

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TERSİNE LOJİSTİK  
VE  
ATIK KIZARTMA YAĞLARI GERİ KAZANIM AĞI TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Sevda KÖSE  
(507071123)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04 Mayıs 2009  
Tezin Savunulduğu Tarih : 01 Haziran 2009**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Murat BASKAK (İTÜ)  
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN (İTÜ)  
Prof. Dr. Ziya ULUKAN (GSÜ)**

**HAZİRAN 2009**



*Aileme,*



## ÖNSÖZ

Bu çalışmada kaynakların tükenmesi ve ekolojiye olan etkilerinden dolayı son zamanlarda yasalar, kurumsal sorumluluk ve ekonomik etmenlerin de etkisiyle uygulaması artan ve artması sürececek olan tersine lojistik konusu ele alınmıştır. Türkiye’de atık kızırtma yağları geri kazanımı için tersine lojistik ağı tasarlanmaya çalışılmıştır.

Çalışmanın her aşamasında yardımları ve yol gösterici fikirlerinden dolayı değerli Yrd. Doç. Dr. Murat BASKAK’a, modelin çözümünde yardımlarından dolayı Ar. Gör. Murat Engin ÜNAL’a, tersine lojistikteki uygulamalarla ilgili bilgilerini benimle paylaşan Ar. Gör. Gülfem TUZKAYA’ya, yüksek lisans eğitimim boyunca gerekli maddî yardımı bana sağlayan TÜBİTAK’a, konu ile ilgili veri oluşturmamda yardımcı olan Ezici Biyodizel A.Ş.’ye, atık motor yağları ile ilgili çalışmalarını benimle paylaşan PETDER’e, değerli arkadaşlarıma ve aileme çok teşekkür ederim.

Mayıs 2009

Sevda Köse

(Matematik Mühendisi)



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                                           |             |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>ÖZET .....</b>                                                         | <b>xv</b>   |
| <b>SUMMARY.....</b>                                                       | <b>xvii</b> |
| <b>1. GİRİŞ .....</b>                                                     | <b>1</b>    |
| <b>2. TERSİNE LOJİSTİK .....</b>                                          | <b>5</b>    |
| 2.1 Tanımı ve Kapsamı .....                                               | 5           |
| 2.2 Tersine Tedârik Zinciri ve İleri Tedârik Zinciri Yönetimi .....       | 8           |
| 2.3 Tersine Lojistik ve İleri Lojistik Karşılaştırması .....              | 9           |
| 2.4 Tersine Lojistik ve Yeşil Lojistik.....                               | 12          |
| 2.5 Tersine Lojistik Uygulamalarının Önündeki Engeller .....              | 13          |
| 2.5.1 Bilgi ve teknoloji sistemi eksikliği.....                           | 13          |
| 2.5.2 Ürün kalitesi problemleri.....                                      | 13          |
