.

Tablo 73. Politika Teşvik Senaryoları

Senaryo	Ülke örneği	Politika tipi	Modelde etkilenen değişkenler	Beklenen sistem etkisi
PT-A	**Güney Kore (EPR + Eko-modülasyon)**	Üretici sorumluluk fonu; geri dönüştürülebilirlik kriterlerine göre katkı payı	**TEŞ ↑, YZ ↑, TD ↑**	%20-25 kapasite artışı, uzun vadede kurumsal yatırım etkisi
PT-B	**Almanya (Ücretsiz İade Sistemi)**	Perakendeciye "1:1 iade" zorunluluğu; evden alma sistemi	**TEŞ ↑, TM ↓, TD ↑**	%10-15 oranında iyileşme, toplama kolaylığı artışı
PT-C	**Kore karışık model**	Performansa dayalı belediye fonları + üretici finansmanı	**TEŞ ↑, TD ↑, YZ ↑**	%30-35 düzeyinde iyileşme, yapısal kurumsal güçlenme

Senaryo tasarımları, 2022 baz değerleri üzerinde ve ceteris paribus yaklaşımıyla yürütülmüştür: Her senaryoda ilgili politika aracının doğuracağı etki, oransal artış/azalış (örn. TEŞ +%15; TM −%5) veya endeks puanı (örn. YZ +0.5; TD +0.05) biçiminde tanımlanmış; diğer değişkenler sabit tutulmuştur. Tanımlanan bu şoklar, ESEGEM denklemi aracılığıyla marjinal etki (ΔGDM, ton), yeni denge GDM ve yüzdesel değişim olarak hesaplanmıştır. Böylece PT bileşeni, yalnızca mali kaynak tahsisini değil, aynı zamanda tasarımda döngüsellik, erişim/kolaylaştırma ve

performans-temelli yönetişim kanallarını birlikte test eden bir çerçeve olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 73'de uluslararası iyi uygulama mantığıyla seçilmiş üç PT senaryosu sunulmakta; her biri için modelde etkilenen değişkenler ve beklenen sistem etkisi özetlendikten sonra, sayısal simülasyon sonuçları ayrıntılandırılmaktadır.

3.7.1.1.1. Senaryo PT-A – Üretici Sorumluluk Fonu ve Eko-Modülasyon

Bu senaryo, Genişletilmiş Üretici Sorumluluğu (Extended Producer Responsibility – EPR) yaklaşımı ile eko-modülasyon ilkesini bütünleştiren, finansal ve yönetişimsel açıdan gelişmiş bir politika modelini temsil etmektedir. EPR sistemi, ürünün yaşam döngüsü sonunda ortaya çıkan çevresel ve ekonomik sorumluluğu üreticiye devrederek, toplama ve geri dönüşüm altyapısının mali sürdürülebilirliğini güvence altına alır (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2016). Buna ek olarak, eko-modülasyon kavramı, üreticilerin ödedikleri katkı paylarını ürünlerin onarılabilirlik, geri dönüştürülebilirlik, sökülebilirlik ve zararlı madde içeriği gibi çevresel tasarım göstergelerine göre bonus/malus sistemine tabi tutar (van Rossem, Tojo, & Lindhqvist, 2006). Böylelikle, üretim sürecinde "tasarımda döngüsellik" ilkesine yönelik doğrudan bir fiyat sinyali üretilmiş olur.

Avrupa Komisyonu'nun 2020 Döngüsel Ekonomi Eylem Planı, EPR mekanizmalarının kalite ve etkinliğini artırmayı; ayrıca eko-modülasyon ilkelerini tüm üye ülkelerde yaygınlaştırmayı hedeflemiştir (European Commission, 2020). Bunu takiben yürürlüğe giren Regulation (EU) 2023/1542, çevresel kriterlere dayalı olarak katkı paylarının indirim veya artırım şeklinde farklılaştırılmasına olanak tanımış; üretici sorumluluğuna ilişkin bilgi ve raporlama yükümlülüklerini de düzenlemiştir (European Union, 2023). Bu çerçeve, eko-modülasyonun hem tasarım sürecine çevresel performans kriterlerini entegre eden hem de fon yönetiminde hesap verebilirliği güçlendiren bir politika aracına dönüştüğünü göstermektedir.

Avrupa'daki iyi uygulama örnekleri de bu yaklaşımın etkinliğini doğrulamaktadır. Örneğin, Fransa WEEE ve AGEC yasaları kapsamında modülasyonu yasal zemine taşıyan ilk ülke olmuş; üretici ücretleri ürünün onarılabilirlik ve çevresel tasarım puanlarına göre belirlenmiş ve sistemin tasarım iyileştirmelerini doğrudan teşvik ettiği raporlanmıştır (OECD, 2016; Micheaux & Agger vd., 2021; Laubinger vd., 2021).

Benzer biçimde, İtalya'daki CONAI sistemi, ambalaj türüne ve malzeme bileşimine göre değişen modüle ücret yapılarıyla uzun süredir uygulanmakta ve Avrupa Komisyonu tarafından iyi uygulama örneği olarak tanımlanmaktadır (European Commission, 2020). Güney Kore'de ise 2003'ten itibaren yürürlükte olan EPR sistemi, üretici katkı paylarını performans göstergelerine bağlayarak, toplama ve geri dönüşüm altyapısının finansmanını sağlamaktadır. Ulusal raporlara göre, sistemin devreye girmesinden sonraki on yıl içinde toplanan e-atık miktarında belirgin artışlar kaydedilmiştir (OECD, 2016).

Bu uluslararası çerçeveden hareketle, Türkiye bağlamında EPR ve eko-modülasyon birleşimi iki ana bileşenden oluşan bir politika mimarisi olarak önerilmektedir. İlk olarak, Üretici Sorumluluk Fonu, üretici ve ithalatçılardan satış başına katkı payı alınmasını ve yıllık hedeflerin şeffaf biçimde kamuoyuna açıklanmasını içerir. İkinci bileşen olan Eko-Modülasyon Sistemi ise çevresel tasarım performansına dayalı bir bonus–malus mekanizması öngörür:

- *Bonus:* Yüksek onarılabilirlik, kolay sökülebilirlik, tehlikeli madde azaltımı ve geri dönüştürülebilir malzeme kullanımı.
- *Malus:* Sökülemez bileşenler, yedek parça veya onarım bilgisi eksikliği ve problemli kompozit kullanımı.

Fon gelirinin belirli bir oranının belediye altyapısına, geri kalanının ise tüketiciye yönelik geri getirme primleri (e-voucher) olarak tahsis edilmesi hem kurumsal hem bireysel düzeyde döngüsel teşvik mekanizmasını bütünleştiren bir yapı oluşturacaktır. İzleme mekanizması, eko-tasarım puanı ve modülasyon tablosu aracılığıyla AB uygulamalarıyla uyumlu biçimde kamuya açık hale getirilmelidir (European Commission, 2020; OECD, 2016).

Modelin bu senaryo altında öngördüğü nicel etki, TEŞ değişkeninde %15 artış, YZ'de +0.5 puan ve TD'de +0.05'lik yükseliş varsayımıyla hesaplanmıştır. ESEGEM denklemi uyarınca:

$$\Delta GDM = 0.0004 \times (0.15 \times 97{,}874{,}361) + 800 \times (0.5) + 10{,}000 \times (0.05) = 6{,}772\ ton.$$

Yeni GDM ≈ 36,981 ton, yani yaklaşık %22'lik bir artış anlamına gelmektedir.

Bu sonuç, eko-modülasyon ve üretici fonu modelinin birlikte uygulanmasının sistem kapasitesinde %20–25 oranında kalıcı bir artış sağlayabileceğini göstermektedir. Özellikle, fonun yeniden dağıtımında performans kriterlerinin esas alınması ve üretici katkı paylarının çevresel performansla ilişkilendirilmesi, Türkiye'nin e-atık yönetiminde yapısal dönüşümü hızlandırabilecek en etkili politika yollarından biri olarak öne çıkmaktadır (OECD, 2021; European Commission, 2020).

Sonuç olarak, bu senaryo yalnızca finansal bir teşvik mekanizması sunmakla kalmamakta, aynı zamanda üretim ve tüketim zincirinde çevresel tasarımın, hesap verebilirliğin ve davranışsal katılımın bütüncül biçimde yeniden kurgulanmasına olanak tanımaktadır. Bu yapısal çerçeve, ESEGEM'in PT bileşeninin ana eksenini oluşturmakta; bir sonraki politika senaryosu olan PT-B ise geri dönüşüm zincirinin tüketici erişim ve mobilite boyutuna odaklanmaktadır.

3.7.1.1.2. Senaryo PT-B – Perakendeci Zorunlu Ücretsiz İade Sistemi

Bu senaryo, dağıtıcı iade yükümlülüğüne dayalı bir toplama mekanizmasını temsil etmekte ve tüketicilerin atık elektrikli-elektronik eşyaları (AEEE) ücretsiz olarak iade edebilmesini sağlayan perakende temelli altyapıyı esas almaktadır. Avrupa Birliği'nin Atık Elektrikli ve Elektronik Ekipman (WEEE) Direktifi, perakendecilerin veya çevrim içi satıcıların, yeni ürün satışıyla eş zamanlı olarak eski ürünleri kabul etmesini zorunlu kılar. Direktifin 1-e-1 ("one-for-one") ve 0-e-1 ("zero-for-one") hükümleri, büyük ürünlerde satın alma karşılığında iade, küçük ürünlerde ise satın alma şartı olmaksızın iade imkânı tanır (European Commission, 2012/2024). Böylece, toplama zincirinde hem erişilebilirliği hem de tüketici kolaylığını artıran, davranışsal olarak düşük çaba gerektiren bir yapı hedeflenmiştir.

Bu yaklaşım, özellikle Almanya, Hollanda ve İskandinav ülkelerinde toplama oranlarını yükselten en etkili uygulamalardan biri olarak kabul edilmektedir. Almanya'da bu hükümler *ElektroG* yasasıyla iç hukuka aktarılmış; 400 m² üzeri satış alanına sahip perakendeciler ile belirli e-ticaret platformları, 25 cm'den küçük cihazları ücretsiz kabul etmek ve büyük cihazlarda 1-e-1 esasıyla iade almakla yükümlü kılınmıştır (Bundesgesetzblatt, 2015; Deutscher Bundestag, 2021). Federal Çevre Bakanlığı (BMUV) ve eyalet kılavuzları, bu sistemin büyük market zincirleri, elektronik perakendeciler ve çevrim içi satıcılar dahil olmak üzere tüm dağıtım

kanallarını kapsadığını vurgulamaktadır (BMUV, 2022; LAGA, 2022). Avrupa Komisyonu'nun etki değerlendirmelerine göre, dağıtıcı iadesi uygulamaları toplama performansını artıran en güçlü kolaylaştırıcılardan biri haline gelmiştir (European Commission, 2012/2024). Bu sistem yalnızca lojistik altyapıyı güçlendirmekle kalmaz, aynı zamanda tüketici davranışını da dönüştürür. Tüketicinin e-atığı teslim etme sürecinde karşılaştığı işlem ve çaba maliyetini azaltarak, Planlı Davranış Teorisi (Theory of Planned Behavior) çerçevesinde algılanan davranışsal kontrol bileşenini güçlendirir. Böylece, toplama miktarındaki artış yalnızca maliyet düşüşüyle değil, aynı zamanda bireyin "niyet" düzeyinden "eyleme geçiş" aşamasındaki kolaylık hissiyle açıklanabilir. Bu etki, çevresel davranışların kalıcılığı açısından kritik bir psikolojik kaldıraç işlevi görmektedir.

Türkiye için önerilen politika tasarımı, Avrupa'daki bu başarılı örneklerden uyarlanarak hem mevzuat hem de uygulama düzeyinde bütüncül bir model önermektedir. Bu kapsamda dört ana unsur öne çıkmaktadır:

1. Ulusal iade zorunluluğu: Satış alanı veya çevrim içi satış hacmine göre yükümlülük getirilmesi; küçük AEEE için satın alma şartı olmadan ücretsiz iade (0-e-1), büyük AEEE için 1-e-1 esası.
2. Erişim haritalaması ve evden alma standardı: Ülke genelinde iade noktalarının haritalandırılması ve belirli ağırlığın üzerindeki atıklar için "evden alma" standardının tanımlanması.
3. Belediye entegrasyonu: Mağaza iade noktalarının belediye toplama şebekesine bağlanması ve iki yönlü veri paylaşımının sağlanması.
4. Denetim ve raporlama: Perakendeciler için yıllık raporlama zorunluluğu ve uygunsuzluk hâllerinde idari yaptırım mekanizmaları.

Bu politika, modelde teşvik miktarının artması (TEŞ +5%), toplama-taşıma maliyetinin azalması (TM −5%) ve tüketici duyarlılığının artması (TD +0.03) olarak parametrik biçimde tanımlanmıştır. ESEGEM denklemiyle yapılan hesaplama sonucu şu şekildedir:

$$\Delta GDM = 0.0004 \times (0.05 \times 97{,}874{,}361) + (-60) \times (-30) + 10{,}000 \times (0.03) = 4{,}057\ ton.$$

Yeni denge değeri GDM ≈ 34,266 ton, yani yaklaşık %13'lük bir artış olarak hesaplanmıştır. Bu artış, perakende iade ve evden alma mekanizmalarının toplama lojistiğini ucuzlatması (TM ↓), görünür teşviklerle tüketici katılımını artırması (TEŞ ↑) ve davranışsal kontrolü güçlendirmesi (TD ↑) ile uyumludur.

Sonuçlar, kısa vadede %10–15 aralığında bir sistem performansı artışının mümkün olduğunu göstermektedir. Politika, özellikle şehir içi erişim kolaylığı ve perakendeci-belediye iş birliği sayesinde kayıt dışı bertarafı azaltma potansiyeline sahiptir. Uygulama aşamasında, evden alma standardının (>15 kg veya ≥1 büyük cihaz) açık biçimde tanımlanması, çevrim içi satıcıların kargo iade ağlarına entegrasyonu ve mağaza–belediye veri paylaşımının güvence altına alınması önem taşımaktadır. Bu unsurların bütüncül biçimde uygulanması, Türkiye'de hem davranışsal uyum hem de lojistik verimlilik arasında sinerji yaratarak e-atık toplama oranlarını kalıcı biçimde artıracaktır (European Commission, 2020; Umweltbundesamt, 2023).

Toplama sürecinde erişim kolaylığıyla başlayan bu davranışsal dönüşüm, bir sonraki politika senaryosu olan PT-C kapsamında kurumsal performans temelli yönetişim mekanizmalarıyla bütünleştirilmiştir

3.7.1.1.3. Senaryo PT-C – Performansa Dayalı Belediye Fonları + Üretici Finansmanı

Bu senaryo, Genişletilmiş Üretici Sorumluluğu (Extended Producer Responsibility – EPR) sistemlerinin gelişiminde üçüncü evreyi temsil etmektedir. Klasik EPR modellerinde üreticilere yalnızca bireysel toplama hedefleri yüklenirken, performansa dayalı fonlama mekanizmaları bu yapıyı genişleterek yerel yönetimlerin geri dönüşüm performansını doğrudan finansal teşviklerle ödüllendirmeyi amaçlar. Böylece, ulusal stratejik hedefler ile yerel operasyonel kapasite arasında dinamik bir bağ kurulur (OECD, 2016; UNESCAP, 2022). "Pay-as-you-collect" ya da "performance-based subsidy" olarak tanımlanan bu sistem, hem mali kaynakların etkin tahsisini sağlar hem de belediyelerin çevresel performansını ölçülebilir göstergeler üzerinden izlenebilir kılar.

Güney Kore, e-atık yönetiminde Genişletilmiş Üretici Sorumluluğu (Extended Producer Responsibility – EPR) yaklaşımını en erken ve sistematik biçimde uygulayan ülkelerden biridir. 2003 yılında yürürlüğe giren EPR sistemi kapsamında, elektrikli ve

elektronik ürün üreticileri belirlenen geri dönüşüm hedeflerini karşılamakla yükümlü tutulmakta; bu sürecin izlenmesi, raporlanması ve doğrulanması Korea Environment Corporation (K-eco) tarafından yürütülmektedir. Sistem, üreticilerin geri dönüşüm performansına dayalı yükümlülükler aracılığıyla toplama ve geri dönüşüm altyapısının güçlendirilmesini teşvik etmekte ve zaman içinde ülke genelinde e-atık yönetim kapasitesinin artmasına katkı sağlamıştır (UNOSD, 2023; Korea Environment Corporation, 2025).

Japonya'da ise Home Appliance Recycling Law (2001), e-atık yönetimini üretici, perakendeci, tüketici ve yerel yönetimler arasında paylaştırılmış mali sorumluluklar temelinde düzenleyen yasal bir çerçeve sunmaktadır. Bu yasa kapsamında perakendeciler toplama sürecinde aktif rol üstlenirken, üreticiler geri dönüşümden sorumlu tutulmakta; belediyeler ise sistemin lojistik ve yönetsel boyutlarını desteklemektedir. Japon modeli, merkezi performans hedeflerinden ziyade, kurumsal görev paylaşımı ve maliyet içselleştirmesi yoluyla sistemin sürdürülebilirliğini sağlamayı amaçlamaktadır (METI, 2001; METI & MOEJ, 2022).

Avrupa Birliği bağlamında ise, WEEE Direktifi çerçevesinde uygulanan üretici sorumluluk sistemleri, e-atıkların ayrı toplanmasını ve raporlanmasını zorunlu hale getirmiştir. WEEE Forum ve Avrupa Çevre Ajansı (EEA) verileri, 2010'lu yıllar boyunca birçok üye ülkede resmi e-atık toplama miktarlarının arttığını ve üretici sorumluluk organizasyonları ile yerel yönetimler arasındaki iş birliğinin güçlendiğini göstermektedir. Her ne kadar ülke bazında performans artışları farklılık gösterse de Avrupa genelinde performansa dayalı izleme, raporlama ve finansman mekanizmalarının e-atık toplama sistemlerinin kurumsal etkinliğini artırdığı kabul edilmektedir (WEEE Forum, 2022; European Environment Agency, 2025). Bu örnekler birlikte değerlendirildiğinde, üretici sorumluluğuna dayalı sistemlerde merkezi kurumlar ile yerel uygulayıcılar arasındaki iş birliğinin; şeffaf raporlama, hesap verebilirlik ve operasyonel verimlilik açısından kritik bir politika yönelimi sunduğu görülmektedir.

ESEGEM modelinin Türkiye bağlamına uyarlanmış versiyonu, performansa dayalı fonlama mekanizmasını dört temel bileşen üzerine inşa etmektedir. İlk olarak, Performans Fonu, üreticilerden toplanan katkı paylarının belirli bir oranının (yaklaşık %20) merkezi bir havuzda toplanarak, yıllık geri dönüşüm oranı, kayıt dışılığın azalımı

ve raporlama kalitesi gibi kriterlere göre belediyelere dağıtılmasını öngörmektedir. İkinci olarak, Performans Göstergeleri "geri dönüştürülen e-atık / piyasaya sürülen ürün oranı", "kaçak bertaraf oranı değişimi" ve "altyapı + eğitim yatırımı düzeyi" gibi ölçülebilir göstergelerle tanımlanmaktadır. Üçüncü olarak, Lig Tablosu ve Şeffaflık Mekanizması kapsamında her yıl yayımlanacak *Ulusal E-Atık Geri Dönüşüm Performans Endeksi* ile en başarılı %10'luk dilimdeki belediyelere yeşil sertifika ve ek yatırım desteği verilmesi planlanmaktadır. Son olarak, Üretici Katkı Mekanizması üreticilerin hedef başarı düzeyine göre fon indirimi veya artışı uygulanmasını öngörür; tüm finansal veriler kamuya açık raporlarla yayımlanır.

Model parametreleri bu yapı doğrultusunda TEŞ +20%, YZ +0.3 ve TD +0.10 olarak tanımlanmıştır. Bu değişkenler ESEGEM denklemine uygulandığında, sistemdeki marjinal etki şu şekilde hesaplanmıştır:

$$\Delta GDM = 0.0004(0.20 \times 97{,}874{,}361) + 800(0.3) + 10{,}000(0.10)$$
$$= 9{,}070\ ton.$$

Böylece yeni denge değeri GDM ≈ 39,279 ton, yani yaklaşık %30'luk bir artış olarak bulunmuştur. Bu sonuç, üretici-belediye ortak finansmanının hem davranışsal değişken (TD) hem de yapısal düzenleme (YZ) kanalıyla sistem kapasitesini anlamlı biçimde genişlettiğini göstermektedir.

Türkiye'de bu modelin uygulanması, çevresel yönetimde çok katmanlı bir yönetişim yapısına geçişin başlangıcı olabilir. Kore ve Japonya örneklerinde olduğu gibi belediyelere yıllık toplama hedefleri verilmesi, motivasyonu artıracak ve fonun adil dağılımını kolaylaştıracaktır. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı bünyesinde Çevre Ajansı veya TÜBİTAK desteğiyle ulusal bir *Geri Dönüşüm Performans Endeksi* geliştirilmesi, bu süreci kurumsal düzeyde güçlendirecektir. Ayrıca K-eco modeline benzer bir E-Atık Bilgi Sistemi ile üretici-belediye veri akışının dijital ortamda izlenebilir hale getirilmesi ve performans raporlarının üçüncü taraf kuruluşlarca denetlenmesi önerilmektedir (Recupel, Belçika örneği). Uygulamanın ilk üç yılında altyapı ve raporlama yatırımlarına, sonraki dönemde ise performans bazlı mali ödüllendirmeye odaklanılması, sistemin kademeli olgunlaşmasını sağlayacaktır.

Bu senaryonun beklenen sonucu, orta vadede %30–35 düzeyinde kapasite artışı sağlayarak 2030 ulusal hedeflerine yaklaşımı hızlandırmasıdır (UNOSD, 2023; OECD, 2021). Performansa dayalı fonlama modeli, Türkiye açısından hem finansal sürdürülebilirlik hem de davranışsal dönüşüm açısından yüksek etki–orta maliyet dengesini temsil eden bir politika bileşeni sunmaktadır. Böylece üretici ve belediye arasındaki ilişki, sadece finansal değil, aynı zamanda yönetişimsel bir ortaklığa dönüşerek, e-atık yönetiminde kalıcı bir sistemik dönüşümün temelini oluşturacaktır.

3.7.1.1.4. PT Genel Değerlendirme

Tablo 74. Politika Teşvik Senaryoları Genel Değerlendirme

Senaryo	Model girdisi (değişen değişkenler)	ΔGDM (ton)	Yeni GDM	Artış (%)
PT-A Üretici Sorumluluk Fonu	TEŞ +15 %, YZ +0.5, TD +0.05	6 772 ton	36 981 ton	≈ +22 %
PT-B Ücretsiz İade	TEŞ +5 %, TM –5 %, TD +0.03	4 057 ton	34 266 ton	≈ +13 %
PT-C Performans Fonu	TEŞ +20 %, YZ +0.3, TD +0.10	9 070 ton	39 279 ton	≈ +30 %

ESEGEM modelinin politika teşvikleri (PT) bileşeni, üretici, tüketici ve kamu aktörleri arasında çok düzeyli bir etkileşim ağı kurarak sistemin ekonomik, davranışsal ve kurumsal boyutlarını bütünleştirmektedir. Bu çerçevede tasarlanan üç senaryo (PT-A, PT-B, PT-C) farklı politika araçlarının etki kanallarını temsil etmekte, ancak aynı hedef doğrultusunda — e-atık geri dönüşüm miktarının (GDM) artırılması ve yapısal sürdürülebilirliğin sağlanması — birbirini tamamlayan bir etki zinciri oluşturmaktadır (Tablo 74).

PT-A senaryosu (Üretici Sorumluluk Fonu ve Eko-Modülasyon), üreticilere yönelik mali sorumluluk ve çevresel tasarım kriterlerini ön plana çıkararak, sistemin “kaynakta önleme ve tasarımda döngüsellik” eksenini güçlendirmiştir. Model çıktıları, bu mekanizmanın finansal teşviklerle birleştirildiğinde geri dönüşüm performansında yaklaşık %22’lik bir artış sağlayabileceğini göstermektedir. Böylece üretici davranışı, ekonomik fayda–çevresel sorumluluk dengesi çerçevesinde yeniden tanımlanmıştır.

PT-B senaryosu (Perakendeci Zorunlu Ücretsiz İade Sistemi), toplama sürecine erişim kolaylığı getirerek, bireysel geri getirme davranışında algılanan davranışsal kontrolün güçlenmesini sağlamaktadır. Modelde TEŞ artışı, TM azalımı ve TD yükselişiyle simüle edilen politika, yaklaşık %13 oranında bir kapasite artışı yaratmıştır. Bu artış, tüketici düzeyinde işlem maliyetinin düşürülmesiyle davranışsal niyetin eyleme dönüşme oranının yükseldiğini göstermektedir.

PT-C senaryosu (Performansa Dayalı Belediye Fonları ve Üretici Finansmanı) ise sistemin kurumsal yönetişim ve ölçülebilir performans boyutunu temsil etmektedir. Üretici katkı paylarının belediye performansına göre paylaştırıldığı bu model, TEŞ, YZ ve TD değişkenlerindeki iyileşmeler sonucunda GDM'de yaklaşık %30'luk bir artış potansiyeli sunmuştur. Bu sonuç, yerel yönetimlerin motivasyonunu güçlendiren performans bazlı fonlama sistemlerinin hem davranışsal hem yapısal düzeyde kalıcı etkiler yaratabileceğini ortaya koymaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, ESEGEM'deki üçlü PT bileşeni yapısı — PT-A: üretici temelli finansal dönüşüm, PT-B: tüketici davranışsal kolaylaştırma ve PT-C: kurumsal performans yönetişimi — sistemin farklı düzeylerdeki kaldıraç noktalarını eş zamanlı harekete geçiren tamamlayıcı politika blokları olarak işlev görmektedir. Simülasyon sonuçları, bu bütünleşik yapının GDM'de yaklaşık %30–35 düzeyinde kalıcı ve sürdürülebilir bir artış potansiyeli sunduğunu göstermektedir.

Bu bulgu, teşvik temelli politikaların yalnızca kısa vadeli mali araçlar değil, aynı zamanda e-atık yönetiminde uzun vadeli yapısal dönüşümün taşıyıcı unsurları olarak tasarlanabileceğini kanıtlamaktadır. Böylelikle PT bileşeni, ESEGEM modelinin genel çerçevesinde sürdürülebilir finansman, davranışsal dönüşüm ve yönetişimsel bütünlük arasında köprü işlevi gören stratejik bir eksen haline gelmiştir.

3.7.1.2. YUDES – Yasal Düzenleme ve Denetim Sistemi

Bu bölüm, ESEGEM çerçevesinde yönetişim ve denetim temelli politika araçlarının geri dönüşüm miktarı (GDM) üzerindeki etkisini nicel olarak sınamaktadır. YUDES bileşeni; (i) zorunlu kayıt ve lisanslama, (ii) izlenebilirlik ve veri bütünlüğü, (iii) bağımsız denetim ile şeffaf fon yönetimi ve (iv) yaptırım–uyum mekanizmaları gibi düzenleyici kaldıraçları bütüncül bir yönetişim mimarisi içinde ele alır. Model

haritalaması şu şekildedir: düzenleme/uygulama sıkılığı endeksi (YZ) doğrudan YUDES'in ana kanalıdır; dijital izleme-şeffaflık ve güvenin artması tüketici katılımını (TD) olumlu etkiler; uyum ve performans bazlı teşvik kurguları (örn. denetime bağlı indirim/bonus) toplam teşvik hacmini (TEŞ) ikincil olarak yükseltebilir; süreç standardizasyonu ve kayıt dışılığın azalması, toplama-taşıma birim maliyeti (TM) üzerinde sınırlı da olsa düşürücü bir etki yaratabilir. Hammadde fiyat endeksi (HF) exojen kabul edilmiştir.

Tablo 75. YUDES Senaryoları

Kod	Ülke / Model	Politika Tipi	Etkilenen Değişkenler	Beklenen Etki
YUDES-A	Almanya – ElektroG & EAR Denetim Sistemi	Ulusal e-atık kayıt kurumu (EAR), üretici & perakendeci yükümlülükleri, dijital izleme ve yaptırım	YZ ↑, TD ↑	%10–15 iyileşme, kayıt dışılığın azalması
YUDES-B	Güney Kore – K-eco Dijital Denetim & İzlenebilirlik Modeli	QR tabanlı izleme, blockchain kayıt sistemi, üretici-belediye veri bütünlüğü	YZ ↑, TEŞ ↑, TD ↑	%20 civarı artış, izlenebilirliğin güçlenmesi
YUDES-C	Fransa & Belçika – Bağımsız Denetim + Şeffaf Fon Yönetimi Modeli	Bağımsız Recupel tarzı kurum; kamu fonlarının açık raporlanması	YZ ↑↑, TD ↑, TM ↓	%30+ iyileşme, sistemsel güven ve kurumsallaşma

Senaryolar 2022 baz değerleri üzerinde, ceteris paribus yaklaşımıyla kurgulanmıştır: Her senaryoda YUDES'e özgü politika şokları YZ/TD/TEŞ/TM üzerinde parametrik olarak tanımlanmış, diğer değişkenler sabit tutulmuştur. Bu şoklar ESEGEM denklemi aracılığıyla marjinal etki (ΔGDM, ton), yeni denge GDM ve yüzdesel değişim olarak hesaplanmıştır. Uluslararası iyi uygulamalar ve mevzuat mimarisi dikkate alınarak üç arketip seçilmiştir: Almanya'da ElektroG–EAR kayıt/denetim sistemi (BMUV, 2022; Bundesgesetzblatt, 2021), Güney Kore'de K-eco dijital izleme ve izlenebilirlik modeli (K-eco, 2023; UNOSD, 2023), Fransa ve Belçika'da bağımsız denetim ve şeffaf fon yönetimi (ADEME, 2023; Recupel, 2022). Tablo 75'de yer verilen bu üçlü set, "kayıt-uyum", "dijital izlenebilirlik" ve "bağımsız denetim-şeffaflık" kanallarını ayrıştırarak YUDES'in politika etkisini disipline eder (OECD, 2021; European Commission, 2020).

3.7.1.2.1. Senaryo YUDES-A – Almanya: EAR Kayıt Sistemi ve Ulusal Denetim

Bu senaryo, yasal denetim kapasitesinin dijitalleştirilmesi ve kayıt dışı üreticilerin sistem içine alınması yoluyla kurumsal yönetişimi güçlendiren bir politika modelini temsil etmektedir. Almanya'da yürürlükte olan *Elektro- und Elektronikgerätegesetz* (ElektroG, 2015; rev. 2021) kapsamında tüm üreticiler, yarı-kamusal bir kurum olan Stiftung EAR (Elektro-Altgeräte Register) sistemine kayıt olmakla yükümlüdür. EAR, piyasaya sürülen elektrikli ve elektronik ürünlerin beyanını, toplanan e-atık miktarlarını ve geri dönüşüm oranlarını dijital ortamda izleyen, aynı zamanda Federal Çevre Bakanlığı (BMUV) adına denetim yapan merkezi bir otoritedir. Federal ve eyalet düzeyindeki çevre kurumları, çevrim içi beyanları çapraz kontrol ederek lisanssız üreticileri veya çevrim dışı satış platformlarını tespit etmekte; yükümlülüğünü yerine getirmeyen firmalara yüksek para cezaları uygulamaktadır. Sistemin en güçlü yönlerinden biri, kayıt zorunluluğunun e-ticaret platformlarını (örn. Amazon, Otto, Zalando) da kapsayacak biçimde genişletilmiş olmasıdır. Böylece üretici sorumluluğunun kapsamı genişlemiş, piyasa denetimi ve veri bütünlüğü sağlanmıştır (BMUV, 2022).

Avrupa Komisyonu, *ElektroG II* (Bundesgesetzblatt, 2021) sonrasında yayımladığı *WEEE Compliance Reports* içinde Almanya modelini "yüksek şeffaflık" ve "düşük kayıt dışı oranı" göstergeleriyle örnek ülke olarak tanımlamıştır (European Commission, 2022). BMUV–EAR yıllık raporları (2023) da sistemin dijital denetim kapasitesinin 2020'li yıllarda belirgin biçimde arttığını ve lisanssız üretici sayısının %40 oranında azaldığını göstermektedir. Bu yapı, şeffaflık, izlenebilirlik ve yaptırım gücü bakımından Avrupa'nın en etkin e-atık yönetişim sistemlerinden birine dönüşmüştür.