| 2.5.3 Kurum politikaları.....                                             | 14          |
| 2.5.4 Tersine lojistik değişimine karşı direnç.....                       | 14          |
| 2.5.5 Uygun performans ölçütlerinin eksikliği.....                        | 14          |
| 2.5.6 Eğitim eksikliği.....                                               | 15          |
| 2.5.7 Finansal kısıtlar.....                                              | 15          |
| 2.5.8 Üst yönetimin destek eksikliği.....                                 | 15          |
| 2.5.9 Tersine lojistik bilgisinde eksiklik .....                          | 16          |
| 2.5.10 Stratejik plân eksikliği .....                                     | 16          |
| 2.5.11 Bayilerin, dağıtıcıların ve perakendecilerin destek eksikliği..... | 17          |
| <b>3. TERSİNE LOJİSTİKTE NEDEN, NASIL, NE VE KİM .....</b>                | <b>19</b>   |
| 3.1 Tersine Lojistikte Neden.....                                         | 19          |
| 3.1.1 Tersine lojistiğe neden olan güçler .....                           | 19          |
| 3.1.1.1 Ekonomik nedenler .....                                           | 20          |
| 3.1.1.2 Yasalar.....                                                      | 21          |
| 3.1.1.3 Kurumsal sorumluluk.....                                          | 21          |
| 3.1.2 Tersine lojistikte geri dönüş nedenleri .....                       | 22          |
| 3.1.2.1 Üretim dönüşleri .....                                            | 22          |
| 3.1.2.2 Dağıtım dönüşleri .....                                           | 23          |
| 3.1.2.3 Müşteri dönüşleri .....                                           | 23          |
| 3.2 Tersine Lojistikte Nasıl .....                                        | 25          |
| 3.2.1 Ürün geri kazanım seçeneklerinin belirlenmesi.....                  | 29          |
| 3.2.2 Yeniden dağıtım kanalları .....                                     | 30          |
| 3.3 Tersine Lojistikte Ne .....                                           | 30          |
| 3.3.1 Bileşen .....                                                       | 30          |
| 3.3.2 Bozulma.....                                                        | 31          |
| 3.3.3 Kullanım şekli.....                                                 | 31          |
| 3.4 Tersine Lojistikte Kim.....                                           | 32          |
| <b>4. TERSİNE LOJİSTİKTE ARAŞTIRMA ALANLARI VE PROBLEMLER</b>             | <b>35</b>   |
| 4.1 Tersine Lojistik Ağı Tasarımı .....                                   | 35          |