Türkiye bağlamında, bu modelin ESEGEM çerçevesine uyarlanması, kayıt–izleme–yaptırım üçlüsünü esas alan ulusal bir sistemin kurulmasını gerektirir. Buna göre:

1. E-Atık Kayıt ve Denetim Platformu, Çevre Ajansı bünyesinde oluşturulmalı; üretici ve ithalatçılar için çevrim içi beyan zorunluluğu getirilmelidir.
2. E-ticaret platformları, satış öncesinde üretici ID ve beyan numarasını doğrulamalı; kayıtsız ürünlerin çevrim içi satışı engellenmelidir.

3. Yaptırım mekanizması, lisanssız üreticilere yüksek para cezaları ve faaliyet kısıtlamaları öngörmeli; kayıtlı üreticiler için ise "Take-back Compliance" etiketiyle itibar temelli bir teşvik sistemi oluşturulmalıdır.

Model parametreleri YZ +0.4 ve TD +0.05 olarak tanımlandığında, ESEGEM denklemi kullanılarak hesaplanan değer:

$$\Delta GDM = 800(0.4) + 10{,}000(0.05) = 4{,}200\ ton\backslash Delta\ GDM$$
$$= 800(0.4) + 10{,}000(0.05) = 4{,}200\ ton$$

Yeni denge değeri GDM ≈ 34,409 ton, yani yaklaşık %14'lük bir artış olarak bulunmuştur. Bu artış, yasal denetim sisteminin şeffaflık ve kayıt bütünlüğü yaratarak dolaylı biçimde tüketici davranışını (TD) güçlendirmesiyle açıklanabilir.

Sonuç olarak, EAR benzeri ulusal bir denetim platformunun uygulanması, kayıt dışılığın azaltılması, veri doğruluğunun artırılması ve üretici sorumluluğunun kurumsal düzeyde güçlendirilmesi bakımından önemli kazanımlar sağlayacaktır. Orta vadede resmî toplama oranlarında %10–15 aralığında bir artış, uzun vadede ise kurumsal izlenebilirlikte kalıcı bir iyileşme beklenmektedir (BMUV, 2022; OECD, 2021). Bu sonuçlar, YUDES bileşeninin makro düzeyde sistem bütünlüğünü sağlayan ve ESEGEM modelinin yönetişimsel omurgasını güçlendiren stratejik bir politika aracı olduğunu göstermektedir.

3.7.1.2.2. Senaryo YUDES-B – Güney Kore: K-eco Dijital İzleme ve Blockchain Uygulaması

Bu senaryo, yasal yönetişimde dijital dönüşümün kurumsal şeffaflık ve izlenebilirlik üzerindeki etkisini inceleyen yenilikçi bir politika modelini temsil etmektedir. Güney Kore'de *Korea Environment Corporation* (K-eco) tarafından geliştirilen dijital izleme altyapısı, genişletilmiş üretici sorumluluğu (EPR) sisteminin etkinliğini artırmakta ve tüm paydaşlar arasında bütüncül bir veri zinciri oluşturmaktadır. Sistem kapsamında ürünlere üretim aşamasında verilen barkod veya QR kodları, ürünün yaşam döngüsünün tüm aşamalarında — üretim, dağıtım, toplama, geri dönüşüm ve bertaraf — izlenmekte, böylece her atık akışı için dijital kimlik oluşturulmaktadır.

2021 itibarıyla uygulamaya alınan blockchain tabanlı izleme sistemi, e-atık hareketlerinin manipüle edilmesini önleyerek veri doğruluğunu garanti altına almıştır.

Bu yapı, üretici, belediye ve geri dönüşüm tesisleri arasında tekil, güvenli ve doğrulanabilir veri paylaşımı sağlayarak sistem güvenilirliğini güçlendirmiştir (UNOSD, 2023). K-eco'nun 2023 raporuna göre, blockchain tabanlı uygulamalar izlenebilirlik ve raporlama doğruluğunda %18 oranında iyileşme sağlamış; veri bütünlüğündeki artış sayesinde performans değerlendirmesi daha objektif hale gelmiştir. OECD (2021) ve UNOSD (2023) raporlarında Kore modeli, "smart waste tracking system" kategorisinde öncü ülke örneği olarak gösterilmekte; Avrupa'daki EPR sistemlerinin dijital dönüşüm sürecinde referans alınan bir yapı olarak değerlendirilmektedir.

ESEGEM modeli çerçevesinde bu sistemin Türkiye'ye uyarlanması, dijital izleme ve kayıt mekanizmasının aşamalı biçimde tesis edilmesini gerektirir. Bu kapsamda:

1. Ulusal Dijital E-Atık Takip Platformu kurulmalı; ürünlerin üretimden bertarafa kadar tüm hareketi QR tabanlı dijital kimlik sistemiyle izlenmelidir.
2. Blockchain destekli kayıt altyapısı oluşturularak üretici, dağıtıcı, belediye ve geri dönüşüm tesisleri arasında bütünleşik veri akışı sağlanmalıdır.
3. Akıllı sözleşmeler (smart contracts) aracılığıyla hedef kontrolü, raporlama ve fon tahsisi süreçleri otomatikleştirilmelidir.
4. Dijital teşvik modülü aracılığıyla, geri dönüşüm hedeflerini aşan üreticilere fon desteği otomatik olarak aktarılmalı, böylece performans ödüllendirilmelidir.

Model parametreleri YZ +0.6, TEŞ +10 % ve TD +0.07 olarak tanımlanmıştır. ESEGEM denklemi uyarınca hesaplama şu şekildedir:

$$\Delta GDM = 0.0004(0.10 \times 97{,}874{,}361) + 800(0.6) + 10{,}000(0.07)$$
$$= 3{,}915 + 480 + 700 = 5{,}095\ ton$$

Yeni denge değeri GDM ≈ 35,304 ton olarak hesaplanmış; bu, yaklaşık %17 oranında bir artışa karşılık gelmektedir. Bu sonuç, dijital izleme sisteminin yalnızca kayıt doğruluğunu artırmakla kalmayıp, teşvik mekanizmaları (TEŞ) ve davranışsal farkındalık (TD) yoluyla sistemin genel etkinliğini de güçlendirdiğini göstermektedir.

K-eco modelinin Türkiye bağlamında uygulanması, şeffaflık, veri güvenilirliği ve kamu denetimi açısından çarpan etkisi yaratacaktır. Orta vadede geri dönüşüm oranlarında %15–20 düzeyinde artış, uzun vadede ise kurumsal veri bütünlüğü ve

kamu güveninde kalıcı iyileşme beklenmektedir (UNOSD, 2023; K-eco, 2025). Ayrıca blockchain tabanlı doğrulama sistemi, Türkiye'de e-atık yönetiminde "dijital hesap verebilirlik kültürünün" yerleşmesini sağlayarak ESEGEM modelinin yönetişimsel bileşenini güçlendirecektir.

3.7.1.2.3. Senaryo YUDES-C – Fransa & Belçika: Bağımsız Denetim Kurumu ve Fon Şeffaflığı

Bu senaryo, e-atık yönetiminde kurumsal denetim, fon şeffaflığı ve toplumsal güvenin güçlendirilmesine odaklanan Avrupa merkezli bir politika modelini temsil etmektedir. Fransa ve Belçika örnekleri, yalnızca finansal sürdürülebilirlik değil, aynı zamanda hesap verebilirlik ve toplumsal katılım boyutlarında da güçlü yönetişim pratikleri ortaya koymaktadır.

Fransa'da ADEME–Eco-systèmes iş birliğiyle yürütülen sistem, üretici katkı paylarının tahsilinden yıllık raporlamaya kadar tüm finansal akışların bağımsız denetim süreçlerine tabi tutulduğu bütüncül bir yapıya sahiptir. Bu yapı, AGEC Yasası (Assemblée Nationale, 2020; ADEME, 2023) kapsamında yılda bir kez gerçekleştirilen eko-tasarım performans denetimleriyle desteklenmekte ve üreticilerin çevresel tasarım başarıları kamuya açık raporlarla paylaşılmaktadır (European Commission, 2020; ADEME, 2023). Denetimlerin kamuya açık biçimde yürütülmesi, üreticilerin çevresel sorumluluğunu pekiştirmekte ve fon yönetiminde güven temelli bir yönetişim kültürü oluşturmaktadır.

Benzer biçimde Belçika'daki Recupel sistemi, *"collect-back efficiency scheme"* yaklaşımını temel alarak belediyelere geri toplama performanslarına göre finansal pay aktarır. Bu fonların kullanım süreçleri bağımsız dış denetim kuruluşlarınca doğrulanmakta ve her yıl yayımlanan Recupel Transparency Report (2022) aracılığıyla kamuoyuna sunulmaktadır. Böylelikle yalnızca mali şeffaflık değil, aynı zamanda toplumsal güven ve hesap verebilirlik ilkeleri de sistematik biçimde kurumsallaştırılmıştır.

Avrupa Komisyonu'nun AGEC Monitoring Framework (2020) belgesi, Fransa ve Belçika uygulamalarının "örnek yönetişim modelleri" arasında yer aldığını vurgular. Her iki ülkede de üretici katkı paylarının çevresel etkileri yıllık olarak ölçülmekte, performans göstergeleri — toplama oranı, eko-tasarım puanı, kayıt dışı bertarafın

azalımı — kamuya açık biçimde raporlanmaktadır. Bu yaklaşım, yalnızca mali hesap verebilirliği değil, aynı zamanda toplum nezdinde "çevresel güven endeksi"nin güçlenmesini de sağlamaktadır.

ESEGEM modeli kapsamında Fransa ve Belçika örneklerinden uyarlanabilecek politika mimarisi dört bileşen üzerine kurulmuştur:

1. Bağımsız Denetim ve Raporlama Kurulu (YUDES-Ajansı): Belediye, üretici ve sivil toplum temsilcilerinden oluşan; yıllık performans değerlendirmelerini yürüten özerk yapı.
2. Fon Şeffaflığı: Üretici katkı payları, toplama gelirleri ve harcamalara ilişkin verilerin çevrim içi erişime açık hale getirilmesi.
3. Standartlaştırılmış Denetim Göstergeleri: Toplama performansı, eko-tasarım puanı, kaçak bertaraf oranı ve kayıtlı üretici sayısı gibi göstergelerin ölçüt hâline getirilmesi.
4. Yerel Denetim ve Ödül Mekanizması: Denetimlerde yüksek performans gösteren belediyelere "yeşil sertifika" ve ek fon desteği sağlanması.

Model parametreleri YZ +0.8, TD +0.10 ve TM –5 % (600 → 570) olarak tanımlanmıştır. ESEGEM denklemi uyarınca:

$$\Delta GDM = 800(0.8) + 10{,}000(0.10) + (-60)(-30) = 640 + 1{,}000 + 1{,}800$$
$$= 3{,}440\ ton$$

Yeni denge değeri GDM ≈ 33,649 ton olup, bu yaklaşık %11'lik bir artışa karşılık gelmektedir.

Bu sonuç, bağımsız denetim ve fon şeffaflığı uygulamalarının yalnızca kurumsal güveni artırmakla kalmadığını, aynı zamanda toplama verimliliği ve vatandaş katılımı üzerinde de dolaylı bir iyileştirici etki yarattığını göstermektedir. Uzun vadede bu mekanizmaların, Türkiye'de e-atık yönetimi sisteminde %25–30 düzeyinde kapasite artışı ve kurumsal istikrar sağlayabileceği öngörülmektedir (Recupel, 2022; ADEME, 2023).

Sonuç olarak, Fransa ve Belçika modelleri, ESEGEM'in yönetişim eksenini güçlendiren kritik bir politika boyutu sunmaktadır. Bu yaklaşım, mali disiplin,

şeffaflık ve veri doğruluğunu sistematik biçimde kurumsallaştırarak, Türkiye'de sürdürülebilir e-atık yönetimi için uzun vadeli bir "kurumsal güven altyapısı" oluşturma potansiyeline sahiptir.

3.7.1.2.4. YUDES Genel Değerlendirme

Tablo 76. YUDES Senaryoları Genel Değerlendirme

Senaryo	Model Girdisi (Değişen Değişkenler)	ΔGDM (ton)	Yeni GDM	Artış (%)
YUDES-A	YZ +0.4, TD +0.05	4,200	34,409	+14 %
YUDES-B	YZ +0.6, TEŞ +10 %, TD +0.07	5,095	35,304	+17 %
YUDES-C	YZ +0.8, TD +0.10, TM –5 %	3,440	33,649	+11 %

ESEGEM'de yasal düzenleme ve denetim temelli politika alt bileşenleri (YUDES-A, YUDES-B, YUDES-C) üç tamamlayıcı yönetişim kanalını temsil etmektedir. YUDES-A, ulusal kayıt ve lisans sistemleri aracılığıyla kurumsal denetimi ve yasal uyumu güçlendirerek kayıt dışılığı azaltır; YUDES-B, dijital izlenebilirlik ve blockchain tabanlı denetim sistemleriyle veri bütünlüğünü ve şeffaflığı artırır; YUDES-C ise bağımsız denetim ve fon şeffaflığı mekanizmalarıyla sistemsel güveni ve hesap verebilirliği kurumsallaştırır. Simülasyon sonuçları, bu üçlü bütünleşik yönetişim yapısının geri dönüşüm miktarında (GDM) yaklaşık %25–30 oranında kalıcı bir kapasite artışı ve denetim-temelli kurumsal dayanıklılık sağladığını göstermektedir (Tablo 76).

3.7.1.3. MALT – Maliyet Azaltıcı Lojistik Teknolojiler

MALT (Maliyet Azaltıcı Lojistik Teknolojiler) bileşeni, ESEGEM modelinin operasyonel verimlilik ve dijital lojistik optimizasyonuna odaklanan alt boyutudur. Bu yaklaşım, e-atık toplama ve taşıma zincirinde maliyetleri azaltırken, aynı anda toplama verimliliğini ve sistem genelinde kaynak kullanım etkinliğini artırmayı amaçlamaktadır. MALT çerçevesinde ele alınan teknolojik çözümler arasında akıllı konteyner sistemleri, rota optimizasyonu yazılımları, yapay zekâ destekli planlama algoritmaları, bölgesel konsolidasyon merkezleri ve enerji verimli taşıma altyapıları yer almaktadır. Panel modelde bu bileşenin ana etkisi, toplama-taşıma maliyetlerinin azalması ($TM_t \downarrow$) ve tüketici katılım düzeyinin artması ($TD_t \uparrow$) biçiminde ortaya çıkmaktadır. Böylece, hem ekonomik hem de davranışsal kanallar üzerinden geri dönüşüm performansında artış sağlanmaktadır (Tablo 77).

Tablo 77. MALT Senaryoları

Kod	Ülke / Model	Politika Tipi	Etkilenen Değişkenler	Beklenen Etki
MALT-A	Hollanda – Akıllı Toplama Ağı (Wecycle & E-Waste Race)	Sensörlü konteynerler, rota optimizasyonu, dijital doluluk izleme	TM ↓, TD ↑	%10–15 maliyet azalımı, %12–15 toplama artışı
MALT-B	Finlandiya – Bölgesel Konsolidasyon & Hub-Spoke Lojistik Modeli	Bölgesel aktarma merkezleri, elektrikli araçlar, üretici teşvikleri	TM ↓↓, TEŞ ↑, TD ↑	%15 maliyet azalımı, %25 civarı geri dönüşüm artışı
MALT-C	Japonya – AI Destekli Rota Planlama & Enerji Verimli Taşıma	Yapay zekâ ile talep tahmini, otomatik ayırma, enerji tasarruflu taşıma sistemleri	TM ↓↓↓, TEŞ ↑↑, TD ↑	%20+ maliyet azalımı, %35–40 verimlilik artışı

3.7.1.3.1. Senaryo MALT-A – Hollanda: Akıllı Toplama Ağı (E-Waste Race + Smart Bins)

Hollanda'nın e-atık yönetiminde uyguladığı dijital dönüşüm temelli toplama sistemleri, lojistik verimliliği ve karbon azaltımını birlikte hedefleyen örnek bir model sunmaktadır. Wecycle ve E-Waste Race programları kapsamında geliştirilen "akıllı toplama ağı", sensör destekli konteynerler aracılığıyla doluluk oranlarını gerçek zamanlı olarak belediye yönetim sistemine iletmektedir. Bu sayede toplama araçlarının rotaları dinamik biçimde optimize edilmekte, gereksiz seferler azaltılarak hem maliyet hem de emisyon tasarrufu sağlanmaktadır. ICT Milieu Foundation tarafından desteklenen bu yapı, rota optimizasyonu sayesinde kamyon sayısında yaklaşık %25 azalma yaratmış; yakıt tüketimi, işgücü ve bakım maliyetlerinde belirgin düşüş sağlamıştır. Bu yönüyle MALT-A senaryosu, lojistik verimlilik ile karbon ayak izi azaltımını bütünleştiren çevresel performans odaklı bir politika yaklaşımını temsil etmektedir.

WEEE Forum'un (2022) raporuna göre sensör tabanlı konteyner uygulamaları, geri dönüşüm lojistiğinde ortalama %10–15 oranında maliyet azaltımı sağlamaktadır. Hollanda Çevre Değerlendirme Ajansı (NEAA) (2025) belgesinde ise dijital izleme ve rota optimizasyonunun Hollanda'daki belediye toplama ağlarında enerji verimliliğini artırdığı, yıllık yakıt tüketiminde %12'ye varan tasarruf sağladığı vurgulanmıştır. Ayrıca Wecycle (2021), bu sistemlerin yalnızca maliyetleri düşürmekle kalmayıp, vatandaşların toplama noktalarına erişimini kolaylaştırarak katılım oranlarını da yükselttiğini ve sürdürülebilir davranış biçimlerinin güçlenmesine katkı sunduğunu belirtmektedir.

Bu uygulamalardan hareketle, ESEGEM modeli kapsamında Türkiye için önerilen politika mimarisi şu üç temel bileşene dayanmaktadır:

1. Sensörlü konteyner ve dijital doluluk izleme altyapısı: Türkiye Çevre Ajansı koordinasyonunda kurulacak ulusal e-atık izleme sistemiyle, konteyner doluluk oranlarının gerçek zamanlı takibi.
2. Rota optimizasyon yazılımı: Şehir lojistiği verileriyle entegre çalışan dinamik rota algoritmaları sayesinde yakıt, zaman ve işgücü tasarrufu sağlanması.
3. Dijital görev planlama modülü: Mobil toplama ekipleri için görev paylaşımı, doluluk önceliği ve performans izleme süreçlerinin otomatikleştirilmesi.

Model parametreleri TM –10 % (600 → 540) ve TD +0.03 olarak tanımlanmıştır. Buna göre ESEGEM denklemi üzerinden hesaplanan değişim şu şekildedir:

$$\Delta GDM = (-60)(-60) + 10{,}000(0.03) = 3{,}600 + 300 = 3{,}900\ ton$$

Yeni denge değeri GDM ≈ 34 109 ton, yani yaklaşık %13'lük bir artış olarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, akıllı konteyner ve rota optimizasyon sistemlerinin uygulanmasıyla yakıt ve işgücü maliyetlerinde %10–15 düzeyinde azalma; buna paralel olarak kısa vadede %12–15 düzeyinde geri dönüşüm performans artışı beklenmektedir. Bu sistem, lojistik verimliliği artırırken aynı zamanda sürdürülebilir ulaşım ve enerji tasarrufu hedefleriyle de uyum göstermektedir.

3.7.1.3.2. Senaryo MALT-B – Finlandiya: Bölgesel Konsolidasyon ve Geri Dönüşüm Lojistiği Modelleri

Finlandiya'nın e-atık yönetiminde geliştirdiği lojistik altyapı modeli, geniş coğrafi yayılım koşullarında bile toplama verimliliğini koruyabilen sürdürülebilir bir sistem örneği sunmaktadır. Üretici sorumluluk kuruluşları (Producer Responsibility Organisation – PRO/PPO) öncülüğünde uygulanan bu yapı, bölgesel aktarma merkezleri aracılığıyla atık akışını merkezileştirirken, kırsal ve kentsel bölgeler arasında dengeli bir taşıma ağı oluşturmuştur (Finlandiya Çevre Enstitüsü [FEI], 2022). Model, yerel düzeyde hafif elektrikli araçlarla, uzun mesafelerde ise yüksek kapasiteli taşıma araçlarıyla işletilen "hub-and-spoke" yapısına dayanmaktadır. Bu sistem, toplama ve taşıma zincirinin bütüncül biçimde optimizasyonunu sağlayarak

araç başına verimliliği artırmış, yakıt tüketimini azaltmış ve ulusal ölçekte lojistik maliyetlerde yaklaşık %25 oranında iyileşme sağlamıştır.

OECD (2021) tarafından yayımlanan *Extended Producer Responsibility Reports* serisinde, İskandinav ülkelerinde bölgesel aktarma merkezlerinin EPR sistemleriyle entegrasyonunun maliyet etkinliğini artıran kritik bir unsur olduğu vurgulanmıştır. Benzer biçimde, Motiva (2025) Circular Logistics Report bulguları, Finlandiya'da elektrikli taşıma filolarının ve ortak depolama alanlarının karbon emisyonlarını düşürürken operasyonel sürdürülebilirliği güçlendirdiğini göstermektedir. Ayrıca WEEE (2022) verileri, Finlandiya modelinin e-atık lojistiğinde rota uzunluklarını kısaltarak hem enerji tüketimini azalttığını hem de toplama performansını anlamlı biçimde yükselttiğini ortaya koymaktadır. Bu bütüncül yapı, maliyet azaltımı, enerji verimliliği ve çevresel etki azaltımını aynı anda optimize eden döngüsel lojistik yaklaşımının somut bir örneğidir.

ESEGEM çerçevesinde bu modelin Türkiye'ye uyarlanması, lojistik zincirin ölçek ekonomisinden yararlanmasını sağlayacak bölgesel konsolidasyon temelli bir politika mimarisiyle mümkündür. Uygulanabilecek temel bileşenler şunlardır:

1. E-atık aktarma merkezleri kurulumu: Bölgesel düzeyde, kırsal ve kentsel alanları kapsayan çok katmanlı bir lojistik ağın oluşturulması.
2. Elektrikli taşıma filoları ve ortak depo alanları: Belediyeler arasında paylaşılabilir depo altyapıları ve sıfır emisyonlu taşıma araçlarının devreye alınması.
3. Lisanslı operatörlere yönelik teşvik mekanizması: Taşıma ve depolama süreçlerinde çevre dostu araç ve teknolojilerin kullanımını artırmak amacıyla mali destek sağlanması (TEŞ ↑).

Model parametreleri TM –15 % (600 → 510), TEŞ +5 % ve TD +0.04 olarak tanımlanmıştır. ESEGEM denklemi kullanılarak hesaplanan marjinal değişim aşağıdaki biçimdedir:

$$\Delta GDM = 0.0004(0.05 \times 97{,}874{,}361) + (-60)(-90) + 10{,}000(0.04)$$
$$= 1{,}957 + 5{,}400 + 400 = 7{,}757\ ton$$

Yeni denge değeri GDM ≈ 37 966 ton olarak tahmin edilmiştir; bu da yaklaşık %26'lık bir artış anlamına gelmektedir.

Sonuç olarak, Finlandiya'nın "hub-and-spoke" modeli, %15 maliyet azalımıyla birlikte %25'e varan geri dönüşüm artışı sağlayan yüksek etkili bir politika yaklaşımı sunmaktadır. Model, uzun mesafeli taşımaların enerji verimliliğini artırması, kentsel yoğunluk farklarını dengelemesi ve yerel yönetimler arası işbirliğini güçlendirmesi açısından Türkiye koşullarına son derece uygundur. Bu çerçevede, MALT-B senaryosu ESEGEM modelinin "mezo düzeyde" operasyonel verimlilik bileşenini temsil ederek, toplama maliyetlerinin azaltımıyla sistemin finansal sürdürülebilirliğine doğrudan katkı sağlamaktadır (Motiva, 2025; OECD, 2021; WEEE Forum, 2022).

3.7.1.3.3. Senaryo MALT-C – Japonya: AI Destekli Toplama Planlama ve Enerji Verimli Taşıma

Japonya'nın e-atık yönetim sistemi, dijitalleşme ve enerji verimliliğini aynı eksende bütünleştiren yenilikçi bir lojistik yapıya sahiptir. 2001 tarihli Home Appliance Recycling Law çerçevesinde geliştirilen sistem, yapay zekâ (AI) ve görüntü tanıma teknolojilerini kullanarak e-atıkların mekânsal yoğunluğunu, tahmini toplama zamanlarını ve geri dönüşüm akışlarını dinamik biçimde tahmin etmektedir. Bu yapı sayesinde lojistik planlama, gerçek zamanlı veriyle desteklenmekte; araç rotaları, sefer sıklığı ve yük kapasiteleri sürekli olarak optimize edilmektedir. Özellikle Panasonic Eco Technology Center (PEC) örneğinde olduğu gibi, otomatik ayırma hatları ve enerji tasarruflu taşıma araçları sayesinde operasyonel maliyetlerin azaldığı, karbon emisyonlarının düşürüldüğü ve ülke genelinde geri dönüşüm verimliliğinde %30'a varan artış sağlandığı raporlanmıştır.

Japonya Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Bakanlığı (METI) ile Çevre Bakanlığı'nın (MOEJ) (2022) ortak raporu, yapay zekâ destekli lojistik planlamanın e-atık yönetiminde verimliliği artırırken enerji tüketimini anlamlı biçimde azalttığını ortaya koymaktadır. Aynı yıl yayımlanan UNESCAP (2022) "AI for Waste Logistics in Japan" raporu, makine öğrenmesi ve tahmine dayalı planlama tekniklerinin toplama frekanslarını optimize ederek taşıma mesafesini %20 oranında kısalttığını belirtmiştir. Ayrıca OECD (2021) tarafından yayımlanan *AI in Resource Management* çalışması, Japonya'nın enerji verimli taşıma teknolojilerini kaynak yönetimi alanında öncü bir örnek olarak konumlandırmakta ve dijitalleşmenin döngüsel ekonomi politikalarına

entegrasyonunu model ülke uygulaması olarak nitelendirmektedir. Bu bulgular, dijital teknolojilerin yalnızca maliyet azaltımı değil, aynı zamanda karbon nötrlüğü hedeflerine ulaşmada stratejik bir araç olduğunu göstermektedir.

ESEGEM modeli bağlamında, Japonya örneği Türkiye için dijital lojistik planlama ve enerji verimliliği odaklı bir politika mimarisi geliştirmek açısından güçlü bir referans niteliğindedir. Bu uyarlama kapsamında önerilen temel bileşenler şunlardır:

1. Yapay zekâ destekli rota optimizasyonu ve talep tahmini yazılımları: Belediye lojistik planlarına entegre edilerek toplama planlamasının veriye dayalı hale getirilmesi.
2. Makine öğrenmesi algoritmaları: Araç yük kapasitesi ve sefer sıklığının dinamik biçimde planlanmasını sağlayarak kaynak kullanımının verimliliğini artırmak.
3. Enerji tasarruflu taşıma filoları: Vergi indirimi, yeşil yatırım fonları ve karbon azaltımı teşvikleriyle desteklenmesi (TEŞ ↑).

Model parametreleri TM –20 % (600 → 480), TEŞ +10 % ve TD +0.05 olarak tanımlanmıştır. ESEGEM denklemi üzerinden hesaplanan marjinal değişim aşağıdaki gibidir:

$$\Delta GDM = 0.0004(0.10 \times 97{,}874{,}361) + (-60)(-120) + 10{,}000(0.05)$$
$$= 3{,}915 + 7{,}200 + 500 = 11{,}615\ ton$$

Yeni denge değeri GDM ≈ 41 824 ton olarak hesaplanmış olup, bu sonuç yaklaşık %38'lik bir artışa karşılık gelmektedir.

Elde edilen sonuçlar, yapay zekâ ve enerji verimli lojistik teknolojilerinin entegrasyonunun taşıma maliyetlerini %20'nin üzerinde azaltırken, sistem genelinde %35–40 düzeyinde verimlilik artışı sağladığını göstermektedir. Bu kapsamda MALT-C senaryosu, dijital dönüşüm odaklı lojistik politikalarının Türkiye'nin e-atık yönetiminde hem maliyet etkinliği hem de karbon nötrlüğü hedefleriyle uyumlu olarak uygulanabileceğini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, Japonya örneği ESEGEM modelinin "mezo düzey" bileşeninde yer alan maliyet azaltıcı lojistik stratejilerin dijital dönüşümle birleştiğinde, sürdürülebilir e-atık yönetimi için yüksek etki–orta

maliyet dengesini sağlayabileceğini göstermektedir (METI & MOEJ, 2022; UNESCAP, 2022; OECD, 2021).

3.7.1.3.4. MALT Genel Değerlendirme

Tablo 78. MALT Senaryoları Genel Değerlendirme

Senaryo	Model Girdisi	ΔGDM (ton)	Yeni GDM	Artış (%)
MALT-A	TM –10 %, TD +0.03	3 900	34 109	+13 %
MALT-B	TM –15 %, TEŞ +5 %, TD +0.04	7 757	37 966	+26 %
MALT-C	TM –20 %, TEŞ +10 %, TD +0.05	11 615	41 824	+38 %

ESEGEM modelinde MALT bileşeni, maliyet azaltıcı ve verimlilik artırıcı lojistik teknolojilerin etkisini nicel biçimde temsil etmektedir. Bu politika seti, iki temel etki kanalı üzerinden çalışır: birincisi, doğrudan maliyet azaltımı (TM↓) yoluyla toplama ve taşıma süreçlerinin operasyonel verimliliğini artırmak; ikincisi ise dolaylı davranışsal etki (TD↑) aracılığıyla tüketici katılımını teşvik etmektir.

Senaryo sonuçları (Tablo 78), özellikle dijital izleme ve yapay zekâ temelli planlama sistemlerinin entegre edildiği Japonya modelinin (MALT-C) en yüksek etki büyüklüğünü yarattığını göstermektedir. Hollanda'daki akıllı konteyner ve rota optimizasyonu uygulamaları (MALT-A) kısa vadede maliyetleri düşürürken, Finlandiya'nın bölgesel konsolidasyon modeli (MALT-B) taşıma mesafelerini azaltarak sistemin enerji verimliliğini güçlendirmektedir.

Genel olarak, bu üç senaryonun birlikte değerlendirilmesi, lojistik optimizasyon ve dijital dönüşüm bileşenlerinin geri dönüşüm miktarında %25–40 aralığında kalıcı kapasite artışı sağlayabileceğini göstermektedir. Bu bulgu, OECD (2021) ve UNESCAP (2022) raporlarında da vurgulanan "veri odaklı, enerji etkin lojistik sistemlerinin" e-atık yönetiminde sürdürülebilirlik ve ekonomik rasyonellik açısından kritik rol oynadığını teyit etmektedir.

3.7.1.4. TEGRA – Teknolojik Geri Kazanım Altyapısı

TEGRA bileşeni, e-atıkların işlenmesi ve malzeme geri kazanımında teknolojik kapasiteyi artırmaya yönelik altyapı yatırımlarını ve otomasyon tabanlı yenilikleri kapsamaktadır. Bu politika ekseni, özellikle ayırma teknolojilerinin gelişimi, robotik demontaj sistemlerinin yaygınlaştırılması, akıllı sensörlerle kalite kontrol ve enerji geri kazanım modüllerinin entegrasyonu gibi yüksek teknolojili uygulamaları

içermektedir. Panel model bağlamında TEGRA'nın temel etkisi, işleme maliyetinin azalması (TM ↓), geri kazanım veriminin yükselmesi (HF ↑) ve yasal/teknolojik kapasitenin artması (YZ ↑) yönünde ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, gelişmiş otomasyon ve kalite güvence mekanizmaları, üretici ve tüketici nezdinde sistem güvenilirliğini artırarak dolaylı biçimde tüketici davranış düzeyini (TD ↑) de desteklemektedir (Tablo 79). Aşağıdaki tablo, TEGRA bileşenine ait üç farklı uluslararası senaryoyu özetlemekte; her biri, işleme teknolojisinin olgunluk düzeyi ve altyapı kapsamı bakımından farklılaşan model tiplerini temsil etmektedir.

Tablo 79. TEGRA Senaryoları

Kod	Ülke / Model	Politika Tipi	Etkilenen Değişkenler	Beklenen Etki
TEGRA-A	Almanya – WEEE Recycling Plants & RENE System	Yüksek teknolojili otomatik ayırma tesisleri, RENE ağ entegrasyonu, modüler ayrıştırma	HF ↑, TEŞ ↑	%20 civarı verim artışı, geri kazanım oranında yapısal iyileşme
TEGRA-B	Güney Kore – K-eco Smart Recycling & AI Sorting Modeli	Yapay zekâ destekli görüntü tanıma, sensör tabanlı malzeme ayrıştırma	HF ↑↑, YZ ↑, TD ↑	%25–30 geri kazanım artışı, hatalı ayrıştırma oranında azalma
TEGRA-C	Japonya – Home Appliance Recycling (PEC) Entegre Otomasyon Modeli	Robotik demontaj, malzeme geri kazanım zinciri, enerji geri kazanım modülleri	HF ↑↑↑, TEŞ ↑, YZ ↑	%40'a varan geri kazanım oranı, enerji veriminde %30 iyileşme

3.7.1.4.1. Senaryo TEGRA-A – Almanya: Yüksek Teknolojili Otomatik Ayırma ve Avrupa Uyumlu Ağ (RENE)

Almanya'nın WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) geri dönüşüm sistemi, yüksek teknolojiye dayalı ayırma hatları ile uluslararası üretici sorumluluk ağlarını bütünleştiren, çok katmanlı ve ölçek ekonomisine dayalı bir model sunmaktadır. Bu sistemin merkezinde, optik, manyetik ve yoğunluk temelli ayırma teknolojileri yer almakta; farklı malzeme fraksiyonları yüksek saflık oranlarında ayrıştırılarak hem ekonomik hem de çevresel verimlilik sağlanmaktadır. Özellikle batarya ve tehlikeli bileşenlerin tespiti için geliştirilen sensör destekli ve robotik *pre-pick* sistemleri, tesislerin iş güvenliği ve işlem doğruluğu açısından performansını artırmıştır. Sistemin en dikkat çekici unsurlarından biri, üretici yükümlülüklerini (kayıt, raporlama, toplama, geri kazanım) dijital ortamda yöneten RENE AG platformudur. 56 ülkede faaliyet gösteren ve 80'in üzerinde tesisi kapsayan bu ağ, yılda 1 milyon tondan fazla e-atık işleme kapasitesine sahiptir. RENEE sistemi, üretici

sorumluluk süreçlerinin dijital entegrasyonunu sağlayarak hem idari maliyetleri azaltmakta hem de tesis yatırımlarının finansal sürdürülebilirliğini desteklemektedir. Bu yapının Avrupa genelindeki WEEE Forum projeleriyle entegrasyonu, sistemin yalnızca ulusal değil, aynı zamanda bölgesel bir yönetişim standardı oluşturmasına olanak tanımaktadır (WEEE Forum, 2022; EIT Manufacturing, 2025).

Avrupa Komisyonu ve ulusal çevre ajanslarının kalite raporları, Almanya modelinin AB içinde "yüksek teknolojili otomatik ayrıştırma" ve "uluslararası uyum" açısından en gelişmiş sistemlerden biri olduğunu göstermektedir. Bu yapı, çevresel verimlilik ile endüstriyel rekabetçiliği birleştiren bir örnek teşkil etmekte; ikincil hammadde zincirinde yüksek saflıkta malzeme akışını garanti altına almaktadır.

ESEGEM çerçevesinde, Almanya örneği Türkiye için teknolojik modernizasyon, kurumsal entegrasyon ve ölçek ekonomisi ilkeleri üzerine kurulabilecek bir politika mimarisi sunmaktadır:

1. Teknolojik modernizasyon: Lisanslı geri dönüşüm tesislerinde optik ve sensör tabanlı ayırma hatlarının kurulması; tehlikeli bileşenlerin robotik *pre-pick* sistemleriyle ayrıştırılması.
2. Kurumsal entegrasyon: Üretici sorumluluğu (PRO) süreçlerinin, RENEE benzeri merkezi bir dijital platform üzerinden kayıt, izleme ve raporlama işlevleriyle yönetilmesi.
3. Ölçek ekonomisi: Büyük üreticiler arasında ortak geri dönüşüm tesislerinin kurulması; böylece yatırım maliyetlerinin paylaşımıyla kapasite verimliliğinin artırılması.

Model parametreleri varsayım olarak TEŞ +5 %, TM –2 % (600→588), YZ +0.4 ve TD +0.03 biçiminde tanımlanmıştır. ESEGEM denklemi üzerinden yapılan hesaplama aşağıdaki biçimdedir:

$$\Delta GDM = 0.0004(0.05 \times 97{,}874{,}361) + (-60)(-12) + 800(0.4) + 10{,}000(0.03)$$

$$\Delta GDM = 3{,}297.49\ ton$$

Yeni denge değeri GDM ≈ 33 506 ton olup, bu değer yaklaşık %11'lik bir artışı temsil etmektedir.

Almanya örneğinde olduğu gibi sensör destekli otomatik ayırma teknolojilerinin, uluslararası uyum ağlarıyla entegre biçimde uygulanması, Türkiye'nin geri dönüşüm sisteminde hem verimlilik hem de izlenebilirlik açısından kalıcı iyileşmeler sağlayabilir. Bu modelin kısa ve orta vadede %10–15 düzeyinde performans artışı yaratması beklenmektedir. Ayrıca, yüksek saflıktaki ikincil hammaddelerin sanayiye yeniden kazandırılması, Türkiye'nin e-atık yönetiminde ekonomik döngüsellik kapasitesini güçlendirecek; ESEGEM modelinin TEGRA bileşeni için ileri teknoloji temelli dönüşümün temelini oluşturacaktır.

3.7.1.4.2. Senaryo TEGRA-B – Güney Kore: "K-eco Akıllı Geri Dönüşüm ve AI Görüntü Tanıma"

Güney Kore'nin e-atık yönetimi modeli, dijital izlenebilirliği, yapay zekâ (AI) tabanlı görüntü tanıma teknolojilerini ve risk önleme altyapısını bütünleştiren yenilikçi bir sistem yapısına sahiptir. Korea Environment Corporation (K-eco) tarafından yürütülen bu sistem, Genişletilmiş Üretici Sorumluluğu (EPR) uygulamasını ileri düzey dijital denetim mekanizmalarıyla birleştirerek, e-atık geri dönüşüm zincirinin uçtan uca yönetilmesini sağlamaktadır.

K-eco'nun son yıllık raporları (2024) sistemin özellikle operasyonel riskleri önceden tahmin eden yapay zekâ algoritmaları ve sensör tabanlı akıllı izleme ağları üzerinden yönetildiğini göstermektedir. Bu yapı, belediye-üretici-geri dönüşümcü veri akışını bütünleştirerek hem toplama hem de ayrıştırma aşamalarında hatalı sınıflandırma oranlarını azaltmakta hem de yangın ve batarya kaynaklı güvenlik risklerini önemli ölçüde düşürmektedir. Böylece sistem yalnızca verimlilik değil, aynı zamanda güvenlik, şeffaflık ve çevresel uyum açısından da ileri bir yönetişim standardı ortaya koymaktadır.

Bu politika yaklaşımı, K-eco 2024 Sürdürülebilirlik Raporu, OECD Extended Producer Responsibility Reports ve UNOSD Smart Waste Management Framework gibi uluslararası belgelerle de desteklenmektedir. Söz konusu kaynaklarda Kore modeli, Asya-Pasifik bölgesinde "smart sorting & tracking" kategorisinde örnek ülke olarak tanımlanmakta; dijital dönüşümün çevresel performans üzerindeki etkisi sayısal olarak doğrulanmaktadır.

ESEGEM modeli çerçevesinde, Kore örneğinden Türkiye'ye uyarlanabilecek politika mimarisi şu bileşenler üzerine kurulabilir:

1. Dijital tesis izleme altyapısı: K-eco benzeri bir "akıllı uyarı" (smart alert) modülüyle, toplama ve ayrıştırma hatlarının anlık izlenmesi.
2. AI tabanlı görüntü tanıma sistemi: Karma e-atık akışlarında ön-ayırma (*pre-sort*) işlemlerinin otomatik yapılması ve hatalı sınıflandırmanın en aza indirilmesi.
3. Veri paylaşım protokolü: Üretici, belediye ve geri dönüşümcüleri kapsayan ulusal veri bütünlüğü ve dijital doğrulama sistemi kurulması.

Model parametreleri TEŞ +10 %, TM − 5 % (600 → 570), YZ + 0.6 ve TD + 0.05 olarak tanımlanmıştır.

$$\Delta GDM = 0.0004(0.10 \times 97{,}874{,}361) + (-60)(-30) + 800(0.6) + 10{,}000(0.05)$$

$$\Delta GDM = 6{,}694.97\ ton$$

Yeni denge değeri GDM ≈ 36 904 ton, bu da yaklaşık %22'lik bir artış anlamına gelmektedir.

Yapay zekâ tabanlı izlenebilirlik, hata tespitinin otomatikleşmesi ve risk azaltımı sayesinde sistemde yaklaşık %20–25 oranında kalıcı performans artışı beklenmektedir. AI destekli ön-ayırma teknolojileri, yalnızca iş gücü verimliliğini artırmakla kalmamakta; aynı zamanda toplama-ayırma süreçlerinin doğruluğunu artırarak üretici ve belediye düzeyinde operasyonel verimliliği de güçlendirmektedir. Kore modelinin bu yönü, Türkiye için hem dijital dönüşüm odaklı hem de yüksek güvenlik standartlarına sahip bir e-atık altyapısının kurulması açısından güçlü bir referans sunmaktadır (K-eco, 2024; OECD, 2021).

3.7.1.4.3. Senaryo TEGRA-C – Japonya: "PEC (Panasonic Eco Technology Center) Robotik Demontaj + HARL (2001) Entegre Otomasyon"

Japonya'da 2001 yılında yürürlüğe giren Home Appliance Recycling Law (HARL), üretici sorumluluğunu yasal düzeyde tanımlayarak, geri kazanım oranlarını zorunlu hedeflerle ilişkilendiren dünyadaki en gelişmiş e-atık yönetim sistemlerinden birini oluşturmuştur. HARL kapsamında uygulanan "kupon sistemi" (recycling ticket system), hem ürün takibini hem de geri dönüşüm ücretinin ödenmesini dijital ortamda

doğrulayan bir mekanizma olarak işlev görmektedir. Bu sistem, üreticiye ait cihazların yaşam döngüsü boyunca izlenmesini zorunlu kılmakta; geri dönüşüm tesislerinde belirlenmiş oranlarda işleme tabi tutulmasını güvence altına almaktadır. Böylece hem idari hem finansal süreçlerde izlenebilirlik sağlanmakta hem de "üretici-sorumluluk-performans" bağı doğrudan güçlenmektedir.

Panasonic Eco Technology Center (PEC) gibi tesislerde geliştirilen robotik demontaj ve otomatik ayırma hatları, sistemin teknolojik çekirdeğini oluşturur. 2023 itibarıyla klima dış ünite kapaklarının otomatik sökümünü gerçekleştiren robotik sistemin devreye alınmasıyla, Japon endüstrisinde bir ilk yaşanmış; bu inovasyon, hem iş güvenliğini artırmış hem de işleme kapasitesini ciddi biçimde yükseltmiştir. METI verilerine göre, dört ana ürün akımı (klima, buzdolabı, televizyon, çamaşır makinesi) için geri dönüşüm oranları yasal eşiğin oldukça üzerine çıkmıştır: örneğin klimalarda %92'lik geri kazanım oranı, %80'lik minimum standardı önemli ölçüde aşmıştır.

Bu politika modeli, Japonya Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Bakanlığı (METI) ile Çevre Bakanlığı (MOEJ) tarafından yayımlanan resmî belgeler, Panasonic PETEC tesislerinin yıllık performans raporları ve ülke genelindeki 45 geri dönüşüm tesisine ilişkin istatistiklerle desteklenmektedir. METI'nin Circular Economy Progress Reports serisi ile Panasonic'in FY2024 Sustainability Report verileri, HARL sisteminin robotik otomasyon yatırımlarını ve enerji verimliliğini eş zamanlı optimize ettiğini göstermektedir. Nitekim bu entegrasyon sayesinde Japonya genelinde enerji tüketiminde %30'a varan düşüş, malzeme saflığında ise belirgin artış kaydedilmiştir.

Türkiye'de bu modelin uyarlanabilmesi için, aşağıdaki üç temel politika bileşeni önerilmektedir:

1. Robotik demontaj hücreleri: Tehlikeli bileşenlere (ör. kompresör, ısı değiştirici) erişimi kolaylaştıran, sensör destekli söküm ünitelerinin kurulması.
2. HARL benzeri kupon/etiket sistemi: Ürün takip ve ücretlendirme sürecinin dijitalleştirilerek, üretici ve tüketici arasındaki geri dönüşüm yükümlülüğünün şeffaflaştırılması.
3. Malzeme kalite standardı ve teşvik mekanizması: Yüksek saflıkta geri kazanılan plastik ve metaller için ulusal kalite sertifikasyonu tanımlanması; premium alıcı sözleşmeleri ve yatırım fonlarıyla desteklenmesi.

Model parametreleri: TEŞ +15 %, TM −8 % (600 → 552), YZ +0.9, TD +0.06

$$\Delta GDM = 0.0004(0.15 \times 97{,}874{,}361) + (-60)(-48) + 800(0.9) + 10{,}000(0.06)$$
$$= 10{,}072\ ton$$

Yeni denge değeri: $GDM \approx 40{,}281\ ton$ (+33 %)

Elde edilen sonuçlar, robotik demontaj sistemleriyle kupon tabanlı izleme mekanizmalarının birleşiminin, fiziksel kapasiteyi ve operasyonel verimliliği eş zamanlı olarak artırdığını göstermektedir. HARL modeli yalnızca geri dönüşüm oranlarını değil, aynı zamanda enerji tasarrufu, iş güvenliği, ve malzeme saflığı göstergelerinde de sürdürülebilir iyileşmeler üretmektedir.

Orta vadede %30'un üzerinde geri kazanım artışı sağlayan bu senaryo, ileri otomasyonun yasal çerçeveyle bütünleşmesi hâlinde e-atık yönetiminde yapısal bir dönüşümün mümkün olduğunu kanıtlamaktadır. Japonya örneği, Türkiye açısından, yüksek teknoloji destekli geri dönüşüm yatırımlarının ulusal regülasyonlarla eşgüdüm içinde tasarlanması durumunda hem çevresel hem ekonomik getiriler yaratabileceğini açık biçimde ortaya koymaktadır (METI, 2024; Panasonic, 2025).

3.7.1.4.4. Genel değerlendirme (TEGRA)

TEGRA alt bileşeni, ileri ayırma/otomasyon yatırımlarını ulusal uyum ve izlenebilirlik standartlarıyla birleştirerek "toplanan akışı yüksek saflıkta ikincil hammaddeye dönüştüren" çekirdek kapasiteyi güçlendirir. Aşamalı otomasyon (TEGRA-A → TEGRA-C) arttıkça marjinal kazançlar da hızlanmakta; özellikle robotik demontaj ve kupon/etiket tabanlı takip içeren TEGRA-C senaryosu, %33'e varan kalıcı kapasite artışıyla en yüksek etkileri üretmektedir. Politika setinin tamamı düşünüldüğünde, TEGRA; PT (teşvik) ve YUDES (denetim) ile MALT (lojistik) bileşenlerini tamamlayarak, sistemin aşağı akım kalitesi ve verimini güvence altına alan stratejik kaldıraç rolü görmektedir. CAPEX ve nitelikli işgücü gereksinimleri dikkate alındığında, pilot tesis → bölgesel ölçekleme → ulusal standardizasyon sıradüzeni, mali-etkin ve yönetilebilir bir geçiş patikası sunar.

Aşağıdaki özet, TEGRA bileşeninin üç senaryoda işleme verimliliğini (TM↓), kurumsal/teknik standartları (YZ↑), yatırım ve operasyon teşviklerini (TEŞ↑) ve davranışsal uyumu (TD↑) nasıl eşzamanlı harekete geçirdiğini nicel olarak

göstermektedir. Bulgular, ileri ayrıştırma–otomasyonun yalnızca tonaj artışı üretmediğini; aynı zamanda malzeme saflığı ve izlenebilirlik sayesinde sistemin bütününde kalıcı kalite kazanımı sağladığını ortaya koyar.

Tablo 80. TEGRA Senaryoları Genel Değerlendirme

Senaryo	Model girdisi (değişen değişkenler)	ΔGDM (ton)	Yeni GDM (ton)	Artış (%)
TEGRA-A	TEŞ +5%, TM −2% (600→588), YZ +0.4, TD +0.03	3,297	33,506	+11%
TEGRA-B	TEŞ +10%, TM −5% (600→570), YZ +0.6, TD +0.05	6,695	36,904	+22%
TEGRA-C	TEŞ +15%, TM −8% (600→552), YZ +0.9, TD +0.06	10,072	40,281	+33%

Not. HF (hammadde fiyat endeksi) dışsal bir piyasa göstergesi olduğundan senaryolara doğrudan politika kolu olarak dâhil edilmemiştir; TEGRA etkisi, işleme verimliliği ve kalite standartları üzerinden TM↓, YZ↑, TEŞ↑, TD↑ kanallarına yedirilmiştir. Bu konumlandırma, ESEGEM denkleminin politika-duyarlı katsayılarıyla (β_2, β_4, β_5) doğrudan tutarlıdır.

3.7.1.5. TUKAM – Tüketici Katılım ve Motivasyonu

TUKAM bileşeni, ESEGEM modelinde e-atık yönetiminin en mikro düzeyini temsil eden tüketici davranışı odağını esas alır. Bu politika alanı, bireylerin sürdürülebilir elden çıkarma davranışına katılımını bilişsel (farkındalık), duygusal (sorumluluk) ve davranışsal (eylem) düzeylerde güçlendiren bütüncül yaklaşımları kapsamaktadır. Bu çerçevede, ekonomik teşviklerden (ör. dijital prim sistemleri) davranışsal yönlendirmelere ("green nudging") ve eğitsel dönüşüm politikalarına kadar uzanan geniş bir yelpazede politika araçları ele alınmaktadır. Panel modelde bu bileşen, özellikle tüketici katılımı (TD) ve teşvik miktarı (TEŞ) değişkenleri üzerinden geri dönüşüm performansına etki eden bir mikro davranışsal kaldıraç işlevi görmektedir.

Tablo 81. TUKAM Senaryoları

Kod	Ülke / Model	Politika Tipi	Etkilenen Değişkenler	Beklenen Etki
TUKAM-A	İsveç – E-Recycling & Green Nudging Programı	Yeşil davranış teşvikleri, bilgilendirme ve geri getirme ödülleri	TD ↑, TEŞ ↑	%10–15 katılım artışı, sürdürülebilir davranış alışkanlığı
TUKAM-B	Güney Kore – E-Point Dijital Teşvik Sistemi	Tüketiciye QR kodla anında iade primi, mobil eko-puan platformu	TD ↑↑, TEŞ ↑↑	%20–25 katılım artışı, düzenli teslimat davranışı
TUKAM-C	Fransa – AGEC Yasası & Davranışsal Eğitim Kampanyaları	Kamu farkındalık kampanyaları, okul temelli e-tasarım eğitimi, medya denetimi	TD ↑↑↑, YZ ↑	%30+ uzun vadeli katılım, bilinçli tüketici dönüşümü

3.7.1.5.1. Senaryo TUKAM-A – İsveç: Green Nudging & E-Recycling Programı

İsveç, çevresel davranışları yönlendirmede davranışsal ekonomi ilkelerini kurumsal politikalara entegre eden öncü ülkelerden biridir. Bu çerçevede uygulanan "yeşil dürtme" (green nudging) yaklaşımı, bireylerin sürdürülebilir tercihler yapmasını kolaylaştıran mikro-teşvikler ve bilişsel hatırlatıcılar aracılığıyla çevresel farkındalığı artırmayı hedefler. E-atık yönetimi özelinde geliştirilen E-Recycling Nudging Project, geri getirme davranışını pekiştirmek amacıyla toplama noktalarında "teşekkür ekranları", "enerji eşdeğeri farkındalık mesajları" ve mini ödül sistemleri gibi dijital araçlar kullanmıştır.

Bu uygulamalar, Stockholm ve Malmö belediyelerinde yürütülen pilot projelerde kısa sürede somut sonuçlar üretmiştir. Naturvårdsverket (2022) tarafından yayımlanan "Behavioral Insights in Waste Management" raporuna göre, yalnızca altı aylık pilot dönemde bireysel e-atık teslim oranı yaklaşık %12 artmıştır. Benzer biçimde, OECD'nin (2021) "Nudging for Sustainability" çerçevesi, İsveç'in davranışsal yaklaşımını çevre politikalarına örnek vaka olarak göstermekte; "bilgilendirme + görsel geri bildirim + küçük ödül" bileşiminin gönüllü katılımı artırmadaki etkisine dikkat çekmektedir. Ayrıca WEEE Forum (2020) raporu, toplumsal farkındalık kampanyalarının geri getirme davranışında doğrudan etkili olduğunu vurgulayarak, İsveç modelinin ölçülebilir davranışsal çıktılar ürettiğini ortaya koymaktadır.

Bu sistemin Türkiye'ye uyarlanması, yerel yönetimler ve enerji tedarikçileri işbirliğinde yürütülebilecek düşük maliyetli bir motivasyon altyapısına dayandırılabilir. Önerilen politika tasarımı şu bileşenleri içermektedir:

1. Yeşil Davranış Ödülü Programı: Belediyeler arasında yıllık e-atık toplama oranlarına göre sıralama yapılarak ödüllendirme ve görünürlük desteği sağlanması.
2. Anlık Teşekkür ve Geri Bildirim Modülü: Toplama noktalarında veya mobil uygulamalarda, teslim sonrası dijital teşekkür ekranı, rozet veya enerji eşdeğeri mesajının görüntülenmesi.
3. Küçük Teşvik Mekanizması: E-atık teslim eden bireylere elektrik faturasında indirim, yeşil puan veya kampanya bazlı ödül (ör. "5 cihaz teslim = 1 ay %5 elektrik indirimi") verilmesi.

Model parametreleri: TD +0.04, TEŞ +5 %

$$\Delta GDM = 0.0004(0.05 \times 97{,}874{,}361) + 10{,}000(0.04) = 1{,}957 + 400$$
$$= 2{,}357\ ton$$

Yeni denge değeri: $GDM \approx 32{,}566\ ton$ (+8 %)

Elde edilen bu sonuç, green nudging uygulamalarının davranışsal motivasyonu ölçülebilir biçimde artırdığını ve sistem performansında kısa vadede %8–10 düzeyinde artış sağlayabileceğini göstermektedir. Bireysel farkındalık ve düşük ölçekli teşviklerin birlikte kullanımı, tüketicilerin sürdürülebilir davranışlarını alışkanlığa dönüştürmekte; böylece uzun vadeli toplumsal katılım kültürü gelişmektedir.

İsveç deneyimi, Türkiye açısından mikro düzeyde düşük maliyetli, yüksek görünürlüklü uygulamaların e-atık yönetimi ekosistemine entegre edilmesi için uygulanabilir bir model sunmaktadır. Bu yaklaşım, davranışsal dönüşüm (TUKAM) bileşeninin, diğer politika araçlarını (PT – teşvik, YUDES – denetim, MALT – lojistik) tamamlayarak sistemin sosyal sürdürülebilirlik ayağını güçlendiren en etkili yönetişim stratejilerinden biri olduğunu ortaya koymaktadır (OECD, 2021; Naturvårdsverket, 2022; WEEE Forum, 2020).

3.7.1.5.2. Senaryo TUKAM-B – Güney Kore: E-Point Dijital Teşvik Platformu

Güney Kore, tüketici katılımını dijital dönüşüm araçlarıyla bütünleştiren yenilikçi politika modellerinin öncülerindendir. E-Point System, vatandaşların e-atık teslimini finansal mikro-teşviklerle ödüllendiren ve davranışsal sürekliliği dijital bir altyapı üzerinden sağlayan bütünleşik bir sistemdir. Katılımcılar, mobil uygulama veya e-posta doğrulamasıyla kayıt oldukları platformda, e-atık toplama noktalarına teslim ettikleri cihazlar için QR kod taramasıyla anında "eko-puan" kazanırlar. Bu puanlar, çevre dostu ürünlerde indirim, toplu taşımada kredi ya da kamu hizmeti faturalarında doğrudan indirim olarak kullanılabilmektedir. Böylece tüketiciler, geri dönüşüm eylemini yalnızca çevresel değil, ekonomik bir kazanç davranışı olarak da algılamaktadır.

K-eco'nun (2023) Sürdürülebilirlik Raporu, sistemin 3 milyondan fazla kayıtlı kullanıcıya ulaştığını ve e-atık teslim davranışında kalıcı artış sağladığını belirtmektedir. UNOSD'nin (2023) "Smart Incentive Systems in Recycling" raporu,

E-Point'i, dijital kimlik doğrulaması ve mobil ödül altyapısını bir arada kullanan "entegre davranışsal teşvik modeli" olarak nitelendirmekte; kullanıcı başına ortalama e-atık teslim sıklığının 1,8 kat arttığını göstermektedir. Ayrıca OECD (2021), davranışsal ve ekonomik teşviklerin birlikte uygulanmasının, atık azaltımı politikalarında "motivasyonel kaldıraç etkisi" yaratarak sürdürülebilir davranışın içselleştirilmesini hızlandırdığını vurgulamaktadır.

Türkiye bağlamında, bu modelin uyarlanması E-Devlet alt yapısı ve yerel yönetim işbirliğiyle uygulanabilir bir dijital yönetişim çözümü sunmaktadır. Politika tasarımının ana bileşenleri aşağıdaki gibidir:

1. Ulusal E-Point Türkiye Platformu: E-Devlet entegrasyonlu, e-posta ve kimlik doğrulamalı bir uygulama üzerinden vatandaşların kayıt ve puan yönetimi süreçleri.
2. QR Kodlu Toplama Ağı: Tüm belediye toplama noktalarına ve yetkili perakendecilere yerleştirilen QR kod etiketleriyle anlık teslim kaydı ve puan tanımlaması.
3. Teslim Bonus Altyapısı: Puanların kamu hizmeti faturalarına, toplu ulaşım kartlarına veya yeşil mağaza alışverişlerine otomatik aktarılmasını sağlayan dijital ödeme modülü.

Model parametreleri: TD + 0.07, TEŞ + 10 %

$$\Delta GDM = 0.0004(0.10 \times 97{,}874{,}361) + 10{,}000(0.07) = 3{,}915 + 700$$
$$= 4{,}615\ ton$$

Yeni denge değeri: $GDM \approx 34\,824\ ton\ (+15\ \%)$

Bu sonuçlar, dijital teşvik ve anlık ödül mekanizmalarının tüketici katılımını düzenli hâle getirdiğini göstermektedir. E-Point benzeri sistemler hem bireysel davranış değişimini hem de yerel yönetimlerle özel sektör arasındaki veri paylaşımını teşvik ederek dijital yönetişim tabanlı bir e-atık ekosistemi oluşturur. Kısa vadede toplama oranlarında %15–20, orta vadede ise %25'e kadar artış öngörülmektedir.

Türkiye'de uygulanacak E-Point Türkiye platformu, çevre dostu davranışların finansal teşviklerle desteklenmesini sağlayarak, TUKAM bileşeninin dijital dönüşüm

boyutunu güçlendirecektir. Böylelikle, davranışsal motivasyonun sürekliliği sağlanırken, PT (teşvik) ve YUDES (denetim) bileşenleriyle birlikte sistemin mikro düzeyde katılım ve güven dinamiklerini pekiştiren bir bütüncül politika altyapısı oluşturulacaktır (K-eco, 2023; UNOSD, 2023; OECD, 2021).

3.7.1.5.3. Senaryo TUKAM-C – Fransa: AGEC Yasası & Kamu Eğitim Kampanyaları

Fransa'da 2020 yılında yürürlüğe giren AGEC (Anti-Waste for a Circular Economy Act) yasası, döngüsel ekonomi politikalarını yalnızca üretim süreçlerine değil, aynı zamanda tüketici davranışlarına yönlendiren kapsamlı bir dönüşüm çerçevesi sunmaktadır. Yasa, vatandaşların çevresel farkındalığını ve e-atık yönetimine katılımını artırmak için kamu kurumları, medya kuruluşları ve eğitim sistemi arasında geniş ölçekli bir koordinasyon mekanizması oluşturmuştur.

Bu kapsamda, ulusal medya kampanyaları "onarma, yeniden kullanma ve geri dönüştürme" temalarıyla televizyon, dijital medya ve sosyal ağlarda yürütülmüş; aynı zamanda ilkokuldan lise düzeyine kadar eğitim müfredatına eko-tasarım ve sürdürülebilir tüketim modülleri eklenmiştir. Ürün etiketlerinde uygulanan onarılabilirlik endeksi (repairability index) ise, tüketicilerin satın alma sürecinde çevresel etkileri göz önünde bulundurarak daha bilinçli tercihler yapmalarına olanak tanımıştır. Böylece yasa, davranışsal değişimi yalnızca bilgilendirme yoluyla değil, aynı zamanda görsel ve bilişsel farkındalık araçları üzerinden destekleyen bütüncül bir yaklaşım geliştirmiştir.

AGEC'nin toplumsal etkilerine ilişkin bulgular, ADEME'nin (2023) Circular Economy Progress Report belgesinde ayrıntılı biçimde sunulmuştur. Rapora göre, e-atık farkındalığı göstergelerinde belirgin artışlar kaydedilmiş; toplama oranlarının yükselmesinde özellikle medya temelli kampanyaların etkili olduğu belirtilmiştir. Avrupa Komisyonu (2021), AGEC modelini "davranışsal dönüşüm odaklı döngüsel ekonomi politikası" olarak nitelendirmekte; OECD (2022) ise sürdürülebilir tüketim eğitimlerinin uzun vadede çevresel alışkanlıkların kalıcılığını güçlendirdiğini vurgulamaktadır.

Türkiye için bu modelden uyarlanabilecek politika bileşenleri aşağıdaki şekilde tanımlanabilir:

1. MEB müfredat entegrasyonu: "E-atık döngüsü ve sürdürülebilir tüketim" temalı ders modüllerinin ilkokul-lise düzeyinde eğitim programlarına dâhil edilmesi.
2. Ulusal medya seferberliği: Televizyon, YouTube ve sosyal medya kanallarında yürütülecek çevre temalı farkındalık kampanyalarının koordinasyonu.
3. Eko-Bilinç Endeksi: Tüketici farkındalık düzeylerini yıllık olarak ölçen, kamuoyuna açık endeks sisteminin geliştirilmesi.

Model parametreleri: TD +0.10, YZ +0.4

$$\Delta GDM = 10{,}000(0.10) + 800(0.4) = 1{,}000 + 320 = 1{,}320\ ton$$

Yeni denge değeri: $GDM \approx 31\,529\ ton\ (+4\ \%)$

Bu sonuç, kamu temelli eğitim ve iletişim politikalarının uzun vadede bireysel davranış kalıcılığını güçlendirdiğini ve e-atık toplama oranlarını dolaylı biçimde desteklediğini göstermektedir. AGEC benzeri yapıların Türkiye'de uygulanması, çevresel farkındalığın kurumsal düzeyde yaygınlaştırılması ve toplumsal katılımın kültürel olarak yerleşmesi açısından yüksek potansiyele sahiptir. Uzun vadede, eğitim temelli dönüşümün bilinçli katılım oranlarını %25–30 aralığında artırabileceği öngörülmektedir (ADEME, 2023; European Commission, 2021; OECD, 2022).

3.7.1.5.4. TUKAM Genel Değerlendirme

TUKAM bileşeni, e-atık yönetiminde tüketici davranışlarını dönüştürmeyi amaçlayan bilişsel (farkındalık), duygusal (sorumluluk) ve davranışsal (katılım) boyutlarıyla sistemin en mikro düzeyde işleyen politika eksenini temsil etmektedir. Bu bileşen, bireylerin geri dönüşüm sürecine gönüllü ve bilinçli katılımını artırarak makro ölçekte geri kazanım performansına doğrudan katkı sağlamaktadır.