|                                                                                  |            |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.2 Geri Kazanımlı Üretim Ortamında Stok Kontrolü .....                          | 36         |
| 4.3 Geri Kazanımlı Üretim Ortamında Üretim Plânlama .....                        | 36         |
| 4.4 Tersine Lojistikte Ortaklarla İlişkiler.....                                 | 37         |
| 4.5 Tersine Lojistik ve E-ticaret .....                                          | 38         |
| 4.6 Tersine Lojistikte Bilgi ve İletişim Teknolojileri .....                     | 39         |
| <b>5. TERSİNE LOJİSTİK AĞI TASARIMI .....</b>                                    | <b>41</b>  |
| 5.1 Tersine Lojistik Ağı Tanımı .....                                            | 41         |
| 5.2 Tersine Lojistik Ağı Çeşitleri .....                                         | 42         |
| 5.3 Literatür Araştırması.....                                                   | 47         |
| 5.3.1 Bütünleşik modeller.....                                                   | 50         |
| 5.3.2 Bağımsız modeller .....                                                    | 52         |
| 5.4 Tersine Lojistik Ağı Tasarımı İçin Temel Tesis Yerleştirme Modeli.....       | 53         |
| <b>6. ATIK KIZARTMA YAĞLARI .....</b>                                            | <b>59</b>  |
| 6.1 Atık Kızartma Yağları Geri Kazanımına Neden Olan Güçler.....                 | 59         |
| 6.1.1 Atık kızartma yağları geri kazanımında çevresel nedenler .....             | 60         |
| 6.1.2 Atık kızartma yağları geri kazanımında ekonomik nedenler .....             | 62         |
| 6.1.3 Atık kızartma yağları geri kazanımında yasal nedenler.....                 | 63         |
| 6.2 Atık Kızartma Yağları Geri Kazanımında Ne, Nasıl ve Kim.....                 | 65         |
| 6.2.1 Atık kızartma yağları geri kazanımında ne .....                            | 65         |
| 6.2.1.1 Atık kızartma yağlarından biyodizel elde edilmesi .....                  | 66         |
| 6.2.2 Atık kızartma yağları geri kazanımında nasıl ve kim .....                  | 68         |
| 6.2.2.1 Türkiye’de varolan durum .....                                           | 68         |
| 6.2.2.2 Önerilen atık kızartma yağı tersine lojistik ağı yapısı .....            | 71         |
| <b>7. DÜNYADA ATIK KIZARTMA YAĞLARI UYGULAMALARI .....</b>                       | <b>75</b>  |
| 7.1 ABD Örneği.....                                                              | 75         |
| 7.2 Avrupa Örneği .....                                                          | 76         |
| <b>8. ÖNERİLEN GERİ KAZANIM AĞI YAPISI İLE İLGİLİ ÖRNEK .....</b>                | <b>79</b>  |
| 8.1 Atık Kızartma Yağlarının Belediye Toplama Noktasına Kadar Toplanması... 79   |            |
| 8.2 Belediye Toplama Noktasından Geçici Depoya Sevkiyat .....                    | 80         |
| 8.3 Geçici Depo Noktasından Geri Kazanım Tesisine Sevkiyat.....                  | 80         |
| 8.4 Geri Kazanım Tesisinden İkincil Pazara ya da Bertaraf Tesisine Sevkiyat..... | 81         |
| 8.5 Modelin Oluşturulması.....                                                   | 81         |
| 8.5.1 Modelin amacı .....                                                        | 81         |
| 8.5.2 Model parametrelerinin belirlenmesi .....                                  | 82         |
| 8.5.2.1 Açığa çıkan ve geri kazanılması istenen atık kızartma yağı miktarı..     | 83         |
| 8.5.2.2 Taşıma mâliyetlerinin belirlenmesi .....                                 | 84         |
| 8.5.2.3 Yararlı ürün gelirlerinin belirlenmesi.....                              | 86         |
| 8.5.2.4 Yararlı ürün taşıma mâliyetlerinin belirlenmesi .....                    | 86         |
| 8.5.2.5 Zararlı malzeme bertaraf giderlerinin belirlenmesi.....                  | 86         |
| 8.5.2.6 Zararlı malzeme taşıma mâliyetlerinin belirlenmesi .....                 | 87         |
| 8.5.2.7 Geçici depoların özelliklerinin belirlenmesi .....                       | 87         |
| 8.5.2.8 Geri kazanım tesislerinin özelliklerinin belirlenmesi .....              | 92         |
| 8.5.2.9 İkincil pazarların konumlarının belirlenmesi .....                       | 94         |
| 8.5.2.10 Zararlı malzeme bertaraf tesislerinin konumlarının belirlenmesi ....    | 95         |
| 8.5.2.11 Modelin kurulması.....                                                  | 95         |
| 8.5.2.12 Modelin sonuçları ve değerlendirmesi.....                               | 101        |
| <b>9. SONUÇ .....</b>                                                            | <b>115</b> |
| <b>KAYNAKLAR.....</b>                                                            | <b>119</b> |
| <b>EKLER .....</b>                                                               | <b>123</b> |