Üç senaryo birlikte değerlendirildiğinde, ekonomik teşviklerin (TUKAM-B, E-Point modeli), davranışsal yönlendirme stratejilerinin (TUKAM-A, Green Nudging) ve eğitim temelli farkındalık politikalarının (TUKAM-C, AGEC yaklaşımı) birbirini tamamlayıcı biçimde çalıştığı görülmektedir. Bu yapı, Türkiye için geliştirilecek

tüketici odaklı politika bileşimlerinin yalnızca kısa vadeli katılım artışı değil, uzun vadeli davranış kalıcılığı da yaratabileceğini göstermektedir.

Simülasyon sonuçları, tüketici farkındalığı ve davranışsal teşviklere dayalı politikaların sistem performansında %5–15 aralığında kalıcı artış sağladığını ortaya koymaktadır. Bu bulgu, uluslararası literatürde yer alan davranış temelli politika modelleriyle (OECD, 2021; K-eco, 2023; ADEME, 2023) tam bir tutarlılık göstermekte; TUKAM'ın, ESEGEM modelinde "insan merkezli dönüşümün" temel kaldıraçlarından biri olduğunu doğrulamaktadır.

Davranışsal ekonomi ilkeleri ile dijital teşvik altyapılarının bütünleştiği TUKAM yaklaşımı, Türkiye'de sürdürülebilir e-atık yönetimine yönelik mikro düzeyde katılımı makro düzeyde ölçülebilir kazançlara dönüştürme potansiyeline sahiptir. Özellikle TUKAM-B senaryosundaki dijital ödül mekanizmasının kısa vadede toplama oranlarını hızla artırması, TUKAM-C'nin eğitim ve iletişim tabanlı yapısının ise uzun vadeli bilinç oluşturması, politika bileşenlerinin ardışık uygulanmasının önemini göstermektedir.

Tablo 82. TUKAM Senaryoları Genel Değerlendirme

Senaryo	Model Girdisi (değişen değişkenler)	ΔGDM (ton)	Yeni GDM	Artış (%)
TUKAM-A	TD +0.04, TEŞ +5 %	2,357	32,566	+8 %
TUKAM-B	TD +0.07, TEŞ +10 %	4,615	34,824	+15 %
TUKAM-C	TD +0.10, YZ +0.4	1,320	31,529	+4 %

Bu senaryoların tamamı, Türkiye için önerilen ESEGEM politikasal çerçevesinde davranışsal dönüşümün çok kriterli biçimde ölçülmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. TUKAM bileşeni, yalnızca bireysel farkındalığı artıran yumuşak önlemleri değil, aynı zamanda dijital teşvikler ve eğitim reformu gibi yapısal araçları da içermektedir. Bu nedenle, izleyen bölümde yer alan 3.7.2. Türkiye İçin Çok Kriterli Senaryo Değerlendirmesi, TUKAM, TEGRA, MALT ve PT bileşenlerinin birlikte değerlendirildiği entegre analiz adımını oluşturmaktadır. Böylelikle, her bir bileşenin sistem üzerindeki göreli etkisi, ağırlıklı uygunluk skoru yaklaşımıyla hesaplanarak, Türkiye için en uygulanabilir ve sürdürülebilir politika kombinasyonu belirlenmiştir.

3.7.2. Türkiye İçin Çok Kriterli Senaryo Değerlendirmesi

3.7.2.1. Hesaplama ve Simülasyon Altyapısı

Bu bölümde yürütülen senaryo analizleri, 3.5.5. bölümünde geliştirilen Python tabanlı ESEGEM Simülasyon Modülü aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Model, 2022 baz yılı için tahmin edilen ESEGEM denklemini esas almaktadır:

$$GDM_t = \beta_0 + \beta_1 TEŞ_t + \beta_2 TM_t + \beta_3 HF_t + \beta_4 YZ_t + \beta_5 TD_t$$

Modelde yer alan HF değişkeni (Hammadde Fiyat Endeksi), küresel piyasa etkilerini temsil eden dışsal bir ekonomik gösterge olarak sabit tutulmuştur. Böylece senaryo analizleri yalnızca politika değişkenleri olan TEŞ, TM, YZ ve TD üzerindeki parametrik varyasyonların (ΔTEŞ, ΔTM, ΔYZ, ΔTD) GDM üzerindeki marjinal etkilerini hesaplayacak biçimde kurgulanmıştır. Bu yaklaşım, politika bileşenlerinin sistem performansına etkilerini ceteris paribus koşulu altında izole biçimde ölçmeye olanak tanımaktadır.

Simülasyon süreci, Python 3.11 ortamında NumPy, Pandas ve StatsModels kütüphaneleri kullanılarak yürütülmüştür. Aşağıda yer alan fonksiyon, ESEGEM denkleminde tanımlı değişkenleri girdi olarak alarak parametrik değişimlere göre GDM değerini hesaplayan temel algoritmik yapıyı göstermektedir. Pythonda kullanılan kod dizisi aşağıdaki gibidir.

```
def gdm(TEŞ, TM, HF, YZ, TD):
    return β₀ + β₁*TEŞ + β₂*TM + β₃*HF + β₄*YZ + β₅*TD
```

Bu yapı, panel veri analizinden elde edilen gerçek regresyon katsayıları (β) kullanılarak uygulanmıştır. Her senaryo (A/B/C varyantları), bu fonksiyonun girdi setleri üzerinde çalıştırılmış; örneğin, TEŞ +0.10, TM −0.05 veya TD +0.04 gibi parametrik değişimler tanımlanarak, modelin ilgili politika bileşenine verdiği tepki ölçülmüştür. Bu süreçte HF değişkeni sabit tutularak, diğer politika faktörlerinin etkisi izole edilmiştir.

Her senaryoda elde edilen yeni değer, baz GDM (2022) değeriyle karşılaştırılmış ve fark olarak ΔGDM hesaplanmıştır. Bu işlem Python ortamında aşağıdaki adımlar izlenerek otomatik biçimde gerçekleştirilmiştir:

1. Her bileşen için (PT, YUDES, MALT, TEGRA, TUKAM) senaryolara ait parametrik değerler tanımlandı.
2. `gdm()` fonksiyonu yardımıyla yeni GDM değerleri hesaplandı.
3. ΔGDM = GDM_yeni − GDM_baz formülüyle fark değerleri elde edildi.
4. Sonuçlar Pandas veri çerçevesine aktarılarak, Yeni GDM, Artış (%) ve Yönsel Etki sütunlarıyla tabloya dönüştürüldü.

Bu aşamada her bir senaryo, yalnızca hedeflenen değişkende değişiklik yapılarak çalıştırılmış ve çıktıların doğrusal kombinasyon mantığıyla elde edilmesi sağlanmıştır. Böylece, bileşenlerin sistem performansına olan marjinal etkileri hem bağımsız hem de karşılaştırılabilir biçimde ölçülmüştür. Ayrıca, modelin yeniden üretilebilirliğini sağlamak amacıyla Python modülü içinde otomatik çıktı kayıt fonksiyonu (`to_excel()` ve `to_csv()` rutinleri) kullanılmıştır. Böylece her senaryonun sonuç tablosu ayrı dosya olarak kaydedilmiş ve MCDA değerlendirmesine doğrudan veri girişi yapılmıştır.

3.7.2.2. Çok Kriterli Değerlendirme (MCDA) Yaklaşımı

Simülasyonun nicel çıktıları yalnızca tonaj artışı düzeyinde değil, aynı zamanda uygulanabilirlik, ekonomik verimlilik, teknolojik uyum ve sosyo-kültürel uyum kriterleri çerçevesinde değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, Çok Kriterli Karar Analizi (MCDA) yöntemi uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan ağırlık katsayıları, literatürde çevresel politika karar destek sistemlerine ilişkin önerilen normatif değerlere dayandırılmıştır. Hajkowicz ve Collins (2007), politika uygulanabilirliği kriterinin karar modellerinde %30–35 düzeyinde önceliklendirilmesi gerektiğini; Macharis, De Witte ve Ampe (2009) ise ulaştırma projelerinde ekonomik verimlilik (0.25) ve teknolojik uyum (0.25) kriterlerinin eşit ağırlıklandırılması gerektiğini belirtmektedir. Benzer biçimde, Malczewski (2006) ile Hajkowicz ve Higgins (2008) çevresel politika analizlerinde kullanılan Weighted Linear Combination (WLC) yaklaşımında, ağırlıkları şu şekilde önermektedir:

- politika uygulanabilirliği (0.30),
- ekonomik verimlilik (0.25),
- teknolojik uyum (0.25),
- sosyo-kültürel uyum (0.20).

Bu oranlar, Velasquez ve Hester (2013) tarafından tanımlanan "ağırlıkların eşit olmaması ancak toplamının 1 olacak şekilde normalize edilmesi" prensibiyle de tutarlıdır. Dolayısıyla bu çalışmada kullanılan ağırlıklar (0.30 / 0.25 / 0.25 / 0.20) hem literatürdeki ortalama değerlerle hem de Türkiye bağlamında yapılan uzman görüşleriyle uyumlu biçimde kalibre edilmiştir.
Ağırlık seti, MCDA-WLC yaklaşımına uygun olarak normalize edilmiş ve toplam uygunluk skorlarının hesaplanmasında kullanılmıştır:

$$U = \sum_{i=1}^{n} wi \times si$$

Burada U, toplam uygunluk skorunu; w_i, kriter ağırlığını; s_i ise ilgili kriter puanını ifade etmektedir.

Kriter puanları 1–5 Likert ölçeğinde hem senaryo çıktılarının performansına (örneğin ΔGDM, TM↓, YZ↑ gibi teknik göstergeler) hem de nitel değerlendirmelere (örneğin toplum farkındalığı, yerel kapasite, mevzuat uyumu) dayalı olarak atanmıştır. Hesaplamalar, Pythonda Pandas veri çerçevesi üzerinde Weighted Linear Combination (WLC) yöntemiyle otomatik olarak yürütülmüştür. Pythonda kullanılan kod dizisi aşağıdaki gibidir.

```
df["U"] = 0.30*df["PU"] + 0.25*df["EV"] + 0.25*df["TU"] +
0.20*df["SKU"]
```

Bu yöntem, kriter değerlerini tek bir endekste toplarken telafi edici (compensatory) bir yapıya sahiptir. Bir kriterdeki düşük performans, diğer bir kriterdeki yüksek performansla kısmen dengelenebilmektedir. Bu özellik, çevresel politika değerlendirmelerinde sıkça tercih edilen dengeleyici yaklaşımlardan biridir. Outranking tekniklerine (ör. PROMETHEE, ELECTRE) kıyasla WLC yöntemi, hem veri gereksinimi hem de karar verici etkileşimi açısından daha şeffaf, yeniden üretilebilir ve uygulama odaklı bir çerçeve sunar. Bu bütünleşik yöntem, ekonometrik simülasyon modelinin sayısal güvenilirliğini korurken; politika uygulanabilirliğini, teknolojik yeterliliği ve toplumsal kabul düzeyini birlikte değerlendiren çok boyutlu bir karar destek sistemi oluşturmuştur. Sonuç olarak, bu çalışma yalnızca GDM performansındaki değişimleri ölçmekle kalmamakta; aynı zamanda davranışsal ve yapısal politika bileşenlerini aynı metodolojik çerçevede değerlendiren entegratif bir

Simülasyon + MCDA yaklaşımı önermektedir. Bu yönüyle ESEGEM modeli, çevresel politika analizlerinde mikro (davranışsal) ve makro (kurumsal-teknolojik) düzeyleri eş zamanlı olarak ölçebilen özgün bir analitik çerçeve sunmaktadır.

3.7.2.3. Doğrulama ve Tutarlılık Analizi

Simülasyon çıktılarının güvenilirliğini değerlendirmek amacıyla model üzerinde tutarlılık (consistency) ve duyarlılık (sensitivity) analizleri yürütülmüştür. Bu kapsamda hem ESEGEM simülasyon katsayılarının istatistiksel sağlamlığı hem de çok kriterli değerlendirme (MCDA) yapısının metodolojik güvenilirliği sistematik biçimde test edilmiştir. Bu süreç, Python ortamında geliştirilen doğrulama modülü aracılığıyla yürütülmüştür; tüm testler aynı veri seti (2022 baz yılı) üzerinde gerçekleştirilmiş, varyans ve istikrar analizleri gerçek regresyon çıktıları üzerinden hesaplanmıştır.

3.7.2.3.1. Bootstrap Parametrik Tutarlılık Testi

İlk olarak, ESEGEM modeline ait β katsayıları, yeniden örnekleme (bootstrap, n = 3000) yöntemiyle test edilmiştir. Bu test, orijinal regresyon modelinden rastgele örneklem çekimleriyle β katsayılarının dağılımını yeniden üretmeyi amaçlamaktadır. Python'da bu analiz, aşağıdaki biçimde uygulanmıştır.

```
for i in range(3000):
    sample = df.sample(frac=1, replace=True)
    model = sm.OLS(sample['GDM'],
sample[['TEŞ','TM','HF','YZ','TD']]).fit()
    beta_list.append(model.params)
```

Bootstrap dağılımı sonucunda, β katsayılarının ±%10 aralığında stabil kaldığı gözlenmiştir. Bu durum, modelin parametrik dayanıklılığını (parametric robustness) doğrulamaktadır. Başka bir ifadeyle, farklı örneklem kombinasyonlarında dahi katsayıların yön ve büyüklük bakımından değişmemesi, sistemin yapısal kararlılığını ortaya koymaktadır. Bu sonuç, simülasyon sisteminin rastgele örneklem değişimlerine karşı yüksek düzeyde kararlılık gösterdiğini ve modelin parametrik yapısının güvenilir olduğunu göstermektedir.

3.7.2.3.2. Monte Carlo Duyarlılık Simülasyonu

İkinci aşamada, politika değişkenlerindeki rastgele varyasyonlara karşı modelin tepkisini test etmek üzere Monte Carlo simülasyonu (1000 iterasyon) yürütülmüştür.

Her iterasyonda politika değişkenleri için ±%5 oranında rastgele sapmalar uygulanmış; sistemin ΔGDM sonuçlarındaki varyasyon dağılımı analiz edilmiştir. Bu işlem Python'da kullanılan kod dizisi aşağıdaki gibidir.

```
for i in range(1000):
    noise = np.random.uniform(-0.05, 0.05, size=4)
    delta = gdm(TEŞ*(1+noise[0]), TM*(1+noise[1]), HF,
YZ*(1+noise[2]), TD*(1+noise[3])) - gdm_baseline
    delta_list.append(delta)
```

Elde edilen varyans katsayısı (CV) 0.06–0.09 aralığında bulunmuştur. Bu değer, sistemin %90 güven düzeyinde istatistiksel olarak tutarlı çıktılar ürettiğini göstermektedir. Dolayısıyla, ESEGEM modeli uygulanan politika şoklarına karşı doğrusal sistem içinde anlamlı biçimde çalışmakta ve sonuçlar rastlantısal varyasyonlardan etkilenmemektedir.

3.7.2.3.3. MCDA Ağırlık Duyarlılığı Analizi

Çok kriterli değerlendirme aşamasında (MCDA-WLC), ağırlık katsayılarının toplam duyarlılığı ayrıca test edilmiştir. Her kriter ağırlığı ±0.05 oranında değiştirilmiş; yeni U skorları hesaplanarak toplam uygunluk skorlarındaki sapmalar ölçülmüştür. Python ortamında bu işlem şu şekilde gerçekleştirilmiştir:

```
for dw in np.arange(-0.05, 0.06, 0.01):
    new_weights = [0.30+dw, 0.25-dw/2, 0.25-dw/2, 0.20]
    U_new = np.dot(df[['PU','EV','TU','SKU']], new_weights)
    diff = abs(U_new - U_baseline).mean()
```

Ağırlıkların ±0.05 varyasyonu, toplam uygunluk skorlarında en fazla ±0.08'lik bir sapmaya yol açmıştır. Bu sonuç, karar kararlılığının (decision stability) korunduğunu ve kullanılan ağırlık setinin metodolojik olarak sağlam olduğunu göstermektedir. Ayrıca, ±0.05 oranındaki değişimlerde senaryo sıralamalarında hiçbir değişim gözlenmemiştir, yani karar modeli rank-robust (sıralama açısından dayanıklı) bir yapıya sahiptir.

3.7.2.3.4. Belirsizlik Bandı ve Sonuç

Bootstrap ve Monte Carlo analizlerine ek olarak, U skorları için ±0.10'luk bir belirsizlik bandı tanımlanmıştır. Bu aralık içinde dahi senaryo sıralamalarında değişim

gözlenmemiş (maksimum sapma ≤ 0.08) ve böylece önerilen politika kombinasyonunun rank-robust niteliği teyit edilmiştir.

Sonuç olarak gerçekleştirilen doğrulama süreci:

- ESEGEM simülasyon katsayılarının istatistiksel sağlamlığını,
- MCDA tabanlı çok kriterli karar analizinin metodolojik güvenilirliğini,
- ve senaryo sıralama yapısının tekrarlanabilirliğini ortaya koymuştur.

Bu bulgular, önerilen senaryoların tekrar edilebilir (replicable), kalibre edilebilir (calibratable) ve karşılaştırılabilir (comparable) nitelikte olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, ESEGEM modeli politika simülasyonlarında yüksek güven düzeyinde tutarlı, veri temelli ve analitik olarak sağlam bir karar destek çerçevesi sunmaktadır.

3.7.2.4. Senaryo Puanlama Rubriği ve U Değerlerinin Hesaplanması

Bu çalışmada Tablo 83'de yer alan çok kriterli uygunluk skorları (U) iki aşamalı bir değerlendirme süreciyle elde edilmiştir. Analiz, hem nicel simülasyon çıktıları (ΔGDM, TM↓, YZ↑, TD↑) hem de nitel değerlendirme kriterleri (yasal uyum, teknolojik olgunluk, farkındalık seviyesi) birlikte ele alınarak yürütülmüştür. Bu çift katmanlı yapı, ESEGEM modelinin nicel doğruluğunu MCDA'nın nitel karar dengeleme gücüyle bütünleştiren bir hibrit değerlendirme çerçevesi sunmaktadır.

3.7.2.4.1. Puanlama Aşaması – Kriter Bazlı Değerlendirme

İlk aşamada her senaryo, 1–5 Likert ölçeğinde dört ana kritere göre puanlanmıştır:

- Politika Uygulanabilirliği (PU): Yasal/kurumsal entegrasyon kapasitesi, mevzuat uyumu, kurumlar arası koordinasyon olasılığı.
- Ekonomik Verimlilik (EV): Simülasyon sonuçlarındaki ΔGDM artışı ve maliyet düşüş sinyali (TM↓).
- Teknolojik Uyum (TU): Teknoloji olgunluk seviyesi (TRL) ve yerli üretim altyapısıyla uyum.
- Sosyo-Kültürel Uyum (SKU): Tüketici davranışı, farkındalık, katılım ve dijital erişim düzeyi.

Puanlamalar, 3.7.1'deki senaryo açıklamalarıyla tutarlı biçimde hem literatür referansları hem de simülasyon çıktılarının büyüklüklerine dayanarak atanmıştır. Her kriter için kullanılan değerlendirme eşiği aşağıda verilmiştir:

Tablo 83. Çok Kriterli Uygunluk Skorlarının Hesaplanması

Kriter	1	3	5
PU	Belirgin yasal engel	Pilotla uyumlu	Mevcut kurumlarla tam entegre
EV	ΔGDM < %5	ΔGDM = %10–20	ΔGDM ≥ %30
TU	Dışa bağımlı teknoloji	Orta TRL	Olgun TRL ve yerli ekosistem
SKU	Düşük kabul	Kısmi kabul	Geniş kullanıcı benimsemesi

Bu aşamada her bir senaryo için nitel puanlama süreci Python veri çerçevesine aktarılmış, aşağıdaki şekilde yapılandırılmıştır:

```
df_scores = pd.DataFrame({
    'PU': [5.0, 4.5, 3.5, ...],
    'EV': [4.5, 4.0, 3.0, ...],
    'TU': [4.0, 4.0, 3.5, ...],
    'SKU': [3.5, 4.5, 5.0, ...]
})
```

Örneğin PT-C senaryosu için:

PU = 5.0, EV = 4.5, TU = 4.0, SKU = 3.5

Bu değerler hem 3.5.5'teki ΔGDM sonuçları hem de 3.7.1'deki politika açıklamalarında yer alan nitel gerekçelerle uyumlu biçimde atanmıştır.

3.7.2.4.2. Ağırlıklandırma Aşaması – Weighted Linear Combination (WLC)

İkinci aşamada bu puanlar, literatür temelli Weighted Linear Combination (WLC) yöntemiyle ağırlıklandırılmıştır. Kullanılan ağırlık seti çevresel politika değerlendirme literatürüne dayalıdır (Hajkowicz & Collins, 2007; Macharis vd., 2009; Velasquez & Hester, 2013). Her senaryo için toplam uygunluk skoru şu formülle hesaplanmıştır:

$$U = 0.30 \cdot PU + 0.25 \cdot EV + 0.25 \cdot TU + 0.20 \cdot SKU$$

Python uygulamasında hesaplama şu şekilde yürütülmüştür:

```
weights = [0.30, 0.25, 0.25, 0.20]
df_scores['U'] = df_scores[['PU','EV','TU','SKU']].dot(weights)
```

Örnek hesaplamalar:

- PT-C için
$$U = (0.30 \times 5.0) + (0.25 \times 4.5) + (0.25 \times 4.0) + (0.20 \times 3.5)$$
$$= 1.50 + 1.125 + 1.00 + 0.70 = 4.33$$
- MALT-B için
$$U = (0.30 \times 4.5) + (0.25 \times 4.5) + (0.25 \times 4.0) + (0.20 \times 3.5)$$
$$= 1.35 + 1.125 + 1.00 + 0.70 = 4.18$$

Hesaplanan değerler iki ondalığa yuvarlanmış ve tabloya "U" sütunu olarak aktarılmıştır. Görsel okunabilirliği artırmak amacıyla ±0.05 tolerans sınırı kullanılmıştır.

3.7.2.4.3. Kriterler Arası Bağımlılık Kontrolü

Kriterler arası olası bağımlılık (multicollinearity) özellikle EV (ΔGDM odaklı) ile TU (teknoloji olgunluğu) arasında değerlendirilmiştir. Çifte sayımı önlemek amacıyla:

- EV, yalnızca simülasyon tabanlı nicel performans sinyallerine (ΔGDM, TM↓),
- TU ise teknoloji olgunluk seviyesi (TRL) ve yerli ekosistem kapasitesine referans verecek biçimde tanımlanmıştır.

Bu ayrım sayesinde, U skorunun yapay biçimde şişmesini engelleyen metodolojik bir ayrıştırma yapılmıştır. Bu yaklaşım, MCDA literatüründe önerilen "kriter bağımsızlığı ilkesi" (Saaty, 1980) ile tam uyumludur. Bu iki aşamalı puanlama-ağırlıklandırma süreci, her senaryonun hem teknik etkisini (ΔGDM düzeyi) hem de uygulanabilirlik, teknoloji ve davranışsal uyum boyutlarını bütünleştirmiştir. Sonuçta elde edilen U skorları, Türkiye'nin mevcut kurumsal, teknolojik ve toplumsal kapasitesi dikkate alınarak karar destek tabanlı senaryo sıralaması oluşturmakta kullanılmıştır. Bu yapı, ESEGEM modelinin çıktılarının sayısal doğruluk ile karar bilimini birlikte kapsayan entegre bir politika değerlendirme sistemi sunduğunu göstermektedir.

3.7.2.5. Senaryo Uygunluk Skorları ve Türkiye İçin Çok Kriterli Değerlendirme

Bu aşamada, ESEGEM modelinin beş politika bileşeni için tanımlanan senaryolar, çok kriterli karar analizi (MCDA) çerçevesinde değerlendirilmiştir. Amaç, her senaryonun politik uygulanabilirlik, ekonomik verimlilik, teknolojik uyum ve sosyo-kültürel uyum boyutlarındaki göreli performansını ortaya koymak ve Türkiye koşullarına en uygun politika kombinasyonlarını belirlemektir.

Tablo 84. Senaryo Uygunluk Skorlar-Türkiye İçin Çok Kriterli Değerlendirme

Bileşen	Senaryo	Politika Uygulanabilirliği (0.30)	Ekonomik Verimlilik (0.25)	Teknolojik Uyum (0.25)	Sosyo-Kültürel Uyum (0.20)	Toplam Skor (U)	Yorum
PT	PT-A (Kore EPR + Eko-Modülasyon)	4.0	4.0	3.5	3.0	**3.65**	Gelişmiş model; yüksek altyapı gerektirir
	PT-B (Almanya Ücretsiz İade)	4.5	4.0	3.0	4.0	**3.95**	Maliyet düşürür ama sınırlı yapısal etki
	PT-C (Performans Fonu)	**5.0**	**4.5**	**4.0**	**3.5**	**4.40 ***	Türkiye için en uygun (fonlama + yönetişim)
YUDES	**YUDES-A (Almanya EAR)**	**5.0**	**4.0**	**4.0**	**3.0**	**4.25 ***	Dijital denetim, yüksek kurumsal uyum
	YUDES-B (Kore K-eco Dijital)	4.0	3.5	4.5	3.0	**3.95**	Gelişmiş teknoloji gerektirir
	YUDES-C (Fransa-Belçika Denetim Fonu)	3.5	3.5	4.0	3.5	**3.70**	Orta vadeli uyum potansiyeli
MALT	MALT-A (Hollanda Akıllı Toplama)	4.0	4.0	3.5	3.5	**3.85**	Erken pilot uygulanabilir
	MALT-B (Finlandiya Hub-Spoke)	**4.5**	**4.5**	**4.0**	**3.5**	**4.25 ***	Türkiye coğrafyasına en uygun lojistik modeli
	MALT-C (Japonya AI Planlama)	3.5	3.5	4.5	3.0	**3.80**	Uzun vadede ileri seviye teknoloji gerektirir
TEGRA	TEGRA-A (Almanya RENE)	4.0	3.5	4.0	3.0	**3.75**	Orta düzey teknoloji uyumu
	TEGRA-B (Kore AI Geri Kazanım)	**4.5**	**4.0**	**4.5**	**3.0**	**4.15 ***	Teknolojik sıçrama kapasitesi yüksek
	TEGRA-C (Japonya PEC Robotik)	3.5	3.0	5.0	2.5	**3.60**	Uzun vadeli yatırım gerektirir
TUKAM	TUKAM-A (İsveç Nudging)	4.0	3.5	3.5	4.5	**3.95**	Kısa vadeli farkındalık için uygun
	TUKAM-B (Kore E-Point)	**4.5**	**4.0**	**4.0**	**4.5**	**4.35 ***	Dijital kültür uyumu yüksek, en uygun
	TUKAM-C (Fransa AGEC Eğitim)	3.5	3.0	3.5	5.0	**3.75**	Uzun vadede etkili ama düşük kısa vadeli getiri

***Not**:* U değerleri, 1–5 Likert ölçeğinde oluşturulan puanların (PU, EV, TU, SKU) WLC yöntemiyle (U = 0.30·PU + 0.25·EV + 0.25·TU + 0.20·SKU) ağırlıklandırılmasıyla elde edilmiştir. Puanlar, 3.7.1'deki senaryo analizleri ve simülasyon çıktılarındaki ΔGDM, TM↓, YZ↑, TD↑ göstergelerine dayanmaktadır.

Senaryoların puanlama süreci, 3.7.2.4. bölümünde açıklanan WLC tabanlı ağırlıklandırma yapısı (PU=0.30; EV=0.25; TU=0.25; SKU=0.20) kullanılarak yürütülmüştür. Tüm kriterler aynı fayda yönünde tanımlanmış olup, yüksek değerler (5=çok uygun) senaryo başarımının yüksekliğini ifade etmektedir.

Hesaplama Yöntemi (Örnek: MALT-B için)

$$U = (0.30 \times 4.5) + (0.25 \times 4.5) + (0.25 \times 4.0) + (0.20 \times 3.5)$$
$$= 1.35 + 1.125 + 1.0 + 0.7 = 4.175 \approx 4.25$$

Aynı yöntem tüm senaryolara uygulanmıştır. Bu ağırlıklı ortalama yöntemi, çok kriterli karar analizinin (MCDA) WLC yaklaşımına dayanmaktadır.

Değerlendirme Kriterleri ve Uygunluk Mantığı;

- Politika Uygulanabilirliği: Türkiye'nin mevcut yasal ve kurumsal yapısına (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Türkiye Çevre Ajansı, belediyeler, e-Devlet yapısı) entegrasyon potansiyeli.
- Ekonomik Verimlilik: Her senaryoda elde edilen ΔGDM artışı ile uygulama maliyetinin dengesi.
- Teknolojik Uyum: TÜBİTAK, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, özel sektör ve yerli Ar-Ge altyapısının uyum kapasitesi.
- Sosyo-Kültürel Uyum: Vatandaş davranışı, farkındalık düzeyi, dijital alışkanlıklar ve TD değişkeni (katılım eğilimi) üzerinden ölçülmüştür.

Bu değerlendirme, ESEGEM modelinde geliştirilen politika bileşenlerinin, Türkiye'nin kurumsal kapasitesi, dijital dönüşüm düzeyi ve toplumsal farkındalık yapısıyla ne ölçüde örtüştüğünü ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgulara göre:

- PT-C (Performans Fonu)
- YUDES-A (EAR Sistemi)
- MALT-B (Hub–Spoke Lojistik Modeli)
- TEGRA-B (AI Geri Kazanım Teknolojisi)
- TUKAM-B (E-Point Dijital Platformu)

senaryoları, Türkiye için en yüksek uygunluk skoruna ($U \geq 4.15$) sahip olup, ESEGEM modelinin ulusal ölçekli politika entegrasyonu açısından öncelikli uygulanabilir bileşenleridir. Bu sonuçlar, ESEGEM'in bütünleşik simülasyon + MCDA

metodolojisinin, sayısal doğruluk (ΔGDM) ile politika uygulanabilirliği arasında denge kurarak karar vericiler için güvenilir bir politika önceliklendirme çerçevesi sunduğunu doğrulamaktadır.

3.7.3. Türkiye İçin En Yüksek Uygunluk Skoru ve Entegre Politika Önerisi

Yapılan çok kriterli karar analizi (MCDA) sonucunda, ESEGEM modelini oluşturan beş temel politika bileşeni — Politika ve Teşvik Mekanizmaları (PT), Yasal Uyumluluk ve Denetim Sistemi (YUDES), Maliyet Azaltıcı Lojistik Teknolojiler (MALT), Teknolojik Geri Kazanım Altyapısı (TEGRA) ve Tüketici Farkındalık ve Katılım Mekanizması (TUKAM) — için en yüksek toplam uygunluk skoruna sahip senaryolar belirlenmiştir. Bu analiz, Türkiye'nin mevcut kurumsal, teknolojik ve sosyo-kültürel kapasitesi dikkate alınarak, ESEGEM modelinin ulusal ölçekli uygulanabilirliğini test etmeyi amaçlamaktadır.

Tablo 85. Türkiye İçin En Yüksek Uygunluk Skoru

Bileşen	En Yüksek Skorlu Senaryo	U (Toplam Skor)	Uygunluk Derecesi
PT	PT-C – Performans Fonu	4.40	Çok yüksek
YUDES	YUDES-A – EAR Kayıt ve Denetim Sistemi	4.25	Çok yüksek
MALT	MALT-B – Bölgesel Hub-Spoke Lojistik Modeli	4.25	Çok yüksek
TEGRA	TEGRA-B – AI Geri Kazanım ve Akıllı Ayrıştırma	4.15	Yüksek
TUKAM	TUKAM-B – E-Point Dijital Teşvik Platformu	4.35	Çok yüksek

Hesaplanan genel ortalama uygunluk skoru 4.28/5 olup, bu değer ESEGEM Ulusal Uyum Endeksi açısından "yüksek düzeyde uygun" kategorisinde sınıflandırılmıştır. Sonuçlar, Türkiye'nin kurumsal yapısı ile model bileşenleri arasında güçlü bir yapısal uyum bulunduğunu göstermektedir. Elde edilen bulgulara göre en yüksek uygunluk değerine sahip senaryolar sırasıyla PT-C (Performans Fonu), YUDES-A (EAR Kayıt ve Denetim Sistemi), MALT-B (Bölgesel Hub-Spoke Lojistik Modeli), TEGRA-B (AI Destekli Geri Kazanım ve Akıllı Ayrıştırma) ve TUKAM-B (E-Point Dijital Teşvik Platformu) olarak belirlenmiştir. Bu senaryoların birleşimi, Türkiye için yüksek etki – orta maliyet dengesine sahip, sürdürülebilir ve ölçeklenebilir bir e-atık yönetim çerçevesi sunmaktadır.

Tablo 85, her bir ESEGEM bileşeni için en yüksek uygunluk skoruna ulaşan senaryoları göstermektedir. U (toplam skor) değerleri, her senaryonun kurumsal uygulanabilirlik, teknolojik fizibilite, maliyet etkinliği ve toplumsal kabul düzeyi gibi kriterlere göre ağırlıklı olarak hesaplanmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre Türkiye, ESEGEM modelinin beş ana bileşeni açısından genel olarak "çok yüksek uyumluluk düzeyi" göstermektedir. Bu tablo hem ulusal politika altyapısının hem de teknolojik ve toplumsal kapasitenin, modelin önerdiği yapısal dönüşümleri destekleyebilecek düzeyde olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu analiz, bileşenlerin tekil performanslarını sayısal biçimde değerlendirmenin ötesinde, modelin bütüncül uygulanabilirliğini de doğrulamakta; ESEGEM-Ulusal Uyum Endeksi açısından Türkiye'nin yüksek potansiyel taşıdığını göstermektedir.

3.7.3.1. Politika ve Teşvik Mekanizmaları (PT): En uygun senaryo: PT-C – Performans Fonu

Neden: Türkiye'de belediyelerin e-atık toplama altyapısı bölgesel olarak farklılık göstermektedir. Performansa dayalı fonlama modeli, bu farklılıkları azaltarak yerel yönetimlerin verimlilik esaslı rekabetini teşvik eder.
Uyumluluk: Türkiye Çevre Ajansı, TÜBİTAK ve Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yürütülen mevcut fon ve destek mekanizmalarına kolaylıkla entegre edilebilir.
Beklenen Etki: Sistem kapasitesinde yaklaşık %30'luk artış ve uzun vadede mali kaynakların daha etkin kullanımı.
Risk: Performans göstergelerinin doğru tanımlanmaması durumunda kaynak tahsisi dengesizliği ve yüksek koordinasyon gereksinimi oluşabilir.

3.7.3.2. Yasal Uyumluluk ve Denetim Sistemi (YUDES): En uygun senaryo: YUDES-A – EAR Kayıt ve Denetim Sistemi (Almanya Modeli)

Neden: Türkiye'de kayıt dışı üretici ve ithalatçı oranı yüksektir. Dijital tabanlı EAR sistemi, üretici sorumluluğunun izlenmesini ve denetim süreçlerinde şeffaflığı güçlendirir.
Uyumluluk: Mevcut e-Devlet ve Çevre Bilgi Sistemi (ÇBS) altyapısına doğrudan entegre edilerek Bakanlık denetim süreçlerinde kullanılabilir.

Beklenen Etki: +%14 sistem verimliliği artışı; yasal şeffaflık ve izlenebilirlikte belirgin iyileşme.

Risk: Küçük üreticilerin sisteme adaptasyonu için ilave mali destek ve geçiş süresi gerektirebilir.

3.7.3.3. Maliyet Azaltıcı Lojistik Teknolojiler (MALT): En uygun senaryo: MALT-B – Bölgesel Hub–Spoke Lojistik Modeli (Finlandiya Örneği)

Neden: Türkiye'nin geniş coğrafi yapısı ve bölgesel atık yoğunluğu farklılıkları, aktarma merkezli (hub–spoke) sistemlerin uygulanabilirliğini artırmaktadır.

Uyumluluk: NUTS-2 düzeyindeki büyükşehir belediyelerinde mevcut toplama merkezleri, bölgesel e-atık transfer istasyonlarına dönüştürülerek kullanılabilir.

Beklenen Etki: +%25–30 toplama kapasitesi artışı ve yaklaşık %15 maliyet düşüşü.

Risk: Başlangıç yatırım maliyeti yüksektir; ayrıca elektrikli araç altyapısı eksikliği kısa vadede operasyonel sınırlama yaratabilir.

3.7.3.4. Teknolojik Geri Kazanım Altyapısı (TEGRA): En uygun senaryo: TEGRA-B – K-eco Akıllı Geri Dönüşüm ve AI Ayrıştırma (Güney Kore Modeli)

Neden: Türkiye'nin sanayi altyapısı sensör tabanlı otomasyon hatlarının adaptasyonuna uygundur. Yapay zekâ destekli ayrıştırma sistemleri orta vadede verimlilik ve kaliteyi yükseltecektir.

Uyumluluk: TÜBİTAK TEYDEB ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı destekli Ar-Ge programlarıyla pilot tesis kurulumu mümkündür.

Beklenen Etki: +%22 verim artışı, düşük hata oranı ve veri temelli süreç izleme kapasitesi.

Risk: Teknoloji ithalatına bağımlılık ve bakım maliyetleri uzun vadede sürdürülebilirlik riski oluşturabilir.

3.7.3.5. Tüketici Farkındalık ve Katılım Mekanizması (TUKAM): En uygun senaryo: TUKAM-B – E-Point Dijital Teşvik Platformu (Güney Kore Modeli)

Neden: Türkiye'de genç nüfus oranı yüksek olup mobil cihaz kullanımı yaygındır; dijital ödül ve puan sistemleri davranışsal katılımı hızla artırabilir.

Uyumluluk: e-Devlet, e-cüzdan ve kamu dijital servisleriyle entegre biçimde çalışabilir.

Beklenen Etki: +%15 davranışsal performans artışı ve kısa vadede görünür farkındalık kazanımı.

Risk: Sistem finansmanının sürdürülebilirliği ve ödül bütçesinin düzenli yönetimi gereklidir.

Tablo 86. Türkiye için En Mantıklı Entegre Senaryo

Bileşen	Önerilen Model	Kısa Gerekçe	Tahmini Etki (%)
PT	Performansa Dayalı Fon (PT-C)	Kurumsal finansman ve yatırım motivasyonu	**+30**
YUDES	EAR Dijital Denetim (YUDES-A)	Kayıt dışılığın azaltılması ve şeffaflık	**+14**
MALT	Bölgesel Lojistik Hub (MALT-B)	Coğrafi verimlilik, maliyet düşüşü	**+26**
TEGRA	AI-Destekli Ayrıştırma (TEGRA-B)	Teknolojik sıçrama ve kalite artışı	**+22**
TUKAM	E-Point Dijital Ödül (TUKAM-B)	Dijital katılım ve genç nüfusun dahil edilmesi	**+15**

Analiz bulguları, yukarıdaki beşli kombinasyonun — PT-C + YUDES-A + MALT-B + TEGRA-B + TUKAM-B — Türkiye açısından en yüksek etki–uygunluk dengesini sunduğunu göstermektedir. Bu kombinasyon, mevcut kurumsal, teknolojik ve davranışsal kapasiteyle bütünleştiğinde, yüksek etki–orta maliyet düzeyinde bir e-atık yönetim sistemi oluşturmaktadır. Simülasyon çıktılarının birleşik etkisi, sistem performansında ortalama %25–30 artış, operasyonel maliyetlerde ise %15 azalma potansiyeli ortaya koymuştur. Bu sonuç, ESEGEM modelinin bileşenleri arasında güçlü bir sinerji bulunduğunu ve entegrasyonun sadece teorik değil, ekonomik olarak da uygulanabilir bir politika çerçevesi sunduğunu analitik biçimde doğrulamaktadır.

Türkiye bağlamında önerilen kombinasyon, mevcut kurumsal kapasite (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Türkiye Çevre Ajansı, yerel yönetimler), dijital altyapı (e-Devlet, e-cüzdan uygulamaları) ve mevzuat çerçevesi (AEEE Yönetmeliği, genişletilmiş üretici sorumluluğu) ile yüksek düzeyde uyumludur. Bu entegrasyon, SKA-12 (Sorumlu Üretim ve Tüketim) ve SKA-13 (İklim Eylemi) hedefleriyle doğrudan hizalanarak, sürdürülebilir kalkınma politikalarıyla tam uyum göstermektedir. Öte yandan, MALT-C ve TEGRA-C senaryoları kısa vadede yüksek ΔGDM (geri dönüşüm miktarı artışı) potansiyeli sunmalarına rağmen, yüksek CAPEX (başlangıç yatırım) ve bakım maliyetleri nedeniyle toplam uygunluk puanında ilk sırayı alamamıştır. Ancak bu iki senaryo, orta vadede Faz 2–3 ölçekleme aşamalarında

değerlendirilebilecek “sıçrama yatırımları” olarak politika yol haritasında yerini korumaktadır.

Sonuç olarak, ESEGEM modelinin Türkiye için önerdiği bu bütünleşik politika seti; performans temelli finansman, dijital denetim, bölgesel lojistik, yapay zekâ destekli geri kazanım ve dijital katılım mekanizmalarını bir araya getirerek, 2030 döngüsel ekonomi vizyonuyla uyumlu, sürdürülebilir ve ölçeklenebilir bir ulusal e-atık yönetim sistemi ortaya koymaktadır.

3.7.4. Politika Yol Haritası ve Etki Düzeyleri

Bu bölüm, 3.5.5’te geliştirilen ekonometrik simülasyon modeli ile 3.6’da tanımlanan ESEGEM politika bileşenlerinden elde edilen bulgular temelinde oluşturulmuştur. Amaç, farklı politika senaryolarının (PT, YUDES, MALT, TEGRA, TUKAM) Türkiye koşullarında nasıl bir etki profili oluşturduğunu ortaya koymaktır. Simülasyon modelinde, 2022 baz yılı için hesaplanan $GDM_{(baz)} \approx 30{,}209$ ton referans değeri esas alınmış; her senaryoda, ceteris paribus varsayımı altında politika değişkenleri (TEŞ, TM, YZ, TD) üzerinde parametrik şoklar uygulanmıştır. Bu yöntem, modelin mikro (davranışsal) ve makro (politik-ekonomik) katmanlarını birleştirerek politika önceliklerinin sistem performansı üzerindeki marjinal etkilerini nicel biçimde değerlendirmeyi mümkün kılmıştır. Elde edilen sonuçlar, ESEGEM modelinin öngördüğü dönüşümün üç temel düzlemde gerçekleştiğini göstermektedir: mekanik (verim–maliyet dengesi), yönetişimsel (kurumsal etkililik) ve davranışsal (tüketici dönüşümü).

3.7.4.1. Mekanik Etki

ESEGEM senaryolarında gözlenen ilk düzey etki, sistemin maliyet azaltıcı ve verim artırıcı mekanizmaları üzerinden ortaya çıkmıştır.
Modelde uygulanan parametrik şoklar — özellikle TM↓, YZ↑, TD↑ ve kısmen TEŞ↑ değişimleri — genel geri dönüşüm miktarını (GDM) anlamlı biçimde yükseltmiştir. Simülasyon sonuçları, MALT-C (AI tabanlı lojistik planlama, +%38), TEGRA-C (robotik demontaj, +%33) ve PT-C (performans fonu, +%30) senaryolarının sistem performansında en yüksek artışları sağladığını göstermektedir. Bu bulgular, teknoloji ve lojistik temelli yapısal iyileştirmelerin, doğrudan mali teşvik mekanizmalarından daha yüksek marjinal etki ürettiğini ortaya koymaktadır. Başka bir ifadeyle, süreç

otomasyonu ve akıllı planlama teknolojileri, finansal destek politikalarının etkisini güçlendiren bir "verim çarpanı" rolü üstlenmiştir.

3.7.4.2. Yönetişimsel Etki

İkinci düzey etki, sistemin kurumsal kapasitesi ve yönetişim yapısındaki iyileşmeden kaynaklanmıştır. Dijital kayıt ve denetim sistemleri (YUDES-A, YUDES-B) üretici ve belediye düzeyinde veri bütünlüğünü artırmış; performansa dayalı fonlama modeli (PT-C) kayıt dışı akışların azalmasını sağlamıştır. Bu bulgular, modeldeki YZ_t (yenilik ve zekâ düzeyi) ile TD_t (toplumsal davranış düzeyi) katsayılarının anlamlılığıyla da desteklenmektedir. Sonuç olarak, yönetişimsel etki yalnızca toplama oranlarında artışa yol açmakla kalmamış; aynı zamanda şeffaflık, hesap verebilirlik ve uzun vadeli sürdürülebilirlik göstergelerini güçlendirmiştir.

3.7.4.3. Davranışsal Etki

Üçüncü düzey etki, e-atık yönetiminde tüketici davranışlarının dönüşümü üzerinden gözlemlenmiştir. Dijital ödül sistemleri (TUKAM-B / E-Point) ve "green nudging" uygulamaları (TUKAM-A, İsveç Modeli) tek başlarına %8–15 aralığında davranışsal iyileşme sağlamış, lojistik ve denetim politikalarıyla birlikte uygulandıklarında çarpan etkisi oluşturmuştur. Bu sonuç, çevresel davranış modellerinde (TPB, NAM, VBN) öne çıkan bilişsel ve normatif faktörlerin, somut teşviklerle desteklendiğinde kalıcı davranış değişimine dönüştüğünü göstermektedir. Dolayısıyla, dijital teşviklerin toplumsal farkındalık ve katılım düzeyiyle bütünleşmesi, ESEGEM modelinin davranışsal ayağını güçlendiren temel mekanizmadır.

3.7.4.4. Politika Yol Haritası ve Uygulama Aşamaları

ESEGEM senaryo analizlerinden elde edilen bulgular yalnızca nicel çıktılar açısından değil, aynı zamanda uygulanabilirlik, ekonomik verimlilik, teknolojik uygunluk ve sosyo-kültürel uyum boyutlarında da bütüncül biçimde değerlendirilmiştir. Bu kapsamda yürütülen çok kriterli karar analizi (MCDA), her politika senaryosunu dört ana eksende puanlayarak Türkiye koşullarına göre en uygun politika bileşenlerini belirlemiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre, PT-C (Performans Fonu), YUDES-A (Dijital Denetim ve EAR Sistemi), MALT-B (Bölgesel Hub–Spoke Lojistik Modeli), TEGRA-B (AI Tabanlı Akıllı Geri Dönüşüm) ve TUKAM-B (E-Point Dijital Teşvik

Platformu) senaryoları en yüksek toplam uygunluk skorlarını elde etmiştir. Genel ortalama U = 4.28 / 5, "yüksek düzeyde uygun" kategorisinde sınıflandırılmıştır. Bu bulgu, ESEGEM modelinin Türkiye için kademeli olarak uygulanabilir ve maliyet–etki dengesi yüksek bir politika çerçevesi sunduğunu doğrulamaktadır. ESEGEM'in bütünleşik senaryo seti, kısa, orta ve uzun vadeli eylem aşamaları biçiminde yapılandırılmıştır. Bu yapı, mikro (tüketici-davranış) ve makro (politika-altyapı) düzeylerin eşzamanlı ilerlemesini sağlayan dönüşüm yol haritası sunmaktadır:

Aşama 1 (0–12 Ay): Pilot Uygulama ve Veri Altyapısı

- **YUDES-A** (EAR benzeri dijital kayıt-denetim sistemi) ve **TUKAM-B** (E-Point TR dijital teşvik sistemi) pilotlarının başlatılması.
- Ulusal veri şeması, QR/ID eşleştirme altyapısı ve e-cüzdan entegrasyonunun kurulması.

Aşama 2 (12–36 Ay): Lojistik Yeniden Yapılanma

- **MALT-B** kapsamında bölgesel hub–spoke aktarma merkezlerinin kurulması.
- Rota optimizasyonu yazılımlarının devreye alınması ve belediye–PRO sözleşmelerinin standardizasyonu.

Aşama 3 (18–48 Ay): Performans Esaslı Fonlama ve İzleme

- **PT-C** modeli çerçevesinde performans fonunun yürürlüğe girişi.
- Belediyeler arası "lig tablosu", açık veri panoları ve bonus–malus uygulamalarının devreye alınması.

Aşama 4 (24–60 Ay): Teknolojik Ölçekleme ve Otomasyon

- **TEGRA-B** kapsamında yapay zekâ destekli ayrıştırma ve sensör tabanlı hatların kurulumu.
- Yangın / akü risk göstergelerinin izlenmesi ve kalite bazlı hammadde standardizasyonunun sağlanması.

Bu aşamaların senkronize biçimde yürütülmesi, sistem performansında ortalama %25–30 artış ve toplama–taşıma maliyetlerinde yaklaşık %15 azalma potansiyeli sunmaktadır. Söz konusu artış yalnızca tonaj büyümesini değil, aynı zamanda ikincil

hammadde saflığı ve süreç güvenliği alanlarında kalıcı iyileşmeyi de temsil etmektedir.

3.7.4.5. Uygulama Riskleri, İzleme Göstergeleri ve Gelecek Araştırma Alanları

ESEGEM modelinin uygulanmasında çeşitli yapısal ve operasyonel riskler de göz önünde bulundurulmuştur. En önemli risklerden biri, teknoloji bağımlılığı ve bakım maliyetleridir. Bu durumun azaltılması için yerli sensör ve yapay zekâ bileşenlerinin geliştirilmesi teşvik edilmeli, ayrıca uzun vadeli bakım ve destek sözleşmeleriyle sistem sürekliliği güvence altına alınmalıdır. Bir diğer kritik risk, veri bütünlüğüyle ilgilidir. Bu riskin azaltılması amacıyla zincir üstü (on-chain) denetim kayıtlarının kullanımı ve bağımsız doğrulama mekanizmalarının kurulması önerilmektedir. Finansal sürdürülebilirlik açısından fon kaynaklarının düzenli ve adil dağılımı da önem taşımaktadır. Bu kapsamda eko-modülasyonlu bir ücret tabanı oluşturulmalı ve performans fonu için tavan–taban sistemi uygulanarak gelir istikrarı sağlanmalıdır. Ayrıca, küçük ve orta ölçekli işletmelerin (KOBİ) sisteme uyum sürecinde zorlanmamaları için kademeli geçiş planı, eğitim programları ve düşük faizli yeşil kredi destekleri devreye alınmalıdır.

ESEGEM modelinin başarısını izlemek ve sürekli iyileştirme mekanizmasını işletmek için düzenli ölçüm ve değerlendirme yapılması gerekmektedir. Bu kapsamda, temel izleme ve performans göstergeleri (KPI) olarak; toplama oranı, kayıt dışılık oranı, birim maliyet göstergesi (₺/ton), enerji tüketimi (MJ/ton), yangın veya batarya kaynaklı vaka oranı (vaka/10.000 ton), ikincil hammadde saflığı (%) ve tüketici katılım endeksi (TD) izlenmelidir. Bu göstergeler hem sistem verimliliğini hem de davranışsal ve çevresel performans düzeylerini bütüncül olarak değerlendirmeye olanak tanımaktadır.

Analizin sınırlılıkları da dikkate alınmıştır. Bu çalışmada HF değişkeni dışsal olarak ele alınmış; küresel emtia fiyat şokları ve piyasa volatilitesi, ayrı bir duyarlılık analizi kapsamında değerlendirilmiştir. Katsayı belirsizliği ±%10 ile ±%20 aralığında yeniden test edildiğinde, birleşik politika etkisinin %22–33 bandında sabit kaldığı görülmüştür. Bu sonuç, modelin yapısal tutarlılığını ve parametrik stabilitesini desteklemektedir.

Gelecekteki araştırmalar açısından üç temel yön öne çıkmaktadır. İlk olarak, panel veri yapısının genişletilmesiyle bölgesel sabit etkiler ve mekânsal bağımlılıkların test

edilmesi önerilmektedir. İkinci olarak, doğrusal olmayan eşik modelleri (örneğin YZ ≥ 9) kullanılarak yönetişim eşiği analizlerinin yapılması modelin derinliğini artıracaktır. Üçüncü olarak ise, sosyal fayda–maliyet analizi (SFA/CBA) yaklaşımıyla mikro düzeyde politika etkinliğinin değerlendirilmesi, ESEGEM modelinin ekonomik ve toplumsal fayda üretme kapasitesini daha net biçimde ortaya koyacaktır.

3.7.5. ESEGEM Senaryolarına İlişkin Sonuçlar

Bu bölümde geliştirilen ESEGEM, mikro–makro entegrasyon yaklaşımıyla denetim (YUDES), teşvik (PT), lojistik (MALT), teknoloji (TEGRA) ve davranış (TUKAM) eksenlerini tek bir politika mimarisinde birleştirmiştir. MCDA sonuçları (Bkz. Tablo 85) ve entegrasyon analizi (Bkz. Tablo 86) Türkiye bağlamında PT-C + YUDES-A + MALT-B + TEGRA-B + TUKAM-B bileşiminin en yüksek uygunluk–etki dengesini sunduğunu göstermektedir. Simülasyon bulguları, bu bütünleşik yapının senkronize uygulanması hâlinde sistem performansında %25–30 artış ve operasyonel maliyetlerde yaklaşık %15 azalma potansiyeline işaret etmektedir. Bu kazanımlar yalnızca tonaj artışını değil; ikincil hammadde saflığında, enerji verimliliğinde ve toplumsal katılım düzeyinde kalıcı iyileşmeyi de kapsamaktadır.

ESEGEM'in nihai önerisi, kademeli geçişe dayalı, dijital denetim temelli, yapay zekâ destekli ve davranış odaklı bir ulusal e-atık yönetim mimarisidir. Bu mimari, YUDES-A ile kayıt/izlenebilirliği, PT-C ile performans esaslı finansmanı, MALT-B ile bölgesel lojistik etkinliğini, TEGRA-B ile akıllı geri kazanımı ve TUKAM-B ile dijital katılımı bütünleştirerek SKA-12 ve SKA-13 hedefleriyle uyumlu, ölçeklenebilir ve ölçülebilir bir yönetişim çerçevesi sunar.

Sonuç olarak ESEGEM, Türkiye'nin mevcut e-atık sistemini reaktif bir toplama düzeninden proaktif, veri temelli ve katılımcı bir yapıya dönüştürmeyi hedeflemektedir. Bu dönüşüm, kamu–özel sektör–tüketici ekseninde ortak sorumluluk kültürünü güçlendirerek döngüsel ekonomi ilkelerini uygulanabilir bir yönetişim mekanizmasına taşır.

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu tez, hızla büyüyen e-atık krizine yönelik, davranış–politika–altyapı katmanlarını tek bir ampirik çatı altında birleştiren ESEGEM (Entegre Sürdürülebilir E-Atık Geri Dönüşüm Modeli)'i geliştirmiş ve sınamıştır. Böylelikle, küresel eğilimlerin işaret ettiği "artış hızına yetişemeyen geri kazanım" paradoksu için ölçeklenebilir ve ölçülebilir bir karar destek zemini oluşturulmuştur.

Tablo 87. Çalışmanın Kuramsal, Yöntemsel ve Politika Temelli Katkıları

Katkı Boyutu	Bu Tezin Sağladığı Özgün Katkı	Tezde Dayandığı Bölümler / Bulgular
Kuramsal Katkı	Bu tez, e-atık elden çıkarma ve geri dönüşüm davranışını **Planlı Davranış Teorisi (TPB), Norm Aktivasyon Modeli (NAM) ve Değer–İnanç–Norm Teorisi (VBN)** çerçevelerini bütünleştirerek ele alan nadir çalışmalardan biridir. Bireysel tutum, normatif yükümlülük ve değer temelli motivasyonların, makro politika araçlarıyla birlikte değerlendirilmesi yoluyla literatürde sıkça vurgulanan **mikro–makro ayrımını** bütüncül bir model altında birleştirmektedir. Bu yönüyle çalışma, çevresel davranış literatürüne çok katmanlı ve entegre bir açıklama sunmaktadır.	Bölüm 2 (Kuramsal Çerçeve); Bölüm 3.3 (PLS-SEM); Bölüm 3.5–3.6 (ESEGEM Modeli)
Yöntemsel Katkı	Çalışma, **karma yöntem yaklaşımının ileri düzey bir uygulamasını** sunmaktadır. Bibliyometrik analiz, dijital duygu ve konu analizi (NLP), nitel görüşmeler, PLS-SEM ve panel veri temelli ekonometrik simülasyonlar tek bir analitik çatı altında birleştirilmiştir. Ayrıca dijital platform verilerinden türetilen **Tüketici Duyarlılık Endeksi (TD)**'nin makro ekonometrik modele entegre edilmesi, davranışsal verilerin politika simülasyonlarında kullanılmasına yönelik **yenilikçi bir yöntemsel katkı** oluşturmaktadır. Granger nedensellik analizi ise modelin dinamik yapısına metodolojik tutarlılık kazandırmaktadır.	Bölüm 3.1–3.5; Bölüm 3.5.5.3 (Granger Analizi); Tablo 62–66
Politika ve Uygulama Katkısı	Geliştirilen **ESEGEM modeli**, e-atık yönetimini yalnızca teknik bir geri dönüşüm sorunu olarak değil; davranışsal, lojistik, teknolojik ve yönetişimsel bileşenleri birlikte ele alan **uygulanabilir bir politika yol haritası** olarak sunmaktadır. Senaryo tabanlı simülasyonlar ve Çok Kriterli Karar Analizi (MCDA) sonuçları, Türkiye için en uygun politika kombinasyonunun **PT-C, YUDES-A, MALT-B, TEGRA-B ve TUKAM-B** olduğunu göstermiştir. Model, karar vericilere farklı politika müdahalelerinin kısa ve uzun vadeli etkilerini karşılaştırmalı olarak değerlendirme imkânı sunan **veri temelli bir karar destek aracı** niteliği taşımaktadır.	Bölüm 3.7 (Senaryolar & MCDA); Bölüm 4.3–4.4; Tablo 83–86

4.1. Bulguların Bütüncül Okuması: Mikrodan Makroya Entegrasyon

Nitel görüşmeler ve dijital yorum analizi (duygu–konu) geri dönüşüm niyetinin yüksek olmasına karşın bilgi boşlukları, güven sorunu, erişim zorlukları ve geribildirim eksikliği nedeniyle davranışa dönüşümün kırıldığını göstermiştir. Bu içgörüler, üçüncü çalışmada kurulan PLS-SEM çerçevesine taşındığında, algılanan davranışsal kontrol, kişisel sorumluluk ve sonuç farkındalığı değişkenlerinin, niyet ve davranış üzerinde anlamlı etkiler ürettiği; sosyal normların etkisinin daha sınırlı kaldığı saptanmıştır. Bu desen, Planlı Davranış Teorisi (TPB) ve Değer-İnanç-Norm/Norm Aktivasyon (VBN/NAM) ailelerinin güncel yorumlarıyla tutarlıdır: davranışı rasyonel niyetin ötesinde, içselleştirilmiş değerler ve kişisel normlar taşır; bu değerler ise kolaylaştırıcı koşullar sağlandığında kalıcı eyleme dönüşür.

Dördüncü çalışmadaki saha–görsel inceleme, fiziksel altyapı kalitesinin (kutu durumu, bilgilendirme levhaları, yönlendirme, çevresel temizlik) karar heuristiklerini doğrudan etkilediğini; "görünür/kolay erişim" ile "hızlı geri bildirim"in davranışa geçişte belirleyici olduğunu ortaya koymuştur. Bu noktada davranışsal içgörü literatürünün önerdiği dürtme/nudge temelli tasarımlar (konumlandırma, gerçek zamanlı bildirim, ödül–geri bildirim döngüleri) doğrudan politika aracına dönüşmektedir.

Beşinci çalışmada geliştirilen panel-ekonometrik/ simülasyon katmanı, 2022 baz denklemi üzerinden TEŞ (teşvik), TM (maliyet), YZ (yenilik/zeka), TD (toplumsal katılım) değişkenlerine parametrik şoklar uygulayarak ΔGDM marjinal etkilerini hesaplamıştır. Bulgular, lojistik verim ve teknolojik ayrıştırma iyileştirmelerinin (MALT, TEGRA) doğrudan mali teşviklerden (PT) dahi daha yüksek marjinal etki üretebildiğini; fakat bu etkinin dijital denetim (YUDES) ve dijital katılım (TUKAM) olmaksızın sürdürülebilir olmadığını göstermiştir. Çok Kriterli Karar Analizi (MCDA) bu resmi doğrulamış; PT-C, YUDES-A, MALT-B, TEGRA-B ve TUKAM-B senaryoları U=4.28/5 "yüksek uygunluk" ile öne çıkmış; bu beşlinin birlikte uygulanması halinde %25–30 performans artışı ve ~%15 maliyet azalışı potansiyeli hesaplanmıştır.

4.2. Kuramsal Katkı: ESEGEM'in Literatürdeki Yeri

Bu tez, pazarlama–çevre–kamu politikası kesişiminde üç düzeyli bir entegrasyon önerir:

1. Mikro düzey**:** TPB ve VBN/NAM'dan türetilen bilişsel-normatif belirleyiciler (tutum, kontrol, kişisel norm, atfedilen sorumluluk, sonuç farkındalığı) davranışın temeli olarak modellenir. Güncel TPB tartışmaları (niyet–davranış boşluğu, alışkanlık, algılanan kontrol) ile uyumlu olarak, "kolaylaştırıcı mimari" (erişim, bilgi, düşük işlem maliyeti) olmadan niyetin davranışa dönüşmediği gösterilmiştir.
2. Mezo düzey**:** Tersine lojistik **ve** toplama–aktarma ağlarının tasarımı, maliyet–servis dengesi üzerinden verimliliği belirler. Klasik tersine lojistik yazını, ağ tasarımı ve bilgi şeffaflığının bariyerleri aşmada kritik olduğunu vurgular; ESEGEM'de hub–spoke yapısı ve rota optimizasyonu bu içgörüyü sayısallaştırır.
3. Makro düzey**:** Genişletilmiş Üretici Sorumluluğu (EPR)**,** dijital kayıt/denetim ve performans fonu gibi politika araçları, bireysel davranışlardan doğan geri dönüşüm performansını sistem düzeyinde kaldıraçlar. EPR tasarımlarının (IPR/CPR) e-atıkta sonuç farklarını ve teşvik uyumunu belirlediği yönündeki bulgular, modelde PT–YUDES ekseninin merkeziliğini gerekçelendirir.

Bu üç katmanın tek denkleme bağlanması, makromarketing perspektifinin (toplumsal refah, çevresel sürdürülebilirlik ve etik sorumlulukla rekabet gücünün eşgüdümü) ampirik bir karşılığını üretir. Kurumsal strateji ve sosyal değer yaratımını birlikte düşünen "paylaşılan değer (CSV)" yaklaşımı ile EPR/TERSİNE lojistik tasarımları ESEGEM'de ölçülebilir KPI'lara ve fonlama–bonus/malus mekanizmalarına çevrilmiştir.

4.3. Politika ve Uygulama İmplikasyonları: Kademeli Geçişin Mantığı

ESEGEM'in politika mimarisi, kademeli geçiş ve eş zamanlı eşgüdüm üzerine kuruludur:

- 0**–**12 ay: YUDES-A pilotu ile stiftung EAR benzeri üretici kayıt ve dijital denetim altyapısı; TUKAM-B ile e-cüzdan/QR entegre ödül-geri bildirim

platformu. (EAR, Almanya'da üretici kaydı ve belediye toplama koordinasyonunu dijitalleştirir; ülke içi izleme ve yaptırım kapasitesini artırır.)

- 12–36 ay: MALT-B ile bölgesel hub–spoke ağları, rota optimizasyonu, belediye-PRO sözleşme standardı; PT-C ile performans fonu ve açık veri panoları (lig tablosu, bonus/malus).
- 24–60 ay: TEGRA-B ile AI sensör tabanlı ayrıştırma, kalite bazlı hammadde standardı, yangın/batarya risk izleme.

Bu sıralama, dijital şeffaflık ve davranışsal pekiştirmeyi hızla devreye alırken; maliyet düşürücü lojistik ve teknoloji ölçeklemesini zamana yayıp CAPEX baskısını dengeler. Böylece uzun ömür–onarılabilirlik–yeniden kullanım ilkeleriyle çakışan döngüsel ekonomi kazanımları kurumsallaşır.

4.4. Türkiye Bağlamı ve Uluslararası Karşılaştırma

MCDA'nın gösterdiği yüksek uyum (U=4.28/5), Türkiye'nin e-Devlet ve belediye altyapısı ile EPR dijitalleşmesi arasında kurumsal sinerji bulunduğunu düşündürmektedir. Almanya'daki EAR örneği, kayıt-dışı üreticiyi azaltıp üretici sorumluluğunun izlenebilirliğini artırırken, yaptırım ve mali teşvik kombinasyonunun etkili olduğunu göstermiştir. Benzer dijitalleşme adımları, OECD'nin davranışsal içgörüler raporlarının önerdiği kolaylaştırma ve geri bildirim prensipleriyle birleştiğinde, niyet–davranış açığını kapatacak ekonomik-psikolojik zemini sağlar.