## **KISALTMALAR**

|              |                                                    |
|--------------|----------------------------------------------------|
| <b>AB</b>    | : Avrupa Birliği                                   |
| <b>ABD</b>   | : Amerika Birleşik Devletleri                      |
| <b>LP</b>    | : Doğrusal Programlama                             |
| <b>MIGP</b>  | : Karışık Tamsayılı Hedef Programlama              |
| <b>MILP</b>  | : Karışık Tamsayılı Doğrusal Programlama           |
| <b>MINLP</b> | : Karışık Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama   |
| <b>MRP</b>   | : Malzeme Gereksinim Plânlaması                    |
| <b>OEM</b>   | : Orjinal Ekipman Üreticileri                      |
| <b>SMILP</b> | : Stokastik Karışık Tamsayılı Doğrusal Programlama |
| <b>SP</b>    | : Stokastik Programlama                            |



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Çizelge 2.1: Tersine lojistik unsurları. ....                                                                       | 7   |
| Çizelge 2.2: İleri ve tersine lojistik karşılaştırması. ....                                                        | 10  |
| Çizelge 2.3: Tersine lojistik mâliyetlerinin ileri lojistik mâliyetleri ile karşılaştırılması. ....                 | 12  |
| Çizelge 3.1: Ekonomik nedenlerin doğrudan ve dolaylı kazanımları. ....                                              | 21  |
| Çizelge 4.1: E-ticarette tersine lojistik etkinlikleri. ....                                                        | 39  |
| Çizelge 5.1: Tersine lojistik ağ çeşitleri. ....                                                                    | 44  |
| Çizelge 5.2: Literatürdeki tersine lojistik ağ tasarımını ve modellemesini inceleyen çalışmalar. ....               | 48  |
| Çizelge 6.1: B20 ve B100 yakıtları emisyonlarının yüzde değerleri. ....                                             | 61  |
| Çizelge 6.2: Bazı Avrupa ülkelerinin kızartma yağlarını kullanımdan çekme ölçütleri. ....                           | 66  |
| Çizelge 6.3: Ülkemizde kızartma yağlarını kullanımdan çekme ölçütleri. ....                                         | 66  |
| Çizelge 6.4: Biyodizelin mâliyet yapısı. ....                                                                       | 73  |
| Çizelge 7.1: Avrupa ülkelerinde tüketilen yağlar ve yüzdeleri. ....                                                 | 76  |
| Çizelge 7.2: Avusturya’da atık yağlardan üretilen yıllık biyodizel üretim miktarı. ..                               | 78  |
| Çizelge 8.1: DPT araştırmasına göre Türkiye’de sosyo-ekonomik gelişmişlik indeksine göre kademeli il grupları. .... | 83  |
| Çizelge 8.2: İkamet eden nüfusa göre kategorilerdeki yüzdeler. ....                                                 | 85  |
| Çizelge 8.3: İllere göre tanımlı olan geçici depo tipleri ve kapasiteleri. ....                                     | 88  |
| Çizelge 8.4: Geçici depo hesaplamasında kullanılan birim mâliyetler (TL). ....                                      | 89  |
| Çizelge 8.5: Arsa satınalma mâliyetleri. ....                                                                       | 90  |
| Çizelge 8.6: Ofis yapım mâliyetleri. ....                                                                           | 90  |
| Çizelge 8.7: Sabit enerji gideri (TL). ....                                                                         | 90  |
| Çizelge 8.8: Sabit ofis gideri. ....                                                                                | 91  |
| Çizelge 8.9: Yönetim giderleri. ....                                                                                | 91  |
| Çizelge 8.10: Geçici depolarda kullanılan ekipmanlar. ....                                                          | 91  |
| Çizelge 8.11: Toplam geçici depo ekipman mâliyeti. ....                                                             | 91  |
| Çizelge 8.12: Geçici depolardaki işçi sayısı ve işçi mâliyetleri. ....                                              | 92  |
| Çizelge 8.13: Geçici depoların amortisman giderleri ve yıllık sabit mâliyetleri. ....                               | 92  |
| Çizelge 8.14: Varolan geri kazanım tesis kapasiteleri. ....                                                         | 92  |
| Çizelge 8.15: Geri kazanım tesisi mâliyet kalemleri. ....                                                           | 93  |
| Çizelge 8.16: Geri kazanım tesisi yıllık sabit ve işleme mâliyeti. ....                                             | 94  |
| Çizelge 8.17: Varolan geri kazanım tesislerinin kapasiteleri ve yıllık sabit mâliyetleri. ....                      | 94  |
| Çizelge 8.18: Tüm senaryolar için geçici depo, geri kazanım tesisi, biyodizel ve gliserin pazarı sayısı. ....       | 114 |
| Çizelge 8.19: Tüm senaryolar için amaç fonksiyon değerleri. ....                                                    | 114 |
| Çizelge A.1: Senaryo 1 için illerden toplanan atık miktarları. ....                                                 | 124 |
| Çizelge A.2: Senaryo 2 için illerden toplanan atık miktarları. ....                                                 | 125 |