Küresel e-atık göstergeleri, yalnızca geri dönüşüm kapasitesinin artırılması değil; ürün tasarımı/yaşam döngüsü tarafında tamir edilebilirlik, modülerlik, uzun ömür gibi normların güçlendirilmesi gerektiğini vurgular. Döngüsellik ilkeleri gereği, politika seti geri kazanımla sınırlı kalmamalı; yeniden kullanım–yenileme–remanufacturing zincirini de teşvik etmelidir. Bu bağlamda ESEGEM'in TEGRA/B bileşeni, yalnızca ayrıştırma verimi değil, kalite-bazlı ikincil hammadde standartları ile piyasa talebi üretmeyi de hedeflemelidir.

4.5. Kurumsal Stratejiler ve Pazar Sonuçları

EPR'nin bireysel (IPR) ve kolektif (CPR) tasarımları, firmaların yenilik ve toplama performansını farklı şekillerde teşvik eder. ESEGEM, performans fonu (PT-C) ile çıktı temelli (tonaj, saflık, enerji–MJ/ton) metrikleri fon tahsisine bağlayarak, işletmelerin

CSV—paylaşılan değer mantığında hem çevresel hem pazar kazanç üretmesini amaçlar (marka güveni, itibar, sadakat ve maliyet avantajı). Tersine lojistik literatürünün gösterdiği kapasite ve bilgi bariyerleri, bölgesel hub–spoke ve açık veri panoları ile azaltılır.

Davranışsal tasarım cephesinde, SHIFT çerçevesi (Sosyal etkiler, Alışkanlıklar/Ipucu, Teşvikler, Varsayılanlar/Çerçeveleme, Görünürlük) tüketici yönlendirmelerinde uygulanabilir bir menü sunar; ESEGEM'in TUKAM-B bileşeni bu doğrultuda dijital puan/ödül, yakın planlama, anlık geri bildirim ve topluluk görünürlüğü gibi unsurları entegre eder.

4.6. Sınırlılıklar ve Gelecek Araştırmalar

Modelde HF (hammadde fiyatları) dışsal ele alınmış; ancak küresel emtia oynaklığı e-atık ekonomilerinde kuvvetli dışsal şoklar üretmektedir. Gelecek çalışmalarda, (i) bölgesel sabit etkiler ve mekânsal bağımlılık içeren genişletilmiş paneller; (ii) doğrusal olmayan eşikler (ör. YZ≥kritik seviye) için eşik regresyonları; (iii) Sosyal Fayda–Maliyet (SFA/CBA) analizleriyle hane/üretici düzeyinde refah etkileri önerilmektedir. Ayrıca EPR dijitalleşmesi ve ulusal kayıt altyapıları (EAR benzeri) ile yaptırım–teşvik kombinasyonlarının etkinliğini karşılaştırmalı olarak test eden doğal deneyler politika tasarımına güçlü girdiler sağlayacaktır.

4.7. Son Sentez: ESEGEM'in Değeri

ESEGEM, reaktif toplamadan proaktif, veri temelli ve katılımcı bir mimariye geçişin uygulanabilir çerçevesidir. MCDA'da öne çıkan PT-C + YUDES-A + MALT-B + TEGRA-B + TUKAM-B kombinasyonu, yüksek etki–orta maliyet dengesini yakalayarak %25–30 performans artışı ve ~%15 maliyet düşüşü potansiyeli sunar; bu kazanımlar ikincil hammadde saflığı, enerji verimliliği ve toplumsal katılım göstergelerinde kalıcı iyileşmelere çevrilir. Döngüsel ekonomi ilkeleri ve OECD davranışsal içgörüler çerçevesiyle uyumlu bu yönetişim, SKA-12/13 hedefleriyle hizalı ve Türkiye bağlamına özgü dijitalleşme kapasitesine dayanır. Son kertede, kamu–özel–toplum üçgeninde paylaşılan sorumluluk ve paylaşılan değer üreten yeni nesil e-atık politikası için pratik, ölçülebilir ve ölçeklenebilir bir yol haritası sunulmuştur.

5. GELECEK ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNERİLER

Bu tezde geliştirilen ESEGEM modeli, Türkiye'nin e-atık yönetimi bağlamında davranışsal, kurumsal ve teknolojik dinamikleri bütünleştiren bir çerçeve sunmuştur. Bununla birlikte, elde edilen bulgular yeni araştırma yönleri ve modelin farklı bağlamlarda derinleştirilmesi için çeşitli fırsatlar ortaya koymaktadır. Aşağıda sunulan öneriler hem teorik literatürün genişletilmesi hem de politika tasarımı ve uygulama düzeyinde modelin geçerliliğinin güçlendirilmesi amacını taşımaktadır.

İlk olarak, bu çalışmada kullanılan örneklem Türkiye ölçeğinde temsiliyet bakımından güçlü bir veri seti sunmakla birlikte, bölgesel farklılıkların ayrıntılı incelenmesi gelecek araştırmalar açısından önemli bir fırsat alanıdır. Türkiye'nin NUTS-2 düzeyindeki bölgesel çeşitliliği (örneğin Marmara, Ege, Doğu Anadolu) tüketici davranışları, altyapı erişimi ve yerel yönetişim kapasitesi açısından anlamlı farklılıklar yaratabilir. Dolayısıyla gelecekte yapılacak bölgesel karşılaştırmalı analizler, e-atık yönetiminin mekânsal dinamiklerini ve yerel politika araçlarının etkinliğini test etmede değerli katkılar sağlayacaktır. Bu tür yaklaşımlar, literatürde mekânsal ekonometri ve çevresel davranış modellerinin coğrafi duyarlılığı (Khan vd., 2023; Reutterer vd., 2020) üzerine yapılan çağrılarla da uyumludur.

İkinci olarak, çalışmada geliştirilen Tüketici Duyarlılık Endeksi (TD) dijital yorum verilerinden türetilmiştir. Bu gösterge, çevrimiçi farkındalık düzeyinin büyük veri analitiğiyle izlenmesine olanak sağlamıştır; ancak zaman boyutunun eklenmesi, farkındalığın dinamik evrimini anlamada yeni bir ufuk açacaktır. Gelecek araştırmaların, TD göstergesini uzun dönemli zaman serileri ve sosyal medya etkileşim verileri (ör. X/Twitter, Instagram, YouTube) aracılığıyla genişletmesi önerilmektedir. Böylece dijital katılım ve farkındalık değişimlerinin toplumsal olaylar veya politika müdahaleleriyle ilişkili dalgalanmaları daha net biçimde analiz edilebilir (Banda vd., 2022; OECD, 2023).

Üçüncü olarak, bu tezde TPB, NAM ve VBN teorileri bütünleşik biçimde test edilmiştir. Ancak bu modellerin, davranışsal ekonomi ve karar biliminde öne çıkan irrasyonel karar süreçleri (örneğin "kayıptan kaçınma", "varsayılan etki", "zaman tercihi yanlılığı") ile zenginleştirilmesi, çevresel davranışların mikro temellerine daha derin açıklamalar getirebilir. Özellikle nudging (dürtme) ve çerçeveleme stratejilerinin (Thaler & Sunstein, 2008; Kahneman, 2011) e-atık bağlamında test edilmesi, davranışsal niyetin sürdürülebilir eyleme dönüşümünde "tasarım temelli" müdahalelerin etkinliğini ölçmek açısından güçlü bir katkı sağlayacaktır. Bu yönde geliştirilecek yarı-deneysel veya alan deneyi tasarımları, politika önerilerinin nedensel geçerliliğini güçlendirecektir.

Dördüncü olarak, ESEGEM simülasyon modelinin 2030 yılına yönelik projeksiyonları, Python tabanlı parametrik analizlerle oluşturulmuştur. Gelecek çalışmalarda, bu modelin uluslararası karşılaştırmalı veri setleri (ör. Eurostat Environmental Indicators, OECD Green Growth Database, UN Global E-Waste Monitor) ile kalibre edilmesi, ESEGEM'in farklı ülke veya bölge bağlamlarında geçerliliğini sınama olanağı sunacaktır. Böylelikle model yalnızca Türkiye için değil, gelişmekte olan ekonomiler için de uygulanabilir bir politika aracı haline gelebilir. Literatürde giderek öne çıkan "policy transferability" (Dolowitz & Marsh, 2020) yaklaşımı bu tür çoklu bağlam testlerinin önemini vurgulamaktadır.

Beşinci olarak, bu tezde elde edilen nitel veriler, bireysel farkındalık ve motivasyonların yanı sıra yapısal engellerin haritalanmasında önemli bir temel sağlamıştır. Ancak gelecekte, deneysel veya yarı-deneysel tasarımlarla politika araçlarının (örneğin teşvik mesajları, ödül–ceza sistemleri, bilgilendirme kampanyaları) davranış üzerindeki doğrudan etkileri ölçülebilir. Böyle bir yaklaşım, e-atık yönetiminde hangi politika bileşenlerinin gerçekten davranış değişikliğine yol açtığını nedensel olarak test etme imkânı sunar (Benartzi vd., 2017; White vd., 2019).

Son olarak, gelecekteki araştırmaların yeni teknolojik çözümlerle ESEGEM'in dijitalleşmesini derinleştirmesi önerilmektedir. Özellikle yapay zekâ tabanlı veri madenciliği, makine öğrenmesi ve blockchain destekli izleme sistemleri, e-atık akışının şeffaf biçimde izlenmesi ve politika performansının gerçek zamanlı değerlendirilmesi için büyük potansiyel taşımaktadır (Gao vd., 2023; World Economic Forum, 2022). Bu teknolojilerin ESEGEM modeline entegrasyonu, hem karar destek

sistemlerinin öngörü gücünü artıracak, hem de veri temelli politika tasarımı süreçlerine metodolojik bir katkı sunacaktır. Ayrıca, dijital ikiz (digital twin) kavramının atık yönetimi sistemlerinde uygulanması, ileride simülasyon tabanlı sürdürülebilirlik değerlendirmeleri için yeni bir araştırma alanı yaratabilir.

KAYNAKÇA

Abkenar, S. B., Kashani, M. H., Mahdipour, E., & Jameii, S. M. (2021). Big data analytics meets social media: A systematic review of techniques, open issues, and future directions. *Telematics and Informatics*, *57*, 101517. https://doi.org/10.1016/j.tele.2020.101517

ADEME. (2023). *Waste electrical and electronic equipment management and funding transparency*. https://www.ademe.fr/en/waste-management/weee

Afroz, R., Masud, M. M., Akhtar, R., & Duasa, J. B. (2013). Survey and analysis of public knowledge, awareness and willingness to pay in Kuala Lumpur, Malaysia–a case study on household WEEE management. *Journal of Cleaner Production*, *52*, 185-193. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.004

Aggarwal, C. C., & Zhai, C. (Eds.). (2012). *Mining text data*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3223-4

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211. https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T

Ajzen, I. (2002). Perceived behavioral control, self-efficacy, locus of control, and the theory of planned behavior. *Journal of Applied Social Psychology*, *32*(4), 665-683. https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.2002.tb00236.x

Ajzen, I. (2020). The theory of planned behavior: Frequently asked questions. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 2(4), 314–324. https://doi.org/10.1002/hbe2.195

Aldabbas, H., Bajahzar, A., Alruily, M., Qureshi, A., Amir Latif, R. & Farhan, M. (2021). Google Play Content Scraping and Knowledge Engineering using Natural Language Processing Techniques with the Analysis of User Reviews. *Journal of Intelligent Systems*, *30*(1), 192-208. https://doi.org/10.1515/jisys-2019-0197

Altaweel, M., Bone, C., & Abrams, J. (2019). Documents as data: a content analysis and topic modeling approach for analyzing responses to ecological disturbances. *Ecological Informatics*, *51*, 82-95. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2019.02.014

Amann, B., Jaussaud, J., Mizoguchi, S., Nakamura, H. (2022). *Environmental Management Accounting in European Countries and Japan: A Literature Survey.* In: Andreosso-O'Callaghan, B., Rey, S., Taylor, R. (eds) Sustainable Development in Asia . Contributions to Economics. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94679-1_9

Apple Inc. (2024). *App Store Connect API documentation*. https://developer.apple.com/documentation/appstoreconnectapi

Araújo, M., Pereira, A., & Benevenuto, F. (2020). A comparative study of machine translation for multilingual sentence-level sentiment analysis. *Information Sciences*, *512*, 1078-1102. https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.10.031

Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, *11*(4), 959-975. https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007

Arnstein, S. R. (1969). A Ladder Of Citizen Participation. *Journal of the American Institute of Planners*, *35*(4), 216–224. https://doi.org/10.1080/01944366908977225

Asmussen, C. B., & Møller, C. (2019). Smart literature review: a practical topic modelling approach to exploratory literature review. *Journal of Big Data*, *6*(1), 1-18. https://doi.org/10.1186/s40537-019-0255-7

Assemblée Nationale. (2020). *Loi n° 2020-105 du 10 février 2020, relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire (AGEC)*. https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000041553759

Atasu, A., & Subramanian, R. (2012). Extended producer responsibility for e-waste: Individual or collective producer responsibility?. *Production and Operations Management*, *21*(6), 1042-1059. https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2012.01327.x

Attia, Y., Soori, P. K., & Ghaith, F. (2021). Analysis of households' E-waste awareness, disposal behavior, and estimation of potential waste mobile phones towards an effective e-waste management system in Dubai. *Toxics*, *9*(10), 236. https://doi.org/10.3390/toxics9100236

Azizi, D. D. S., Hanafiah, M. M., Woon, K. S., & Ismail, H. (2023). Exploring the factors influencing consumer behaviours and practices towards sustainable WEEE management in Putrajaya, Malaysia. *Heliyon*, *9*(6). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17244

Bakker, C., Wang, F., Huisman, J., & Den Hollander, M. (2014). Products that go round: exploring product life extension through design. *Journal of Cleaner Production*, *69*, 10-16. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.028

Baldé, C. P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R., & Stegmann, P. (2020). *The Global E-Waste Monitor 2020: Quantities, Flows, and the Circular Economy Potential.* United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA). https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/11/GEM_2020_def_july1_low.pdf

Baldé, C. P., Kuehr, R., Yamamoto, T., McDonald, R., D'Angelo, E., Althaf, S., … Pralat, N. (2024). *Global E-waste Monitor 2024.* International Telecommunication Union & United Nations Institute for Training and Research (UNITAR). https://ewastemonitor.info/the-global-e-waste-monitor-2024/

Baltagi, B. H. (2005). Econometric analysis of panel data (3rd ed.). John Wiley & Sons.

Bamberg, S., & Möser, G. (2007). Twenty years after Hines, Hungerford, and Tomera: A new meta-analysis of psycho-social determinants of pro-environmental behaviour. *Journal of Environmental Psychology*, *27*(1), 14-25. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2006.12.002

Bamberg, S., & Schmidt, P. (2003). Incentives, morality, or habit? Predicting students' car use for university routes with the models of Ajzen, Schwartz and Triandis. *Environment and Behavior, 35*(2), 264–285. https://doi.org/10.1177/0013916502250134

Barclay, D., Higgins, C., & Thompson, R. (1995). *The partial least squares (PLS) approach to casual modeling: personal computer adoption ans use as an Illustration*.

Basel Convention. (1989*). Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal.* https://www.thedtic.gov.za/wp-content/uploads/Basel-hazardous_waste.pdf

Becker J, Cheah J, Gholamzade R, Ringle CM, Sarstedt M (2023), PLS-SEM's most wanted guidance. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, Vol. 35 No. 1 pp. 321–346, doi: https://doi.org/10.1108/IJCHM-04-2022-0474

Becker, G. S. (1976). *The economic approach to human behavior* (Vol. 803). University of Chicago Press. https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=qQAZnc-mMSoC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Becker,+G.+S.+(1976).+The+economic+approach+to+human+behavior.+University+of+Chicago+Pres&ots=2JYeftRRQf&sig=d60m5xLKSZRf4J3t12DaT761uyI&redir_esc=y#v=onepage&q=Becker%2C%20G.%20S.%20(1976).%20The%20economic%20approach%20to%20human%20behavior.%20University%20of%20Chicago%20Pres&f=false

Becker, J. M., Klein, K., & Wetzels, M. (2012). Hierarchical latent variable models in PLS-SEM: guidelines for using reflective-formative type models. *Long Range Planning*, *45*(5-6), 359-394. https://doi.org/10.1016/j.lrp.2012.10.001

Belz, F. M., Peattie, K., & Onel, N. (2025). *Sustainability marketing: A global perspective*. John Wiley & Sons.

Bentler, P. M., & Bonett, D. G. (1980). Significance tests and goodness of fit in the analysis of covariance structures. *Psychological Bulletin, 88*(3), 588–606. https://doi.org/10.1037/0033-2909.88.3.588

Bhattacharya, C. B., & Sen, S. (2004). Doing better at doing good: When, why, and how consumers respond to corporate social initiatives. *California Management Review*, *47*(1), 9-24. https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.2307/41166284?casa_token=AbQXbVEj4rQAAAAA:jGJ6Cw-Om2aFk9AOIr3FBhaltzor92KWaemdSJhBAZZwYj_yxUm4tUdEOq7UWwmDjTO2jP20uPVREA

Bianchi, C., & Birtwistle, G. (2012). Consumer clothing disposal behaviour: A comparative study. *International Journal of Consumer Studies*, *36*(3), 335-341. https://doi.org/10.1111/j.1470-6431.2011.01011.x

Bird, S., Klein, E., & Loper, E. (2009). *Natural language processing with Python: analyzing text with the natural language toolkit*. " O'Reilly Media, Inc.". https://www.nltk.org/book/

BMUV. (2022). *Elektro- und Elektronikaltgeräte: Rücknahmepflichten des Handels.* Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. https://www.bmuv.de

Bocken, N. M. P., de Pauw, I., Bakker, C., & van der Grinten, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, *33*(5), 308–320. https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124

Borg, A., & Boldt, M. (2020). Using VADER sentiment and SVM for predicting customer response sentiment. *Expert Systems with Applications*, *162*, 113746. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113746

Borthakur, A., & Govind, M. (2017). Emerging trends in consumers' E-waste disposal behaviour and awareness: A worldwide overview with special focus on India.

Resources, Conservation and Recycling, *117*, 102-113. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.11.011

Borthakur, A., & Govind, M. (2017). How well are we managing E-waste in India: evidences from the city of Bangalore. *Energy, Ecology and Environment*, *2*(4), 225-235. https://doi.org/10.1007/s40974-017-0060-0

Borthakur, A., & Govind, M. (2019). Computer and mobile phone waste in urban India: an analysis from the perspectives of public perception, consumption and disposal behaviour. *Journal of Environmental Planning and Management*, *62*(4), 717-740. https://doi.org/10.1080/09640568.2018.1429254

Borthakur, A., & Singh, P. (2021). The journey from products to waste: a pilot study on perception and discarding of electronic waste in contemporary urban India. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*(19), 24511-24520. https://doi.org/10.1007/s11356-020-09030-6

Borthakur, A., & Singh, P. (2022). Understanding consumers' perspectives of electronic waste in an emerging economy: A case study of New Delhi, India. *Energy, Ecology and Environment, 7*(3), 199–212. https://doi.org/10.1007/s40974-022-00242-9

Botsman, R., & Rogers, Y. (2010). R.(2010). *What's Mine Is Yours. How Collaborative Consumption Is Changing the Way We Live. London: Collins*. https://tantor-marketing-assets.s3.amazonaws.com/sellsheets/1920_MineIsYours.pdf

Boubellouta, B., & Kusch-Brandt, S. (2022). Driving factors of e-waste recycling rate in 30 European countries: new evidence using a panel quantile regression of the EKC hypothesis coupled with the STIRPAT model. *Environment, Development and Sustainability*, *25*(8), 7533-7560.

Bovaird, T., & Loeffler, E. (2012). From Engagement to Co-production: The Contribution of Users and Communities to Outcomes and Public Value. *Voluntas: International Journal of Voluntary and Nonprofit Organizations*, *23*(4), 1119–1138. doi:10.1007/s11266-012-9309-6

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, *3*(2), 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Brown, T. J., & Dacin, P. A. (1997). The company and the product: Corporate associations and consumer product responses. *Journal of Marketing*, *61*(1), 68-84. https://doi.org/10.2307/1252190

Bryson, J. M., Quick, K. S., Slotterback, C. S., & Crosby, B. C. (2013). Designing public participation processes. *Public Administration Review*, *73*(1), 23-34. https://doi.org/10.1111/j.1540-6210.2012.02678.x

Bundesgesetzblatt. (2015). *Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (ElektroG).* Bundesgesetzblatt Teil I, S. 1739. https://www.bgbl.de

Bundesgesetzblatt. (2021). *ElektroG amendment 2021*. Bundesgesetzblatt Teil I Nr. 40, Gesetz Nr. XX. https://www.bgbl.de

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. (2022). *ElektroG – Electrical and electronic equipment recycling law*. https://www.bundesumweltministerium.de/themen/kreislaufwirtschaft/statistiken/elektro-und-elektronikgeraete

Carrington, M. J., Neville, B. A., & Whitwell, G. J. (2014). Lost in translation: Exploring the ethical consumer intention–behavior gap. *Journal of Business Research*, *67*(1), 2759-2767. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2012.09.022

Chaudhuri, A., & Holbrook, M. B. (2001). The chain of effects from brand trust and brand affect to brand performance: the role of brand loyalty. *Journal of Marketing*, *65*(2), 81-93. https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1509/jmkg.65.2.81.18255?casa_token=1NQNCKk7f2cAAAAA:xhghSvvDHmo9EoXhRFrEkimNxEV-pwqkloB8T7efbAdFrkWZlgMFbEBwpDaLNco2aBrnSABy4UWo8w

Chin, W. W. (1998). The partial least squares approach to structural equation modeling. In *Modern methods for business research* (pp. 295-336). Psychology Press.

Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin, 112*(1), 155–159. https://doi.org/10.1037/0033-2909.112.1.155

Cooper, T. (2004). Inadequate life? Evidence of consumer attitudes to product obsolescence. *Journal of Consumer Policy*, *27*(4), 421-449. https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10603-004-2284-6.pdf

Creswell, J. W. (2009). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (3rd ed.). Sage Publications, Inc. https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_609332/objava_105202/fajlovi/Creswell.pdf

Cucchiella, F., D'Adamo, I., & Koh, S. C. L. (2015). Recycling of WEEEs: An economic assessment of present and future e-waste streams. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 51*, 263–272. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.010

Cui, J., & Forssberg, E. (2003). Mechanical recycling of waste electric and electronic equipment: a review. *Journal of Hazardous Materials*, *99*(3), 243-263. https://doi.org/10.1016/S0304-3894(03)00061-X

Cui, J., & Zhang, L. (2008). Metallurgical recovery of metals from electronic waste: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 158(2–3), 228–256. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.02.001

Dahlstrom, M. F. (2014). Using narratives and storytelling to communicate science with nonexpert audiences. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 111*(Supplement 4), 13614–13620. https://doi.org/10.1073/pnas.1320645111

Dashtipour, K., Poria, S., Hussain, A., Cambria, E., Hawalah, A. Y., Gelbukh, A., & Zhou, Q. (2016). Multilingual sentiment analysis: state of the art and independent comparison of techniques. *Cognitive Computation*, *8*(4), 757-771. https://doi.org/10.1007/s12559-016-9415-7

Dehghan, O., Shokouhyar, S., Nowruzi, S., Nezafati, N., & Shokoohyar, S. (2023). A global perspective for improving recovery and recycling programs: text analysis approaches: O. Dehghan et al. *Environment, Development and Sustainability*, *26*(11), 27885-27922.

del Río González, P. (2005). Analysing the factors influencing clean technology adoption: a study of the Spanish pulp and paper industry. *Business Strategy and the Environment*, *14*(1), 20-37. https://doi.org/10.1002/bse.426

Delmas, M. A., & Burbano, V. C. (2011). The drivers of greenwashing. *California Management Review*, *54*(1), 64-87. https://doi.org/10.1525/cmr.2011.54.1.64

Deutscher Bundestag. (2021). *Gesetz zur Änderung des Elektro- und Elektronikgerätegesetzes.* https://www.bundestag.de

Do, V. T. H., & Do, L. T. (2024). The effectiveness of social norms in promoting green consumption. *Social Responsibility Journal*, *20*(3), 444-461. https://doi.org/10.1108/SRJ-10-2022-0466

E-Waste Race. (2025). *About the E-waste race*. https://www.ewasterace.com/about-ewaste-race

Ebreo, A., Vining, J., & Cristancho, S. (2003). Responsibility for environmental problems and the consequences of waste reduction: A test of the norm-activation model. *Journal of Environmental Systems*, *29*(3). https://www.researchgate.net/profile/Sergio-Cristancho/publication/228457126_Responsibility_for_environmental_problems_and_the_consequences_of_waste_reduction_A_test_of_the_norm-activation_model/links/53e2e8830cf275a5fdda6ee9/Responsibility-for-environmental-problems-and-the-consequences-of-waste-reduction-A-test-of-the-norm-activation-model.pdf

Echegaray, F., & Hansstein, F. V. (2017). Assessing the intention-behavior gap in electronic waste recycling: the case of Brazil. *Journal of Cleaner Production*, *142*, 180-190. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.064

EIT Manufacturing. (2025, March 14). *RENÉE EU funded project – Remanufacturing/Reutilization in Europe and its environmental impact*. https://www.eitmanufacturing.eu/news-events/news/renee-eu-funded-project-remanufacturing-reutilization-in-europe-and-its-environmental-impact/

Ellen MacArthur Foundation, *Towards a circular economy: Business rationale for an accelerated transition* (2015). https://content.ellenmacarthurfoundation.org/m/4384c08da576329c/original/Towards-a-circular-economy-Business-rationale-for-an-accelerated-transition.pdf?_gl=1*1bnlhoj*_ga*NzI3ODcyOTg4LjE3Njk5NjA1MDQ.*_ga_V32N675KJX*czE3Njk5NjA1MDEkbzEkZzEkdDE3Njk5NjA1MDQkajYwJGwwJGgw*_gcl_au*MTg1MjYwMDgzOC4xNzY5OTYwNTA1

Ellen MacArthur Foundation. (2019). *Circular economy and sustainable development.* https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview

Etikan, I., Musa, S. A., & Alkassim, R. S. (2016). Comparison of convenience sampling and purposive sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, *5*(1), 1-4. https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20160501.11

European Commission. (2012). *Impact assessment accompanying the recast of the WEEE Directive (2012/19/EU)* (SWD(2012) 355 final). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=SWD:2012:0355:FIN

European Commission. (2024). *Evaluation of the WEEE Directive.* https://environment.ec.europa.eu

European Environment Agency. (2025). *Waste electrical and electronic equipment (WEEE) collection rate indicator*. https://www.eea.europa.eu/en/european-zero-pollution-dashboards/indicators/waste-electrical-and-electronic-equipment-weee-collection-rate-indicator

European Parliament and Council of the European Union. (2011). *Directive 2011/65/EU of the European Parliament and of the Council of 8 June 2011 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment (RoHS). Official Journal of the European Union.* https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2011/65/oj

European Parliament and Council of the European Union. (2012). *Directive 2012/19/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on waste electrical and electronic equipment (WEEE) (recast). Official Journal of the European Union.* https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32012L0019

European Union. (2022). *Commission Regulation (EU) 2022/1616 of 15 September 2022 on recycled plastic materials and articles intended to come into contact with foods, and repealing Regulation (EC) No 282/2008 (Text with EEA relevance). Official Journal of the European Union, L 243*, 3–46. http://data.europa.eu/eli/reg/2022/1616/oj

Falk, R. F., & Miller, N. B. (1992). *A primer for soft modeling*. University of Akron Press.

Fang, W.-T., Huang, M.-H., Cheng, B.-Y., Chiu, R.-J., Chiang, Y.-T., Hsu, C.-W., & Ng, E. (2021). Applying a Comprehensive Action Determination Model to Examine the Recycling Behavior of Taipei City Residents. *Sustainability*, *13*(2), 490. https://doi.org/10.3390/su13020490

Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, *39*(2), 175-191. https://link.springer.com/content/pdf/10.3758/BF03193146.pdf

Finnish Environment Institute (SYKE). (2022). *Waste electrical and electronic equipment (WEEE) management in Finland*. https://www.syke.fi/en/projects/circelec

Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, *18*(1), 39-50. http://www.jstor.com/stable/3151312

Forti, V., Baldé, C. P., Kuehr, R., & Bel, G. (2020). *The Global E-Waste Monitor 2020: Quantities, flows, and the circular economy potential.* United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU), & International Solid Waste Association (ISWA). https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/11/GEM_2020_def_july1_low.pdf

Franke G, Sarstedt M (2019), Heuristics versus statistics in discriminant validity testing: a comparison of four procedures. *Internet Research*, Vol. 29 No. 3 pp. 430–447, doi: https://doi.org/10.1108/IntR-12-2017-0515

Gautam, S., & Jain, S. (2022). Managing electronic waste: A qualitative inquiry into the behaviour of young Indian consumers. *Global Business Review*, 09721509221121714. https://doi.org/10.1177/0972150922112171

Gefen, D., Straub, D., & Boudreau, M. (2000). Structural Equation Modeling and Regression: Guidelines for Research Practice. *Communications of the Association for Information Systems*, *4*, pp-pp. https://doi.org/10.17705/1CAIS.00407

Geissdoerfer, M., Pieroni, M. P. P., Pigosso, D. C. A., & Soufani, K. (2020). *Circular business models: A review. Journal of Cleaner Production*, 277, 123741. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123741

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E.-J. (2017). The circular economy: A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production, 143*, 757–768. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048

Genc-Nayebi, N., & Abran, A. (2017). A systematic literature review: Opinion mining studies from mobile app store user reviews. *Journal of Systems and Software*, *125*, 207-219. https://doi.org/10.1016/j.jss.2016.11.027

Gilal, F. G., Shah, S. M. M., Adeel, S., Gilal, R. G., & Gilal, N. G. (2022). Consumer e-waste disposal behaviour: A systematic review and research agenda. *International Journal of Consumer Studies*, *46*(5), 1785-1803. https://doi.org/10.1111/ijcs.12767

Gilal, F. G., Zhang, J., Gilal, N. G., & Gilal, R. G. (2019). Linking self-determined needs and word of mouth to consumer e-waste disposal behaviour: A test of basic psychological needs theory. *Journal of Consumer Behaviour*, *18*(1), 12-24.

Golev, A., & Corder, G. D. (2016). Typology of options for metal recycling: Australia's perspective. *Resources, 5*(1), 1. https://doi.org/10.3390/resources5010001

Grant, K., Goldizen, F. C., Sly, P. D., Brune, M. N., Neira, M., van den Berg, M., & Norman, R. E. (2013). Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review. *The Lancet Global Health*, *1*(6), e350-e361. https://doi.org/10.1016/S2214-109X(13)70101-3

Green, M. C., & Brock, T. C. (2000). The role of transportation in the persuasiveness of public narratives. *Journal of Personality and Social Psychology, 79*(5), 701–721. https://doi.org/10.1037/0022-3514.79.5.701

Greene, W. H. (2012). Econometric analysis (7th ed.). Pearson.

Grimmer, M., & Woolley, M. (2014). Green marketing messages and consumers' purchase intentions: Promoting personal versus environmental benefits. *Journal of Marketing Communications*, *20*(4), 231-250.https://doi.org/10.1080/13527266.2012.684065

Guide Jr, V. D. R., & Van Wassenhove, L. N. (2009). The evolution of closed-loop supply chain research. *Operations Research*, *57*(1), 10-18. https://www.jstor.org/stable/25614727

Guiltinan, J. (2009). Creative destruction and destructive creations: Environmental ethics and planned obsolescence. *Journal of Business Ethics*, *89*(Suppl 1), 19-28. https://doi.org/10.1007/s10551-008-9907-9

Gupta, N., Yadav, K. K., & Kumar, V. (2015). A review on current status of municipal solid waste management in India. *Journal of Environmental Sciences*, *37*, 206-217. https://doi.org/10.1016/j.jes.2015.01.034

Hair, J. F. (2014). *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)*. Sage.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2019). *Multivariate data analysis.*

Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2021). *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)* (3rd ed.). Sage.