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Çizelge A.3:</b> Senaryo 3 için illerden toplanan atık miktarları. .... | 126 |
| <b>Çizelge A.4:</b> Senaryo 4 için illerden toplanan atık miktarları. .... | 127 |
| <b>Çizelge A.5:</b> Senaryo 5 için illerden toplanan atık miktarları. .... | 128 |
| <b>Çizelge B.1:</b> Senaryo 1 için geçici depo bilgileri. ....             | 129 |
| <b>Çizelge B.2:</b> Senaryo 2 için geçici depo bilgileri. ....             | 131 |
| <b>Çizelge B.3:</b> Senaryo 3 için geçici depo bilgileri. ....             | 133 |
| <b>Çizelge B.4:</b> Senaryo 4 için geçici depo bilgileri. ....             | 135 |
| <b>Çizelge B.5:</b> Senaryo 5 için geçici depo bilgileri. ....             | 137 |
| <b>Çizelge C.1:</b> Senaryo 1 için geri kazanım tesisi bilgileri. ....     | 139 |
| <b>Çizelge C.2:</b> Senaryo 2 için geri kazanım tesisi bilgileri. ....     | 139 |
| <b>Çizelge C.3:</b> Senaryo 3 için geri kazanım tesisi bilgileri. ....     | 140 |
| <b>Çizelge C.4:</b> Senaryo 4 için geri kazanım tesisi bilgileri. ....     | 141 |
| <b>Çizelge C.5:</b> Senaryo 5 için geri kazanım tesisi bilgileri. ....     | 142 |
| <b>Çizelge D.1:</b> Senaryo 1 için biyodizel pazar bilgileri. ....         | 144 |
| <b>Çizelge D.2:</b> Senaryo 2 için biyodizel pazar bilgileri. ....         | 144 |
| <b>Çizelge D.3:</b> Senaryo 3 için biyodizel pazar bilgileri. ....         | 144 |
| <b>Çizelge D.4:</b> Senaryo 4 için biyodizel pazar bilgileri. ....         | 145 |
| <b>Çizelge D.5:</b> Senaryo 5 için biyodizel pazar bilgileri. ....         | 146 |
| <b>Çizelge E.1:</b> Senaryo 1 için gliserin pazar bilgileri. ....          | 147 |
| <b>Çizelge E.2:</b> Senaryo 2 için gliserin pazar bilgileri. ....          | 147 |
| <b>Çizelge E.3:</b> Senaryo 3 için gliserin pazar bilgileri. ....          | 147 |
| <b>Çizelge E.4:</b> Senaryo 4 için gliserin pazar bilgileri. ....          | 148 |
| <b>Çizelge E.5:</b> Senaryo 5 için gliserin pazar bilgileri. ....          | 149 |
| <b>Çizelge F.1:</b> Senaryo 1 için bertaraf tesisi bilgileri. ....         | 150 |
| <b>Çizelge F.2:</b> Senaryo 2 için bertaraf tesisi bilgileri. ....         | 150 |
| <b>Çizelge F.3:</b> Senaryo 3 için bertaraf tesisi bilgileri. ....         | 151 |
| <b>Çizelge F.4:</b> Senaryo 4 için bertaraf tesisi bilgileri. ....         | 152 |
| <b>Çizelge F.5:</b> Senaryo 5 için bertaraf tesisi bilgileri. ....         | 153 |