Hair, J. F., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2011). PLS-SEM: Indeed a silver bullet. *Journal of Marketing Theory and Practice*, *19*(2), 139-152. https://doi.org/10.2753/MTP1069-6679190202

Hair, J. F., Risher, J. J., Sarstedt, M., & Ringle, C. M. (2019). When to use and how to report the results of PLS-SEM. *European Business Review*, *31*(1), 2-24. https://doi.org/10.1108/EBR-11-2018-0203

Hair, J., & Alamer, A. (2022). Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) in second language and education research: Guidelines using an applied example. *Research Methods in Applied Linguistics*, *1*(3), 100027. https://doi.org/10.1016/j.rmal.2022.100027

Hair, J.F., Hult, G.T.M., Ringle, C.M. and Sarstedt, M. (2017) A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM). 2nd Edition, Sage Publications Inc., Thousand Oaks, CA.

Hajkowicz, S., & Collins, K. (2007). A review of multiple criteria analysis for water resource planning and management. *Water Resources Management*, *21*(9), 1553-1566. https://doi.org/10.1007/s11269-006-9112-5

Hajkowicz, S., & Higgins, A. (2008). A comparison of multiple criteria analysis techniques for water resource management. *European Journal of Operational Research, 184*(1), 255–265. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.10.045

Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014, January). Does gamification work? a literature review of empirical studies on gamification. In *2014 47th Hawaii International Conference on System Sciences* (pp. 3025-3034). Ieee. https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377

Han, H. (2014). The norm activation model and theory-broadening: Individuals' decision-making on environmentally-responsible convention attendance. *Journal of Environmental Psychology*, *40*, 462-471. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2014.10.006

Harland, P., Staats, H., & Wilke, H. A. (1999). Explaining proenvironmental intention and behavior by personal norms and the Theory of Planned Behavior. *Journal of Applied Social Psychology*, *29*(12), 2505-2528. https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.1999.tb00123.x

Hassenzahl, M. (2010). *Experience design: Technology for all the right reasons* (Vol. 8). Morgan & Claypool Publishers.

Hausman, J. A. (1978). Specification Tests in Econometrics. *Econometrica*, *46*(6), 1251–1271. https://doi.org/10.2307/1913827

Hazen, B. T., Overstreet, R. E., Jones-Farmer, L. A., & Field, H. S. (2012). The role of ambiguity tolerance in consumer perception of remanufactured products. *International Journal of Production Economics*, *135*(2), 781-790. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.10.011

Henseler, J., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2015). A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *Journal of the Academy of Marketing Science, 43*(1), 115–135. https://doi.org/10.1007/s11747-014-0403-8

Holbrook, M. (Ed.). (1999). *Consumer Value: A Framework for Analysis and Research* (1st ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203010679

Huisman, J., Baldé, C. P., Blumenthal, K., Fondeur Gill, S., Kern, M., Micheli, P., & Magpantay, E. (2015). *E-waste statistics: Guidelines on classifications, reporting and indicators.* United Nations University (UNU). https://i.unu.edu/media/ias.unu.edu-en/project/2238/E-waste-Guidelines_Partnership_2015.pdf

Hunt, S. D. (1983). General theories and the fundamental explananda of marketing. *Journal of Marketing*, *47*(4), 9-17. https://www.jstor.org/stable/1251394

Hunt, S. D. (2002). *Foundations of marketing theory: Toward a general theory of marketing*. ME Sharpe.

https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=6Eu0o5eswXgC&oi=fnd&pg=PA3&ots=kZlDgPd-ca&sig=-t6mI3qjWklqj0bKKFwQQIxpTek&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Hunt, S. D. (2010). *Marketing theory: Foundations, controversy, strategy, and resource-advantage theory* (1st ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315702537

Hunt, S. D. (2011). Sustainable marketing, equity, and economic growth: a resource-advantage, economic freedom approach. *Journal of the Academy of Marketing Science*, *39*(1), 7-20. https://doi.org/10.1007/s11747-010-0196-3

Hunt, S. D. (2012). Toward the institutionalization of macromarketing: Sustainable enterprise, sustainable marketing, sustainable development, and the sustainable society. *Journal of Macromarketing*, *32*(4), 404-411. https://doi.org/10.1177/0276146712453331

Hunt, S. D. (2018). Advancing marketing strategy in the marketing discipline and beyond: from promise, to neglect, to prominence, to fragment (to promise?). *Journal of Marketing Management*, *34*(1–2), 16–51. https://doi.org/10.1080/0267257X.2017.1326973

Hunt, S. D., & Morgan, R. M. (1995). The comparative advantage theory of competition. *Journal of Marketing*, *59*(2), 1-15. https://www.jstor.org/stable/1252069

Hutto, C. J., & Gilbert, E. (2014). VADER: A parsimonious rule-based model for sentiment analysis of social media text. In *Proceedings of the International AAAI Conference on Web and Social Media (ICWSM)*. https://doi.org/10.1609/icwsm.v8i1.14550

Islam, M. H., Sabbir, M. M., Mahbub, M., Jhilik, T. T., & Shirmin, S. (2025). Sustaining e-waste recycling behavior among young consumers to implement circular economy: An extended model of Theory of Reasoned Goal Pursuit. *Cleaner Waste Systems*, *10*, 100212. https://doi.org/10.1016/j.clwas.2025.100212

Islam, M. T., Dias, P., & Huda, N. (2020). Waste mobile phones: A survey and analysis of the awareness, consumption and disposal behavior of consumers in Australia. *Journal of Environmental Management*, *275*, 111111. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111111

Islam, M. T., Dias, P., & Huda, N. (2021). Young consumers'e-waste awareness, consumption, disposal, and recycling behavior: A case study of university students in Sydney, Australia. *Journal of Cleaner Production*, *282*, 124490. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124490

İSTAÇ A.Ş. (2021). *2021 Yılı Faaliyet/Raporlar.* İstanbul Çevre Yönetimi Sanayi ve Ticaret A.Ş. https://www.istac.istanbul/hakkimizda/belgeler-ve-raporlar?category=faaliyet_raporlari&year=2021

Jackson, T. (2005). Motivating sustainable consumption. *Sustainable Development Research Network*, *29*(1), 30-40. https://www.researchgate.net/profile/Tim-Jackson-2/publication/275638627_Motivating_Sustainable_Consumption_A_Review_of_Evidence_on_Consumer_Behaviour_and_Behavioural_Change/links/5c0a4444299bf139c744d1a5/Motivating-Sustainable-Consumption-A-Review-of-Evidence-on-Consumer-Behaviour-and-Behavioural-Change.pdf

Jafari, A., Heydari, J., & Keramati, A. (2017). Factors affecting incentive dependency of residents to participate in e-waste recycling: a case study on adoption of e-

waste reverse supply chain in Iran. *Environment, Development and Sustainability*, *19*(1), 325-338. https://doi.org/10.1007/s10668-015-9737-8

Jelodar, H., Wang, Y., Yuan, C., Feng, X., Jiang, X., Li, Y., & Zhao, L. (2019). Latent Dirichlet allocation (LDA) and topic modeling: models, applications, a survey. *Multimedia Tools and Applications*, *78*(11), 15169-15211. https://doi.org/10.1007/s11042-018-6894-4

Joung, H. M., & Park-Poaps, H. (2013). Factors motivating and influencing clothing disposal behaviours. *International Journal of Consumer Studies*, *37*(1), 105-111. https://doi.org/10.1111/j.1470-6431.2011.01048.x

Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2020). *Speech and language processing*. 3rd edn. draft.

Kalaycu, Ş., (2017). *SPPS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*, Dinamik Akademi, Ankara-Türkiye.

Kang, H. Y., & Schoenung, J. M. (2005). Electronic waste recycling: A review of US infrastructure and technology options. *Resources, Conservation and Recycling*, *45*(4), 368-400. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2005.06.001

Kilbourne, W.E. Willett Kempton, James S. Boster, & Jennifer A. Hartley (1997). Environmental values in American culture. *Journal of Consumer Policy*, *20*, 469–474. https://doi.org/10.1023/A:1006824130789

Kim, S. W., & Gil, J. M. (2019). Research paper classification systems based on TF-IDF and LDA schemes. *Human-centric Computing and Information Sciences*, *9*(1), 30. https://doi.org/10.1186/s13673-019-0192-7

Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling, 127*, 221–232. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005

Klassen, R. D., & Vereecke, A. (2012). Social issues in supply chains: Capabilities link responsibility, risk (opportunity), and performance. *International Journal of Production Economics*, *140*(1), 103-115. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.01.021

Knussen, C., & Yule, F. (2008). "I'm Not in the Habit of Recycling": The Role of Habitual Behavior in the Disposal of Household Waste. *Environment and Behavior*, *40*(5), 683-702. https://doi.org/10.1177/0013916507307527

Kollmuss, A., & Agyeman, J. (2002). Mind the gap: why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior?. *Environmental Education Research*, *8*(3), 239-260. https://doi.org/10.1080/13504620220145401

Korea Environment Corporation. (2023). *EPR implementation and digital monitoring in e-waste management*. https://www.keco.or.kr/en/lay1/S295T386C400/contents.do

Korea Environment Corporation. (2023). *K-eco sustainability report 2023.* https://www.keco.or.kr

Korea Environment Corporation. (2024). *K-eco sustainability report 2024.* https://www.keco.or.kr

Korea Environment Corporation. (2025). *Extended Producer Responsibility (EPR) system*. https://www.keco.or.kr/en/lay1/S295T386C400/contents.do

Kotler, P. (2011). Reinventing marketing to manage the environmental imperative. *Journal of Marketing*, *75*(4), 132-135. https://www.jstor.org/stable/41228615

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. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.01.018

Kumar, S., & Putnam, V. (2008). Cradle to cradle: Reverse logistics strategies and opportunities across three industry sectors. *International Journal of Production Economics*, *115*(2), 305-315. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.11.015

Kvale, S. (2007). *Doing interviews.* Sage Publications Ltd. https://doi.org/10.4135/9781849208963

Laeequddin, M., Kareem Abdul, W., Sahay, V., & Tiwari, A. K. (2022). Factors that influence the safe disposal behavior of E-waste by electronics consumers. *Sustainability*, *14*(9), 4981. https://doi.org/10.3390/su14094981

LAGA. (2022). *Vollzugshilfe Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG).* Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall. https://www.laga-online.de

Laitala, K. (2014). Consumers' clothing disposal behaviour–a synthesis of research results. *International Journal of Consumer Studies*, *38*(5), 444-457. https://doi.org/10.1111/ijcs.12088

Latan, H., & Noonan, R. (Eds.). (2017). *Partial least squares path modeling: Basic concepts, methodological issues and applications*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64069-3

Laubinger, F., Brown, A., Dubois, M., & Börkey, P. (2021). *Modulated fees for Extended Producer Responsibility schemes (EPR)* (OECD Environment Working Papers No. 184). OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/2a42f54b-en

Leclerc, S. H., & Badami, M. G. (2020). Extended producer responsibility for E-waste management: Policy drivers and challenges. *Journal of Cleaner Production*, *251*, 119657. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119657

Legate, A. E., Hair Jr, J. F., Chretien, J. L., & Risher, J. J. (2023). PLS-SEM: Prediction-oriented solutions for HRD researchers. *Human Resource Development Quarterly*, *34*(1), 91-109. https://doi.org/10.1002/hrdq.21466

Lemon, K. N., & Verhoef, P. C. (2016). Understanding customer experience throughout the customer journey. *Journal of Marketing*, *80*(6), 69-96. http://dx.doi.org/10.1509/jm.15.0420

Leonidou, C. N., & Skarmeas, D. (2017). Gray shades of green: Causes and consequences of green skepticism. *Journal of Business Ethics*, *144*(2), 401-415. https://doi.org/10.1007/s10551-015-2829-4

Leonidou, C. N., Katsikeas, C. S., & Morgan, N. A. (2013). "Greening" the marketing mix: Do firms do it and does it pay off?. *Journal of the Academy of Marketing Science*, *41*(2), 151-170. https://doi.org/10.1007/s11747-012-0317-2

Longhi, S., Marzioni, D., Alidori, E., Di Buo, G., Prist, M., Grisostomi, M., & Pirro, M. (2012, May). Solid waste management architecture using wireless sensor network technology. In *2012 5th İnternational Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS)* (pp. 1-5). IEEE. https://doi.org/10.1109/NTMS.2012.6208764

Maalej, W., & Nabil, H. (2015, August). Bug report, feature request, or simply praise? on automatically classifying app reviews. In *2015 IEEE 23rd International Requirements Engineering Conference (RE)* (pp. 116-125). IEEE. https://doi.org/10.1109/RE.2015.7320414

Macharis, C., De Witte, A., & Ampe, J. (2009). The multi-actor, multi-criteria analysis methodology (MAMCA) for the evaluation of transport projects: Theory and practice. *Journal of Advanced Transportation*, *43*(2), 183-202. https://doi.org/10.1002/atr.5670430206

Maier, D., Waldherr, A., Miltner, P., Wiedemann, G., Niekler, A., Keinert, A., … Adam, S. (2018). Applying LDA Topic Modeling in Communication Research: Toward a Valid and Reliable Methodology. *Communication Methods and Measures*, *12*(2–3), 93–118. https://doi.org/10.1080/19312458.2018.1430754

Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science, 20*(7), 703–726. https://doi.org/10.1080/13658810600661508

Manning, C. D., Raghavan, P., & Schütze, H. (2008). *Introduction to information retrieval*. Cambridge University Press. https://nlp.stanford.edu/IR-book/

Mansuy, J., Verlinde, S., & Macharis, C. (2020). Understanding preferences for EEE collection services: A choice-based conjoint analysis. *Resources, Conservation and Recycling*, *161*, 104899. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104899

Martinez-Conesa, I., Soto-Acosta, P., & Palacios-Manzano, M. (2017). Corporate social responsibility and its effect on innovation and firm performance: An empirical research in SMEs. *Journal of Cleaner Production*, *142*, 2374-2383. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.038

Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review, 50*(4), 370–396. https://doi.org/10.1037/h0054346

McKinney, W. (2010). Data Structures for Statistical Computing in Python. SciPy 2010, https://doi.org/10.25080/Majora-92bf1922-00a

Miafodzyeva, S., & Brandt, N. (2013). Recycling behaviour among householders: Synthesizing determinants via a meta-analysis. *Waste and Biomass Valorization*, *4*(2), 221-235. https://doi.org/10.1007/s12649-012-9144-4

Michael, L. K., Hungund, S. S., & K. V., S. (2024). Factors influencing the behavior in recycling of e-waste using integrated TPB and NAM model. *Cogent Business Management*, *11*(1). https://doi.org/10.1080/23311975.2023.2295605

Michael, L. K., Hungund, S. S., & KV, S. (2024). Factors influencing the behavior in recycling of e-waste using integrated TPB and NAM model. *Cogent Business & Management*, *11*(1), 2295605. https://doi.org/10.1080/23311975.2023.2295605

Micheaux, H., & Aggeri, F. (2021). Eco-modulation as a driver for eco-design: A dynamic view of the French collective EPR scheme. *Journal of Cleaner Production*, *289*, 125714.

Milios, L. (2018). Advancing to a Circular Economy: three essential ingredients for a comprehensive policy mix. *Sustainability Science*, *13*(3), 861-878. https://doi.org/10.1007/s11625-017-0502-9

Ministry of Economy, Trade and Industry (METI), & Ministry of the Environment Japan (MOEJ). (2022). *Overview of Japan's recycling policies*. Government of Japan.

Ministry of Economy, Trade and Industry (METI). (2001). *Home Appliances Recycling Law (English)*. Government of Japan. https://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/english/law/home.html

Ministry of Economy, Trade and Industry. (2024). *Circular economy progress report 2024.* Government of Japan. https://www.meti.go.jp

Mittelstaedt, J. D., Shultz, C. J., Kilbourne, W. E., & Peterson, M. (2014). Sustainability as megatrend: Two schools of macromarketing thought. *Journal*

of Macromarketing, *34*(3), 253-264. https://doi.org/10.1177/0276146713520551

Mohamad, N. S., Thoo, A. C., & Huam, H. T. (2022). The determinants of consumers' e-waste recycling behavior through the lens of the extended theory of planned behavior. *Sustainability, 14*(15), 9031. https://doi.org/10.3390/su14159031

Mostafa, M. M. (2013). More than words: Social networks' text mining for consumer brand sentiments. *Expert Systems with Applications*, *40*(10), 4241-4251. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.01.019

Motiva. (2025). *Circular & climate logistics report 2025*. https://arquivos.motiva.com.br/relatorios/ri2024/assets/docs/CCR_2025-EN.pdf

Moustakas, C. E. (1994). *Phenomenological research methods.* Sage Publications, Inc. https://doi.org/10.4135/9781412995658

Muthukumari, W. A. C. S., Ahn, J., & Kim, M. (2024). Impact of information publicity on Korean residents' E-waste recycling intentions: Applying the norm activation model and theory of planned behavior. *Heliyon*, *10*(14).

Naturvårdsverket. (2022). *Behavioral insights in waste management.* Swedish Environmental Protection Agency. https://www.naturvardsverket.se

Nduneseokwu, C. K., Qu, Y., & Appolloni, A. (2017). Factors influencing consumers' intentions to participate in a formal e-waste collection system: A case study of Onitsha, Nigeria. *Sustainability*, *9*(6), 881. https://doi.org/10.3390/su9060881

Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL). (2025). *Integral circular economy report 2025*. https://www.pbl.nl/system/files/document/2025-02/pbl-2025-integral-circular-economy-report-5849.pdf

Neuendorf, K. A. (2017). *The content analysis guidebook* (2nd ed.). Sage. https://doi.org/10.4135/9781071802878

Norman, D. (2013). *The design of everyday things: Revised and expanded edition*. Basic books.

Nowakowski, P. (2019). Investigating the reasons for storage of WEEE by residents–A potential for removal from households. *Waste Management*, *87*, 192-203. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.02.008

OECD (2021) *Modulated fees for extended producer responsibility schemes (EPR)*. OECD environment working papers [Report] https://doi. org/10.1787/2a42f54b-en.

OECD. (2016). *Extended producer responsibility: Updated guidance for efficient waste management*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/9789264256385-en

OECD. (2019). *Extended producer responsibility (EPR) and related policy approaches* (OECD Environment Working Paper No. ENV/WKP(2019)1). OECD Publishing.https://one.oecd.org/document/ENV/WKP(2019)1/en/pdf

OECD. (2020, June 4). *Extended producer responsibility*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/ocean-policies_17318a16-en/extended-producer-responsibility_9dc4e62a-en.html

OECD. (2023). *New aspects of EPR: Extending producer responsibility to additional product groups and challenges throughout the product lifecycle.* OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/new-aspects-of-epr-extending-producer-responsibility-to-additional-product-groups-and-challenges-throughout-the-product-lifecycle_cfdc1bdc-en.html

Oliver, R. L. (2014). *Satisfaction: A behavioral perspective on the consumer: A Behavioral Perspective on the Consumer*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315700892

Onel, N., & Mukherjee, A. (2017). Why do consumers recycle? A holistic perspective encompassing moral considerations, affective responses, and self-interest motives. *Psychology & Marketing*, *34*(10), 956-971. https://doi.org/10.1002/mar.21035

Ongondo, F. O., & Williams, I. D. (2011). Mobile phone collection, reuse and recycling in the UK. *Waste Management*, *31*(6), 1307-1315. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.01.032

Ottman, J. (2011). *The new rules of green marketing: Strategies, tools, and inspiration for sustainable branding*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781351278683

Panasonic Holdings Corporation. (2025). *Sustainability data book*. https://holdings.panasonic/global/corporate/sustainability/data-book.html

Parasuraman, A. B. L. L., Zeithaml, V. A., & Berry, L. (1988). SERVQUAL: A multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality. *1988*, *64*(1), 12-40. https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=Rt96wAigg2oC&oi=fnd&pg=PA140&dq=Parasuraman,+A.,+Zeithaml,+V.+A.,+%26+Berry,+L.+L.+(1988).+SERVQUAL:+A+multiple-item+scale+for+measuring+consumer+perceptions+of+service+quality.+Journal+of+Retailing,+64(1),+12%E2%80%9340.&ots=pUwZ5zzDvR&sig=Z943929FI4Dt1rA65EjpdBda6m4&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Park, J., & Ha, S. (2014). Understanding consumer recycling behavior: Combining the theory of planned behavior and the norm activation model. *Family and Consumer Sciences Research Journal*, *42*(3), 278-291. https://doi.org/10.1111/fcsr.12061

Patton, M. Q. (2014). *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice*. Sage publications. https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=ovAkBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Patton,+M.+Q.+(2015).+Qualitative+research+%26+evaluation+methods:+Integrating+theory+and+practice+(4th+ed.).+SAGE+Publications.&ots=ZS1U0uvCD-&sig=CRulsCaB8dEqLSAz90rmQJp-KSI&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Peattie, K. (1992). *Green marketing*. Pitman Publishing.

Peattie, K., & Belz, F. M. (2010). Sustainability marketing: An innovative conception of marketing. *Marketing Review St. Gallen*, *27*, 8–15. https://doi.org/10.1007/s11621-010-0085-7

Peattie, K., & Crane, A. (2005). Green marketing: legend, myth, farce or prophesy?. *Qualitative Market Research: An International Journal*, *8*(4), 357-370. https://doi.org/10.1108/13522750510619733

Phulwani, P. R., Kumar, D., & Goyal, P. (2021). From systematic literature review to a conceptual framework for consumer disposal behavior towards personal communication devices. *Journal of Consumer Behaviour*, *20*(5), 1353-1370. https://doi.org/10.1002/cb.1940

Plambeck, E. L. (2007). The greening of Wal-Mart's supply chain. *Supply Chain Management Review*, *11*(5). https://trid.trb.org/View/837719

Prahalad, C. K., & Ramaswamy, V. (2004). *The future of competition: Co-creating unique value with customers*. Harvard Business Press.

Race Against Waste. (2025). *E-waste race programme*. https://raceagainstwaste.org/en/e-waste-race

Rahbar, E., & Abdul Wahid, N. (2011). Investigation of green marketing tools' effect on consumers' purchase behavior. *Business Strategy Series*, *12*(2), 73-83. https://doi.org/10.1108/17515631111114877

Raithel, S., Sarstedt, M., Scharf, S., & Schwaiger, M. (2012). On the value relevance of customer satisfaction. Multiple drivers and multiple markets. *Journal of the Academy of Marketing Science*, *40*(4), 509-525. https://doi.org/10.1007/s11747-011-0247-4

Recupel. (2022). *Annual report 2022: Collection, recycling and governance*. https://www.recupel.be/en/annual-report

Reitz, K. (2011). *Requests: HTTP for humans*. Python Software Foundation. https://requests.readthedocs.io/en/latest/

Rezapour, R. (2020). Text mining for social good; context-aware measurement of social impact and effects using natural language processing. In *Companion Publication of the 2020 Conference on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing* (pp. 141-146).

Ringle, C. M., Sarstedt, M., Sinkovics, N., & Sinkovics, R. R. (2023). A perspective on using partial least squares structural equation modelling in data articles. *Data in Brief*, *48*, 109074. https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.109074

Robinson, B. H. (2009). E-waste: an assessment of global production and environmental impacts. *Science of the Total Environment*, *408*(2), 183-191. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.09.044

Rogers, D. S., & Tibben-Lembke, R. (2001). An examination of reverse logistics practices. *Journal of Business Logistics, 22*(2), 129–148. https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2001.tb00007.x

Rose, G. (2022). *Visual methodologies: An introduction to researching with visual materials.* Sage.

Röder, M., Both, A., & Hinneburg, A. (2015). Exploring the space of topic coherence measures. In *Proceedings of the Eighth ACM International Conference on Web Search and Data Mining (WSDM '15)* (pp. 399–408). https://doi.org/10.1145/2684822.268532

Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L. (2019). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, *57*(7), 2117–2135. https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1533261

Saphores, J.-D. M., Ogunseitan, O. A., & Shapiro, A. A. (2012). Willingness to engage in a pro-environmental behavior: An analysis of e-waste recycling based on a national survey of U.S. households. *Resources, Conservation & Recycling, 60*, 49–63. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.12.003

Sarıyar, E. A., Odabaşı, S. U., & Büyükgüngör, H. (2021). Sıfır atık kapsamında atık elektrikli ve elektronik eşyaların geri kazanımı: Halkın bu konudaki tutumu. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 11*(1), 257–276. https://dergipark.org.tr/tr/pub/kfbd/article/907506

Sari, D. P., Masruroh, N. A., & Asih, A. M. S. (2021). Consumer intention to participate in e-waste collection programs: A study of smartphone waste in Indonesia. *Sustainability*, *13*(5), 2759. https://doi.org/10.3390/su13052759

Sarica S, Luo J (2024) Correction: Stopwords in technical language processing. *PLOS ONE 19*(12): e0315195. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0315195

Sarstedt, M., Hair, J. F., Pick, M., Liengaard, B. D., Radomir, L., & Ringle, C. M. (2022). Progress in partial least squares structural equation modeling use in marketing research in the last decade. *Psychology & Marketing*, *39*(5), 1035-1064. https://doi.org/10.1002/mar.21640

Schaub, F., Balebako, R., & Cranor, L. F. (2017). Designing effective privacy notices and controls. *IEEE Internet Computing, 21*(3), 70–77. https://doi.org/10.1109/MIC.2017.75

Schwartz, S. H. (1977). *Normative influences on altruism.* In L. Berkowitz (Ed.), Advances in Experimental Social Psychology (Vol. 10, pp. 221–279). Academic Press. https://doi.org/10.1016/S0065-2601(08)60358-5

Shaharudin, M. R., Said, R., Hotrawaisaya, C., Nik Abdul Rashid, N. R., & Azman Perwira, N. F. S. (2023). Linking determinants of the youth's intentions to dispose of portable e-waste with the proper disposal behavior in Malaysia. *The Social Science Journal*, *60*(4), 680-694. https://doi.org/10.1080/03623319.2020.1753157

Shaikh, S., Thomas, K., & Zuhair, S. (2020). An exploratory study of e-waste creation and disposal: Upstream considerations. *Resources, Conservation and Recycling*, *155*, 104662. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104662

Shevchenko, T., & Danko, Y. (2023). Consumer Behaviors in the Circular Economy with Special Focus on E-products. In *Development in E-waste Management* (pp. 223-242). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781003301899-17?urlappend=%3Futm_source%3Dresearchgate.net%26utm_medium%3Darticle

Shevchenko, T., Laitala, K., & Danko, Y. (2019). Understanding consumer E-waste recycling behavior: introducing a new economic incentive to increase the collection rates. *Sustainability*, *11*(9), 2656. https://doi.org/10.3390/su11092656

Siddiqua, A., El Gamal, M., Kareem Abdul, W., Mahmoud, L., & Howari, F. M. (2022). E-device purchase and disposal behaviours in the UAE: an exploratory study. *Sustainability*, *14*(8), 4805. https://doi.org/10.3390/su14084805

Silver, C., & Lewins, A. (2014). Using software in qualitative research: A step-by-step guide. https://methods.sagepub.com/book/mono/using-software-in-qualitative-research-2e/toc

Silverman, D. (2024). *Interpreting qualitative data*. SAGE Publications Ltd, https://doi.org/10.4135/9781036233358

Singh, S., Routroy, S., & Dasgupta, M. S. (2023). Electrical and electronic equipment consumption pattern and e-waste disposal behaviour of individuals and households in India. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, *25*(4), 2390-2406. https://doi.org/10.1007/s10163-023-01697-6

Soyer, M., & Dittrich, K. (2021). Sustainable Consumer Behavior in Purchasing, Using and Disposing of Clothes. *Sustainability*, *13*(15), 8333. https://doi.org/10.3390/su13158333

Srivastav, A. L., Markandeya, Patel, N., Pandey, M., Pandey, A. K., Dubey, A. K., Kumar, A., Bhardwaj, A. K., & Chaudhary, V. K. (2023). Concepts of circular economy for sustainable management of electronic wastes. *Environmental Science and Pollution Research, 30*, 48654–48675. https://doi.org/10.1007/s11356-023-26052-y

Srivastava, S. K. (2007). Green supply-chain management: a state-of-the-art literature review. *International Journal of Management Reviews*, *9*(1), 53-80. https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2007.00202.x

Steg, L., & Vlek, C. (2009). Encouraging pro-environmental behaviour: An integrative review and research agenda. *Journal of Environmental Psychology*, *29*(3), 309-317. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2008.10.004

Stern, P. C. (2000). Toward a coherent theory of environmentally significant behavior. *Journal of Social Issues*, *56*(3), 407–424. https://doi.org/10.1111/0022-4537.00175

Stern, P. C., Dietz, T., & Vandenbergh, M. P. (2022). The science of mitigation: Closing the gap between potential and actual reduction of environmental threats. *Energy Research & Social Science*, *91*, 102735. https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102735

Stern, P. C., Dietz, T., Abel, T., Guagnano, G. A., & Kalof, L. (1999). A Value-Belief-Norm Theory of Support for Social Movements: The Case of Environmentalism. *Human Ecology Review*, *6*(2), 81–97. http://www.jstor.org/stable/24707060

Stiftung EAR. (2023). *EAR digital register operations and compliance monitoring*. https://www.stiftung-ear.de/en/

Stock, J. R., & Mulki, J. P. (2009). Product returns processing: an examination of practices of manufacturers, wholesalers/distributors, and retailers. *Journal of Business Logistics*, *30*(1), 33-62. https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2009.tb00098.x

Strauss, A., & Corbin, J. M. (1990). *Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques.* Sage Publications, Inc. https://doi.org/10.4135/9781452230153

Sunstein, C. R. (2023). Behavioral science in the administrative state. *Admin. L. Rev.*, *75*, 213. https://administrativelawreview.org/wp-content/uploads/sites/2/2023/07/ALR-75.2_Sunstein.pdf

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2012). Atık elektrikli ve elektronik eşyaların kontrolü yönetmeliği. Resmî Gazete (No. 28300). https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=20121988&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2016). *2015 yılı idare faaliyet raporu.* https://webdosya.csb.gov.tr/db/strateji/editordosya/2015_idare_faaliyet_raporu.pdf

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2017). *2016 yılı idare faaliyet raporu.* https://webdosya.csb.gov.tr/db/strateji/editordosya/2016_idare_faaliyet_raporu.pdf

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2018). *2017 yılı idare faaliyet raporu.* https://webdosya.csb.gov.tr/db/strateji/editordosya/2017_idare_faaliyet_raporu.pdf

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2019). *2018 yılı idare faaliyet raporu.* https://webdosya.csb.gov.tr/db/strateji/editordosya/2018_idare_faaliyet_raporu.pdf

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2020). *2019 yılı idare faaliyet raporu.* https://webdosya.csb.gov.tr/db/strateji/editordosya/2019_idare_faaliyet_raporu.pdf

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2020). COVID-19 pandemisinde tıbbi atık yönetimi rehberi. https://cevresagligi.csb.gov.tr

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Atık İstatistikleri Bülteni (2022). https://ced.csb.gov.tr/atik-istatistikleri-bultenleri-i-109405

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2021). *2020 yılı idare faaliyet raporu.* https://webdosya.csb.gov.tr/db/strateji/editordosya/2020_idare_faaliyet_raporu.pdf

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2022). *2021 yılı idare faaliyet raporu.* https://webdosya.csb.gov.tr/db/strateji/editordosya/2021_idare_faaliyet_raporu.pdf

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2022). *Blokzincir ve Metaverse Teknolojisi Çalışma Heyeti Sonuç Raporu*. https://webdosya.csb.gov.tr/db/cbs/icerikler/blokz-nc-r-ve-metaverse-calisma-heyet--raporu-20220823173218.pdf

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2023). *2022 yılı idare faaliyet raporu.* https://webdosya.csb.gov.tr/db/strateji/editordosya/2022_idare_faaliyet_raporu.pdf

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2024). *2023 yılı idare faaliyet raporu.* https://webdosya.csb.gov.tr/db/strateji/editordosya/2023_idare_faaliyet_raporu.pdf

T.C. Resmî Gazete. (2012, 22 Mayıs). Atık elektrikli ve elektronik eşyaların kontrolü yönetmeliği (Sayı: 28300). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/05/20120522-5.htm

T.C. Resmî Gazete. (2014, 29 Mayıs). Atık elektrikli ve elektronik eşyaların kontrolü yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik (Sayı: 29015). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/05/20140529-2.htm

T.C. Resmî Gazete. (2015, 31 Aralık). 2872 sayılı çevre kanununca 2016 yılında uygulanacak idari para cezalarına ilişkin tebliğ (Sayı: 29579). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/12/20151231-15.htm

T.C. Resmî Gazete. (2017, 2 Haziran). Atık elektrikli ve elektronik eşyaların kontrolü yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik (Sayı: 30283). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/06/20170602-2.htm

T.C. Resmî Gazete. (2018, 30 Aralık). 2872 sayılı çevre kanununca 2019 yılında uygulanacak idari para cezalarına ilişkin tebliğ (Sayı: 30641). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/12/20181230-11.htm

T.C. Resmî Gazete. (2019, 12 Temmuz). Sıfır Atık Yönetmeliği (Sayı: 30829). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/07/20190712-4.htm

T.C. Ticaret Bakanlığı. (2021). Türkiye Yeşil Mutabakat eylem planı. https://ticaret.gov.tr/yesilmutabakat

Tenenhaus, M., Esposito Vinzi, V., Chatelin, Y.-M., & Lauro, C. (2005). PLS path modeling. *Computational Statistics & Data Analysis, 48*(1), 159–205. https://doi.org/10.1016/j.csda.2004.03.005

Thaler, R. H., & Sunstein, C. R. (2008). *Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness.* Yale University Press.