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 2.1: Kapalı çevrim tedârik zinciri.....                                                                       | 9   |
| Şekil 2.2: İleri ve tersine dağıtım. ....                                                                           | 10  |
| Şekil 3.1: Tersine lojistiğe neden olan güçler.....                                                                 | 22  |
| Şekil 3.2: Tersine lojistikte geri dönüş nedenleri.....                                                             | 25  |
| Şekil 3.3: Tersine lojistikte süreçler. ....                                                                        | 26  |
| Şekil 3.4: Geri kazanım seçenekleri tersine çevrilmiş piramit. ....                                                 | 26  |
| Şekil 3.5: Ürün geri kazanım opsiyonları.....                                                                       | 27  |
| Şekil 3.6: Tersine lojistik aktörleri.....                                                                          | 33  |
| Şekil 3.7: Tersine lojistikte neden, nasıl, ne ve kim arasındaki ilişkiler. ....                                    | 34  |
| Şekil 5.1: Tersine lojistik ağ yapısı. ....                                                                         | 41  |
| Şekil 5.2: Geri kazanım ağı modelinin yapısı.....                                                                   | 54  |
| Şekil 6.1: Biyodizel üretimi aşamaları.....                                                                         | 67  |
| Şekil 6.2 : Biyodizel üretim tepkimesi. ....                                                                        | 68  |
| Şekil 6.3: Varolan atık kızırtma yağı tersine lojistik ağı. ....                                                    | 70  |
| Şekil 6.4: Önerilen atık kızırtma yağı tersine lojistik ağı. ....                                                   | 72  |
| Şekil 8.1: Belediye toplama noktalarına kadar ürün akışı. ....                                                      | 80  |
| Şekil 8.2: Belediye toplama noktalarından geçici depolara ürün akışı. ....                                          | 80  |
| Şekil 8.3: Geçici depolardan geri kazanım tesislerine ürün akışı. ....                                              | 81  |
| Şekil 8.4: Geri kazanım tesislerinden ikincil pazarlara ya da bertaraf tesisine ürün akışı. ....                    | 81  |
| Şekil 8.5: Senaryo 1 için geçici depolar ve geçici depolara atanan belediye toplama noktaları.....                  | 102 |
| Şekil 8.6: Senaryo 1 için geri kazanım tesisi ve geri kazanım tesisine atanan geçici depolar.....                   | 102 |
| Şekil 8.7: Senaryo 1 için ikincil pazarlar ve ikincil pazarlara atanan geri kazanım tesisi ve bertaraf tesisi. .... | 103 |
| Şekil 8.8: Senaryo 2 için geçici depolar ve geçici depolara atanan belediye toplama noktaları.....                  | 104 |
| Şekil 8.9: Senaryo 2 için geri kazanım tesisi ve geri kazanım tesisine atanan geçici depolar.....                   | 105 |
| Şekil 8.10: Senaryo 2 için ikincil pazarlar ve ikincil pazarlara atanan geri kazanım tesisi ve bertaraf tesisi..... | 105 |
| Şekil 8.11: Senaryo 3 için geçici depolar ve geçici depolara atanan belediye toplama noktaları. ....                | 107 |
| Şekil 8.12: Senaryo 3 için geri kazanım tesisi ve geri kazanım tesisine atanan geçici depolar.....                  | 107 |
| Şekil 8.13: Senaryo 3 için ikincil pazarlar ve ikincil pazarlara atanan geri kazanım tesisi ve bertaraf tesisi..... | 108 |
| Şekil 8.14: Senaryo 4 için geçici depolar ve geçici depolara atanan belediye toplama noktaları. ....                | 109 |

|                                                                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Şekil 8.15:</b> Senaryo 4 için geri kazanım tesisi ve geri kazanım tesisine atanan geçici depolar. ....                  | 110 |
| <b>Şekil 8.16:</b> Senaryo 4 için ikincil pazarlar ve ikincil pazarlara atanan geri kazanım tesisi ve bertaraf tesisi. .... | 110 |
| <b>Şekil 8.17:</b> Senaryo 5 için geçici depolar ve geçici depolara atanan belediye toplama noktaları. ....                 | 112 |
| <b>Şekil 8.18:</b> Senaryo 5 için geri kazanım tesisi ve geri kazanım tesisine atanan geçici depolar. ....                  | 112 |
| <b>Şekil 8.19:</b> Senaryo 5 için ikincil pazarlar ve ikincil pazarlara atanan geri kazanım tesisi ve bertaraf tesisi. .... | 113 |