Thøgersen, J. (2003). Monetary incentives and recycling: Behavioural and psychological reactions to a performance-dependent garbage fee. *Journal of Consumer Policy*, *26*(2), 197-228. https://doi.org/10.1023/A:1023633320485

Thøgersen, J. (2006). Norms for environmentally responsible behaviour: An extended taxonomy. *Journal of Environmental Psychology*, *26*(4), 247-261. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2006.09.004

Thøgersen, J. (2010). Country differences in sustainable consumption: The case of organic food. *Journal of Macromarketing, 30*(2), 171–185. https://doi.org/10.1177/027614671036192

Thøgersen, J., & Schrader, U. (2012). From knowledge to action—New paths towards sustainable consumption. *Journal of Consumer Policy, 35*(1), 1–5. https://doi.org/10.1007/s10603-012-9188-7

Thukral, S., Shree, D., & Singhal, S. (2023). Consumer behaviour towards storage, disposal and recycling of e-waste: systematic review and future research prospects. *Benchmarking: An International Journal*, *30*(3), 1021-1072. https://doi.org/10.1108/BIJ-12-2021-0774

Tibben-Lembke, R. S., & Rogers, D. S. (2002). Differences between forward and reverse logistics in a retail environment. *Supply Chain Management: An International Journal*, *7*(5), 271-282. https://doi.org/10.1108/13598540210447719

Tiedemann, J. (2022). Sentence Alignment. In *Bitext Alignment* (pp. 37-57). Cham: Springer International Publishing.

Timoshenko, A., & Hauser, J. R. (2019). Identifying customer needs from user-generated content. *Marketing Science*, *38*(1), 1-20. https://doi.org/10.1287/mksc.2018.1123

Tojo, N. (2003). EPR programmes: Individual versus collective responsibility. *International Institute for Industrial Environmental Economics. Sweden, Lund*.

Tonglet, M., Phillips, P. S., & Read, A. D. (2004). Using the theory of planned behaviour to investigate the determinants of recycling behaviour: A case study from Brixworth, UK. *Resources, Conservation and Recycling, 41*(3), 191–214. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2003.11.001

Trinh, D. D. & Sakurai, R. (2025). University students' e-waste disposal and recycling behavior: A cross-cultural study using an integrated psychological model. *Frontiers in Sustainability*, *6*, Article 1607525. https://doi.org/10.3389/frsus.2025.1607525

Tuncuk, A., Stazi, V., Akcil, A., Yazici, E. Y., & Deveci, H. (2012). *Aqueous metal recovery techniques from e-scrap: Hydrometallurgy in Recycling*. Minerals Engineering, 25(1), 28–37. https://doi.org/10.1016/j.mineng.2011.09.019

TÜMAKÜDER. (2022). *Elektrikli ve elektronik atık yönetimi ücret/tarife ve maliyet raporları 2022.* TÜMAKÜDER. https://www.tumakuder.org/

Türkiye İstatistik Kurumu. (2023). *Atık istatistikleri, 2022.* https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Atik-Istatistikleri-2022-45834

Türkiye İstatistik Kurumu. (2023). *Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE), 2003=100.* https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Tuketici-Fiyat-Endeksi-2023-49538

Umweltbundesamt. (2023). *Elektro- und Elektronikaltgeräte in Deutschland – Daten 2021.* Umweltbundesamt.https://www.umweltbundesamt.de/

UNESCAP. (2022.). *Extended Producer Responsibility.* United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. https://www.unescap.org/sites/default/files/25.%20FS-Extended-Producer-Responsibility.pdf

UNESCO. (2020). *Education for sustainable development: A roadmap*. UNESCO Publishing. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374802

United Nations Environment Programme (UNEP). (2023). *Integrating extended producer responsibility within the international treaty on plastics pollution*. https://apps1.unep.org/resolutions/uploads/integrate_epr_within_the_international_treaty_on_plastics_pollution_1.pdf

United Nations Environment Programme. (2023). *Turning off the tap: How the world can end plastic pollution and create a circular economy*. https://www.unep.org/resources/report/turning-tap-how-world-can-end-plastic-pollution-and-create-circular-economy

United Nations Office for Sustainable Development (UNOSD). (2023). *Extended Producer Responsibility and circular economy practices in East Asia*. United Nations.

United Nations. (2020). *The Sustainable Development Goals report 2020*. https://www.un.org/ht/file/81908

Van Birgelen, M., Semeijn, J., & Keicher, M. (2009). Packaging and pro-environmental consumption behavior: Investigating purchase and disposal decisions for beverages. *Environment and Behavior, 41*(1), 125–146. https://doi.org/10.1177/0013916507311140

Vanaja, S., & Belwal, M. (2018). Aspect-level sentiment analysis on e-commerce data. In *International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)*. https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8597286&casa_token=6tSDzc6-jDwAAAAA:uv9cz0ldQQyb9U_3PhD_40F20feXm9eLVMDBaaft9rkfBmnf4c9l67QSet61XFIDXv5_ye4ET5w

Varotto, A., & Spagnolli, A. (2017). Psychological strategies to promote household recycling. A systematic review with meta-analysis of validated field interventions. *Journal of Environmental Psychology*, *51*, 168-188. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2017.03.011

Velasquez, M., & Hester, P. T. MCDM Methods Analysis: Advantages, Disadvantages & Applications. https://studylib.net/doc/8889609/an-analysis-of-multi-criteria-decision-making-methods

Venkatakrishnan, S., Kaushik, A., Verma, J.K. (2020). *Sentiment Analysis on Google Play Store Data Using Deep Learning.* In: Johri, P., Verma, J., Paul, S. (eds) Applications of Machine Learning. Algorithms for Intelligent Systems. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-3357-0_2

Verhoef, P. C., Kannan, P. K., & Inman, J. J. (2015). From multi-channel retailing to omni-channel retailing: introduction to the special issue on multi-channel retailing. *Journal of Retailing*, *91*(2), 174-181. https://doi.org/10.1016/j.jretai.2015.02.005

Vermeir, I., & Verbeke, W. (2006). Sustainable food consumption: Exploring the consumer "attitude–behavioral intention" gap. *Journal of Agricultural and Environmental ethics*, *19*(2), 169-194. https://doi.org/10.1007/s10806-005-5485-3

Vijayan, R. V., Krishnan, M. M., Parayitam, S., Duraisami, S. P. A., & Saravanaselvan, N. R. (2023). Exploring e-waste recycling behaviour intention among the households: Evidence from India. *Cleaner Materials*, *7*, 100174. https://doi.org/10.1016/j.clema.2023.100174

Wan, C., Shen, G. Q., & Choi, S. (2017). Experiential and instrumental attitudes: Interaction effect of attitude and subjective norm on recycling intention. *Journal*

of Environmental Psychology, *50*, 69-79. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2017.02.006

Wang, B., Ren, C., Dong, X., Zhang, B., & Wang, Z. (2019). Determinants shaping willingness towards on-line recycling behaviour: An empirical study of household e-waste recycling in China. *Resources, Conservation and Recycling, 143*, 218–225. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.01.005

Wang, F., Liu, Q., & Yin, X. (2023). Exploring influencing factors of consumers' wasted household appliances disposal behavior considering product heterogeneity in China. *Journal of Cleaner Production*, *418*, 138065. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138065

Wang, H., Li, J., Mangmeechai, A., & Su, J. (2021). Linking perceived policy effectiveness and proenvironmental behavior: The influence of attitude, implementation intention, and knowledge. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(6), 2910. https://doi.org/10.3390/ijerph18062910

Wang, W., Zhang, Q., & Hao, J. (2025). How Does Green Factory Certification Affect Corporate Sustainability Performance: Evidence from China. *Sustainability*, *17*(1), 61. https://doi.org/10.3390/su17010061

Wang, Y., Chu, X., Bao, C., Zhu, L., Deussen, O., Chen, B., & Sedlmair, M. (2017). Edwordle: Consistency-preserving word cloud editing. *IEEE transactions on Visualization and Computer Graphics*, *24*(1), 647-656. 10.1109/TVCG.2017.2745859

Wang, Z., Guo, D., & Wang, X. (2016). Determinants of residents'e-waste recycling behaviour intentions: evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, *137*, 850-860. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.155

Wecycle. (2021). *Wecycle annual review 2021*. https://wecycle.nl/

WEEE Forum. (2022). *Update on WEEE collection rates and challenges*. https://weee-forum.org/wp-content/uploads/2022/12/Update-of-WEEE-Collection_web_final_nov_29.pdf

Wetzels, M., Odekerken-Schröder, G., & Van Oppen, C. (2009). Using PLS path modeling for assessing hierarchical construct models: Guidelines and empirical illustration. *MIS Quarterly*, 177-195. https://www.jstor.org/stable/20650284

White, K., Habib, R., & Hardisty, D. J. (2019). How to SHIFT consumer behaviors to be more sustainable: A literature review and guiding framework. *Journal of Marketing*, *83*(3), 22-49. https://doi.org/10.1177/0022242919825649

Widmer, R., Oswald-Krapf, H., Sinha-Khetriwal, D., Schnellmann, M., & Böni, H. (2005). Global perspectives on e-waste. *Environmental Impact Assessment Review*, *25*(5), 436-458. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2005.04.001

Wilson, D. C., Rodic, L., Scheinberg, A., Velis, C. A., & Alabaster, G. (2012). Comparative analysis of solid waste management in 20 cities. *Waste Management & Research*, *30*(3), 237-254. https://doi.org/10.1177/0734242X124375

World Bank (2021). (2021, March). *Environmental, social, and governance investing: A primer for central banks' reserve managers.* World Bank Group. https://documents1.worldbank.org/curated/en/677271630474233931/txt/Environmental-Social-and-Governance-Investing-A-Primer-for-Central-Banks-Reserve-Managers.txt

World Business Council for Sustainable Development. (2020, November 11). *Circular Economy Action Plan (CEAP) 2020 – Summary for business: Implications and*

next steps (with Guidehouse). https://docs.wbcsd.org/2020/11/WBCSD_Circular_Economy_Action_Plan_2020%E2%80%93Summary_for_business.pdf

Xiang, Y., & Mangmeechai, A. (2024). Shaping E-Waste Recycling Intentions through Psychological Motivation: An Integrated Study of the Theory of Planned Behavior and the Theory of Value-Belief-Norm. *Environment and Social Psychology*, *9*(3), 2180. https://doi.org/10.54517/esp.v9i3.2180

Yang, L., Li, J., Lu, W., Chen, Y., Zhang, K., & Li, Y. (2020). The influence of font scale on semantic expression of word cloud. *Journal of Visualization*, *23*(6), 981-998. https://doi.org/10.1007/s12650-020-00678-3

Yıldırım, M. (2023). E-atık sorunsalının Türkiye'nin çevre politikaları kapsamında analizi. *TÜRKAV Kamu Yönetimi Enstitüsü Sosyal Bilimler Dergisi, 3*(4), 259–293. https://dergipark.org.tr/tr/pub/turkav/issue/77993/1221469

Ylä-Mella, J., Keiski, R. L., & Pongrácz, E. (2015). *Electronic waste recovery in Finland: Consumers' perceptions towards recycling and re-use of mobile phones*. *Waste Management, 45*, 374–384. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.02.031

Zeithaml, V. A., Parasuraman, A., & Malhotra, A. (2002). Service quality delivery through web sites: a critical review of extant knowledge. *Journal of the Academy of Marketing Science*, *30*(4), 362-375. https://doi.org/10.1177/009207002236911

Zeng, X., Wang, F., Li, J., & Gong, R. (2017). A simplified method to evaluate the recycling potential of e-waste. *Journal of Cleaner Production, 168*, 1518–1524. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.232

Zepke, N., & Leach, L. (2010). Improving student engagement: Ten proposals for action. *Active Learning in Higher Education*, *11*(3), 167-177. https://doi.org/10.1177/1469787410379680 (Original work published 2010)

Zhang, B., Du, Z., Wang, B., & Wang, Z. (2019). Motivation and challenges for e-commerce in e-waste recycling under "Big data" context: A perspective from household willingness in China. *Technological Forecasting and Social Change*, *144*, 436-444. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.03.001

Zhang, B., Lai, K.-H., Wang, B., & Wang, Z. (2019). From intention to action: How do personal attitudes, facilities accessibility, and government stimulus matter for household waste sorting? *Journal of Environmental Management, 233*, 447–458. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.059

Zhang, L., Qu, J., Sheng, H., Yang, J., Wu, H., & Yuan, Z. (2019). Urban mining potentials of university: In-use and hibernating stocks of personal electronics and students' disposal behaviors. *Resources, Conservation and Recycling*, *143*, 210-217. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.01.007

Zhang, Y., Du, Q., Huang, Y., Mao, Y., & Jiao, L. (2025). Decoding determinants of pro-environmental behaviors of higher education students: insights for sustainable future. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, *26*(7), 1568-1593. https://doi.org/10.1108/IJSHE-03-2024-0166

Zhao, X., Lynch Jr, J. G., & Chen, Q. (2010). Reconsidering Baron and Kenny: Myths and truths about mediation analysis. *Journal of Consumer Research*, *37*(2), 197-206. https://www.jstor.org/stable/10.1086/651257

Zhao, Y., Wang, S., Zhang, Y., & Zhang, Y. (2016). Consumers' willingness to participate in e-waste recycling programs in China: A case study of take-back

systems. *Resources, Conservation and Recycling, 109*, 149–160. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.02.006

EKLER

Ek 1. Araştırmada Kullanılan Anket

E-Atıkların Elden Çıkarılması ve Geri Kazanılması Üzerine Sürdürülebilir Bir Model Önerisi

Sayın Katılımcı,

Bu anket formu, Yıldız Teknik Üniversitesi, İşletme Bölümü bünyesinde yürütülmekte olan "E-Atıkların Elden Çıkarılması ve Geri Kazanılması Üzerine Sürdürülebilir Bir Model Önerisi" adlı araştırma kapsamında hazırlanmıştır. Bu araştırmanın amacı elektronik atıkları dönüşüm ekonomisine kazandırmak için e-atıklar bağlamında mevcut farkındalık seviyesini arttırarak, tedarik zincirinde kayıp halka olarak nitelendirilen tüketicinin, sürdürülebilir elden çıkarma davranışında bulunmasının önündeki motivasyon ve engel unsurlarını tespit etmektir.

İlginiz ve katılımınız teşekkürler.

Saygılarımızla,

Prof. Dr. İbrahim KIRCOVA

Arş. Gör. Ece ÖZER ÇİZER

Aşağıdaki soruları evinizdeki **cep telefonlarını** göz önünde bulundurarak yanıtlandırınız.

	0	1	2	3	4	5 ve üzeri
1- Aktif olarak kullanılan cep telefonu sayısı kaçtır?						
2- Çalışır durumda olup kullanılmayan cep telefonu sayısı kaçtır?						
3- Bozuk ama tamir edilebilir olan cep telefonu sayısı kaçtır?						
4- Tamir edilemez halde bozuk olan cep telefonu sayısı kaçtır?						

5- Bir cep telefonunu **ortalama kullanma süreniz** nedir?
1 yıl ve daha az ( )
2-3 yıl ( )
4-5 yıl ( )
6-8 yıl ( )
8 yıldan daha fazla ( )

6- Elektronik atıkları (telefon, bilgisayar, tablet, kablo, hoparlör, kulaklık vb.) elden çıkarma **nedenleriniz** nelerdir?
Bozulma ( )
Eskime ( )
Model Yenileme ( )
Diğer: ….

7- Elektronik atıkları elden çıkarma **yöntemleriniz** nelerdir?
Geri dönüşüm konteynerlerine bırakmak ( )
Evde saklama ( )
Başka birine vermek ( )
Başka birine satmak ( )
Çöpe atma ( )
Geri dönüşüm mobil uygulamalarını kullanma ( )
Üretici firmaya/mağazaya geri verme ( )
Diğer:…

8- Elektronik atıkları **sürdürülebilir şekilde elden çıkaramıyorum** çünkü;

(Sürdürülebilir elde çıkarma yöntemleri: geri dönüşüm kutusuna atmak; birine satmak/vermek/bağışlamak; tamir etmek; farklı bir amaçla kullanmak)

Motive değilim ( )
Yedek cihaz olarak saklıyorum ( )
Finansal destekler/teşvikler yetersiz ( )
Nereye bırakacağımı bilmiyorum ( )
Sürdürülebilir elden çıkarma yöntemlerini bilmiyorum ( )
Çevremde hiç geri dönüşüm noktası/merkezi/konteynırı yok ( )
Gizlilik/mahremiyet konusunda endişelerim var (Kişisel bilgilerimin ele geçirilmesi vb.)
Diğer: …

9- Elektronik atıklardaki **zehirli ve zararlı maddelerin** varlığının farkındayım.
Kesinlikle Katılmıyorum ( )
Katılmıyorum ( )
Kararsızım ( )
Katılıyorum ( )
Kesinlikle Katılıyorum ( )

10- Elektronik atıklardaki **değerli metallerin ve kritik hammaddelerin** varlığının farkındayım.
Kesinlikle Katılmıyorum ( )
Katılmıyorum ( )
Kararsızım ( )
Katılıyorum ( )
Kesinlikle Katılıyorum ( )

11- Daha önce **mobil geri dönüşüm platformlarını** (Örn: GOP Sıfır Atık, Dönüştür Kazan, Atık Kazanç vb.) deneyimlediniz mi?
Evet ( )
Hayır ( )

12- Daha önce sıfır atık **geri dönüşüm konteynırlarını** kullandınız mı?
Evet ( )
Hayır ( )

Artık kullanmadığım elektronik eşyalarımı (Elektronik Atıklar);

		Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
13	Arkadaşlarıma veya aileme veririm.					
14	İyi bir amaç için bağışlarım. (Mama yardımı, Eğitim desteği vb.)					
15	İndirim kuponu almak için mağazalara götürürüm. (Eskisini getir, yenisini götür; indirim çekleri vb.)					
16	İkinci el mağazalarda satarım. (Dolap, Letgo, Sahibinden, İkinci El Pazarlar vb.)					
17	Arkadaşlarıma veya aileme satarım.					
18	İkinci el ürün platformları üzerinden elektronik atıklarımı takas ederim.					
19	Arkadaşlarımla veya ailemle takas ederim.					
20	Geri dönüşüm kutularına bırakırım.					
21	Herhangi bir teşvik (para, indirim vb.) almaksızın, geri dönüşüm için mağazaya geri veririm					
22	Atmadan önce içerisindeki bileşenleri çıkararak tekrar başka bir amaç için kullanırım. (Eskiyen bilgisayarın hard diskini, sürücülerini vb. çıkarma)					
23	Atmak yerine başka bir amaçla kullanırım. (Atık su ısıtıcılarının saksı olarak kullanımı vb.)					
24	Elektronik atıkları sürdürülebilir şekilde elden çıkarmanın çevre kirliliğini azaltacağını düşünüyorum.					
25	Elektronik atıkları sürdürülebilir şekilde elden çıkarmanın doğal kaynakların korunmasına yardımcı olacağını düşünüyorum.					
26	E-atıkları sürdürülebilir şekilde nasıl elden çıkarılabileceğimi biliyorum.					
27	E-atıkları sürdürülebilir şekilde elden çıkarabilirim.					

Aşağıdaki ifadelere katılım derecenizi belirtiniz.

		Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
28	Ailem elektronik atıkları sürdürülebilir şekilde elden çıkarmamı bekler.					
29	Komşularım elektronik atıkları sürdürülebilir şekilde elden çıkarmamı bekler.					
30	Arkadaşlarım elektronik atıkları sürdürülebilir şekilde elden çıkarmamı bekler.					
31	Benim ve ailemin elektronik atıkları sürdürülebilir şekilde elden çıkarması çevreye fayda sağlar.					
32	Tüketicilerin davranış ve seçimlerinin çevre üzerinde büyük etkisi vardır.					
33	Elektronik atıkları sürdürülebilir şekilde elden çıkarmak, onları direkt çöpe atmaktan daha faydalıdır.					
34	Evimde çıkan e-atık miktarını azaltmak için güçlü bir kişisel sorumluluk hissediyorum.					

35	E-atıklarımı sürdürülebilir şekilde elden çıkarmak için ekstra çaba harcarım.					
36	E-atıklarımı sürdürülebilir şekilde elden çıkarmazsam suçluluk duyarım.					
37	Sürdürülebilir olmayan elden çıkarma davranışlarımın neden olduğu sorunlardan kendimi sorumlu hissediyorum.					
38	Sürdürülebilir olmayan elden çıkarma davranışlarım çevresel sorunlar yaratıyor.					
39	Sürdürülebilirliğe ilişkin sorunlar konusunda sorumluluk alıyorum.					

Önümüzdeki 3 ay içinde e-atıklarımı sürdürülebilir şekilde

		Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
40	Elden çıkarma niyetindeyim.					
41	Elden çıkarmayı düşünüyorum.					
42	Elden çıkarmayı planladım.					

Elektronik atıkları sürdürülebilir şekilde elden çıkarmanın;

		Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
43	Politikaları nettir.					
44	Faydaları hakkında bilgilendirme yapılır.					
45	Politikalarına uyarım.					
46	Politikalarına uyarak elden çıkarmak kolaydır.					
47	Politikaları yetkililer tarafından uygulanmaktadır.					

Kural koyucular (Hükümet, Belediye vb.), tüketicilerin e-atıklarını sürdürülebilir şekilde elden çıkarmaları için

		Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
48	Kurallar koyar ve teşvik ederse e-atıklarımı sürdürülebilir şekilde elden çıkarırım.					
49	Teşvik edici bir kuralı uygularsa (zorunluluk yok) e-atıklarımı sürdürülebilir şekilde elden çıkarırım.					
50	Zorunlu bir kuralı uygularsa e-atıklarımı sürdürülebilir şekilde elden çıkarırım.					
51	Kurallara uymayan tüketicilere yaptırım veya ceza uygularsa e-atıklarımı sürdürülebilir şekilde elden çıkarırım.					

Aşağıdaki ifadelere katılım derecenizi belirtiniz.

		Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
52	Evime yakın bir atık toplama noktası var.					
53	İş yerime yakın bir atık toplama noktası var.					
54	E-atıkları toplama noktasına götürmek için yeterli zamanım var.					
55	E-atıkları toplama noktasına götürmek benim için kolaydır.					

56- Eğitim durumunuz nedir?
Lise ve altı ( )
Yüksekokul/Üniversite ( )
Lisansüstü ( )

57- Cinsiyetiniz?
Kadın ( )
Erkek ( )

58- Mesleğiniz?

…….

59- Yaşınız?
18-25 ( )
26-43 ( )
43-60 ( )
60 ve üzeri ( )

60- Hane halkı geliriniz?
17.002 TL ve altı ( )
17.003 TL - 34.004 TL ( )
34.005 TL - 51.006 TL ( )
51.007 TL - 102.012 TL ( )
102.013 TL - 153.018 TL ( )
153.019 TL - 204.024 TL ( )
204.025 TL ve üzeri ( )

61- İkamet ettiğiniz ilçe nedir?

……

Ek 2. Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu

Bu görüşmenin amacı, tüketicilerin elektronik atıkların (e-atık) sürdürülebilir biçimde elden çıkarılması (geri dönüştürme, tamir ettirme, ikinci el olarak satma veya bağışlama) konusundaki tutum, farkındalık ve davranışlarını anlamaktır. Görüşmeden elde edilen veriler yalnızca bilimsel amaçlarla kullanılacaktır. Katılımcı bilgileri gizli tutulacak, kimlikler hiçbir şekilde paylaşılmayacaktır.

Bölüm 1: Katılımcı Demografik Bilgi Formu

Lütfen aşağıdaki bilgileri doldurunuz:

Değişken	**Bilgi**
Katılımcı Kodu	(…)
Yaş	____
Cinsiyet	☐ Kadın ☐ Erkek ☐ Belirtmek istemiyorum
Eğitim Durumu	☐ Lisans ☐ Yüksek Lisans ☐ Doktora
Meslek	_____
Çalışma Sektörü	☐ Kamu ☐ Özel ☐ Diğer: _____
Yaklaşık Aylık Gelir Düzeyi (isteğe bağlı)	☐ 0–25.000 TL ☐ 25.001–50.000 TL ☐ 50.001+ TL
Yaşadığı Şehir	_____

Bölüm 2: Görüşme Soruları

Genel Araştırma Sorusu:

Türkiye'deki tüketicilerin elektronik atık konusunda sürdürülebilir elden çıkarma davranışında (geri dönüştürme, tamir ettirme, ikinci el olarak satma/bağışlama) bulunmalarını etkileyen faktörler nelerdir?

Görüşme Soruları:

1. Kullanım ömrü biten elektronik ürünlerinizi genellikle nasıl elden çıkarıyorsunuz?
2. Farklı ürün gruplarında (örneğin telefon, bilgisayar, küçük ev aleti vb.) elden çıkarma yöntemleriniz değişiyor mu? Eğer değişiyorsa nasıl?
3. "Sürdürülebilir elden çıkarma" kavramını nasıl tanımlarsınız? Bu konuda farkındalığınız var mı?
4. Hangi ürün gruplarında sürdürülebilir elden çıkarma yöntemlerini (geri dönüştürme, tamir, ikinci el, bağış) daha çok kullanıyorsunuz?
5. Elektronik atık (e-atık) kavramını nasıl tanımlarsınız?
6. Sizce hangi ürünler e-atık kapsamına girer? Kullanım ömrü dolan elektronik ürünlerinizi ne yapıyorsunuz, neden bu yöntemi tercih ediyorsunuz?
7. E-atıkların çevresel veya sağlık açısından yaratabileceği potansiyel riskler nelerdir?
8. Sizce e-atıkların ekonomik değeri var mı? Varsa bu değer nasıl değerlendirilebilir?
9. E-atıkları sürdürülebilir şekilde elden çıkarmaya sizi teşvik edecek unsurlar neler olurdu?
10. Sizce tüketiciler neden e-atıklarını sürdürülebilir biçimde elden çıkarmıyorlar? Engelleyici unsurlar neler olabilir? Sizin için en önemli engeller nelerdir

11. Ek Notlar:

- Görüşme Tarihi: ____ / ____ / ____
- Görüşme Süresi: _____ dakika
- Görüşme Yöntemi: ☐ Yüz yüze ☐ Çevrim içi ☐ Telefon
- Kayıt Durumu: ☐ Ses kaydı ☐ Not alma
- Araştırmacı Notları: _____

12. Gizlilik ve Onay:

Bu araştırmaya gönüllü olarak katılıyorum. Görüşmenin yalnızca bilimsel amaçlarla kullanılacağını ve kişisel bilgilerimin gizli tutulacağını kabul ediyorum.

Katılımcı Adı Soyadı: _____

İmza: _____

Tarih: ____ / ____ / ____

EK 3. Modelin Etki Projeksiyonu (2030 Hedefi) Hesaplama Yöntemi

Geri Dönüşüm Miktarı (GDM) (2030 Hedefi)

Modelin 2022 yılına ilişkin öngörüsü yaklaşık 40.900 ton düzeyindeyken, 2030 için tahmin edilen GDM seviyesi 85.000 tonun üzerindedir. Bu artış, mevcut sistemde yapılacak stratejik müdahalelerin (özellikle teşvikler, altyapı yatırımları ve katılım mekanizmaları) etkin biçimde uygulanması halinde, geri dönüşüm hacminin iki kattan fazla artabileceğini göstermektedir.

Elde edilen değer, 3.5.5. bölümünde OLS tabanlı denklemden tahmin edilen β katsayılarının kullanımıyla üretilmiştir. Burada TEŞ değişkenindeki %10'luk artış, GDM üzerinde yaklaşık +%7,8'lik marjinal bir etki yaratmakta; TM değişkenindeki %10 azalış ise GDM'yi +%5,5 oranında artırmaktadır. Bu sonuç, mezo düzeydeki aktörlerin (belediyeler, yerel yönetimler) lojistik ve teknolojik kapasiteyi artırmalarının sistem üzerindeki kaldıraç etkisini doğrulamaktadır.

E-Atık Toplama Oranı (2030 Hedefi)

2022 yılında e-atıkların toplanma oranı %15 düzeyindeyken, model %45 ve üzeri bir hedefe ulaşılabileceğini öngörmektedir. Bu oran, AB ülkelerinin ortalama geri dönüşüm oranına yaklaşılması açısından önemli bir gösterge niteliği taşımaktadır.

Hesaplama, GDM artış oranına dayalı elastisite modeli ile yapılmıştır:

$$R_{2030} = R_{2022} X \left(\frac{GDM_{2030}}{GDM_{2022}}\right)^{\infty}$$

Burada $R_{2022} = 0.15$

$GDM2030 / GDM\ 2022 = 2.078$ ve $\alpha \approx 1.50$

Bu durumda $R\ 2030 = 0.15 \times (2.078)\ 1.50 \approx 0.45 = 45\ \%$

Elastisite katsayısı, davranışsal (TUKAM) ve kurumsal (YUDES) politikaların birleşik etkisini temsil etmektedir (Baldé vd., 2020; OECD, 2019). Bu sonuç, özellikle mikro düzeyde farkındalık kampanyaları, mobil bilgilendirme sistemleri ve pozitif pekiştirme mekanizmalarının etkinleştirilmesiyle mümkündür.

CO_2 Tasarrufu (2030 Hedefi)

Model, doğrudan karbon emisyonlarının azaltılmasına dair de önemli bir çıktı sunmaktadır. 2022 yılında yaklaşık 60.000 ton CO_2 tasarrufu sağlanırken, 2030 yılında bu miktarın 150.000 ton seviyesine ulaşabileceği tahmin edilmektedir. Hesaplama, UNEP (2019) ve European Commission (2020) tarafından önerilen katsayıya dayanır:

$$CO_2\ Tasarrufu_t = GDMt \times \phi CO2$$

Burada ϕCO2 (ton e-atık başına karbon tasarrufu katsayısı) 1.5–1.8 tCO_2/ton aralığındadır.

2022 için: $40{,}900 \times 1.5 = 61{,}350 \approx 60{,}000$ ton CO_2

2030 için (TEGRA verimliliğiyle): $85{,}000 \times 1.7659 \approx 150{,}000$ ton CO_2

Bu artış, yalnızca geri dönüşüm oranlarındaki yükselmeye değil, aynı zamanda yerli üretimle entegre çalışan geri kazanım tesislerinin (TEGRA) çevresel verimliliğine de bağlıdır.

İstihdam (2030 Hedefi)

Sistemin sosyal etkileri açısından en dikkat çekici bulgu, istihdamdaki artıştır. 2022 yılında yaklaşık 500 kişi istihdam edilirken, model 2030 yılı için 5.000'in üzerinde bir istihdam potansiyeli öngörmektedir. Hesaplama, UNEP (2019) ve ILO (2020) tarafından önerilen kişi/ton katsayısına dayanmaktadır:

$$\varphi_{doğrudan} = \frac{500}{40.900} = 0{,}01222\ kişi/ton$$

$Doğrudan\ istihdam\ (2030)$: $85{,}000 \times 0.01222 = 1{,}03985 \approx 1{,}039\ kişi.$
$Toplam\ istihdam\ =\ Doğrudan\ \times\ Çarpan\ (m\ \approx\ 4.8)$:
$1{,}039 \times 4.8 \approx 4{,}987 \approx 5{,}000 +$

Bu çarpan, geri dönüşüm sektöründe dolaylı ve uyarılmış istihdamın etkisini (lojistik, dijital servis, bakım-onarım, eğitim gibi) yansıtmaktadır (OECD, 2022; ILO, 2020).