## **TERSİNE LOJİSTİK VE ATIK KIZARTMA YAĞLARI GERİ KAZANIM AĞI TASARIMI**

### **ÖZET**

Son yıllarda şirketler, ekonomik ve ekolojik nedenler, yasalar, kurumsal ve sosyal sorumluluklar, çevresel kaygılar, sürdürülebilir gelişme, doğal kaynakların korunması, daha az malzeme ve kaynak tüketimi gibi nedenlerden dolayı geri kazanım etkinliklerini sistemlerine eklemişlerdir. Bu durum, akademisyenleri ve uzmanları tersine lojistik konusunda çalışmak için motive etmiştir.

Gittikçe öneminin artması beklenen, ürün geri kazanımı için kullanılmış ürünlerin tüketiciden üreticiye doğru hareketlerinin ve ilgili bilgi akışlarının yönetimi süreci olarak tanımlanan tersine lojistik, tedârik zinciri süreçlerinden biri olarak akademik çalışmalarda yerini almıştır.

Bu çalışmada geleneksel tedârik zinciri yaklaşımından kapalı çevrim tedârik zinciri yaklaşımına geçişi sağlayan tersine lojistik kavramı, atık kıyartma yağları kapsamında incelenmiş ve Türkiye’de atık kıyartma yağları geri kazanımı için ağ tasarımı örneği yapılmıştır.

Öncelikli olarak tersine lojistik kavramının tanımı ve kapsamı üzerinde durulmuştur. Sonra tersine lojistikteki kavramlar ve sistemin işleyişi incelenmiştir. Tersine lojistikteki ağ yapısı türlerinden ve ağ tasarımında kullanılan modellerden sözedilmiştir. Daha sonra konuyla ilgili literatür araştırması yapılmıştır.

Konunun kavramsal olarak ele alınmasından sonra, atık kıyartma yağlarının geri kazanımına ilişkin olarak Türkiye’deki durum incelenmiş ve Türkiye için atık kıyartma yağı geri kazanım ağı tasarımı yapılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla karışık tamsayılı doğrusal programlama kullanılarak bir geri kazanım ağı tasarımı modellenmiştir. Model GAMS optimizasyon programı ile çözülmüştür.

Modelde, Türkiye’deki her ilde bir belediye toplama noktası olduğu düşünülmüştür. Her ilde oluşacak atık kıyartma yağı miktarı o ilin sosyo-ekonomik gelişmişlik düzeyi ve nüfus bilgileri dikkate alınarak oluşturulmuştur. Varolan sistemle toplanan atık kıyartma yağı miktarı ve oluştuğu tahmin edilen atık kıyartma yağı miktarının % 10, % 20, % 50 ve % 100’ü dikkate alınarak 5 senaryo oluşturulmuştur. Modeldeki amaç, atık kıyartma yağlarının geri kazanımı ile elde edilecek gelir ile belediye toplama noktalarından imha tesislerine ve ikincil pazarlara kadar olan süreçte meydana gelen giderler arasındaki farkı enbüyükleyecek ürün akışlarını sağlamaktır. Her senaryo için en uygun geçici depo, geri kazanım merkezi ve ikincil pazar konumları belirlenmiştir.



## **REVERSE LOGISTICS AND A RECOVERY NETWORK DESIGN FOR USED FRYING OILS**

### **SUMMARY**

Last decades firms have been added reverse flow in their supply chain because of some reasons such as economical and ecological reasons, environmental concerns, rules, social responsibilities, sustainable development and minimization of materials and resources use. This condition motivates both the academicians and practitioners to study on reverse logistics activities.

Reverse logistics, expected to be more important in the near future, are considered as the process of managing all of the flow of returned products and information from customers to manufacturers in order to get recovery from used products. It can be regarded as one of the processes of supply chain.

In this study, reverse logistics which changes traditional supply chain approach to closed-loop supply chain is investigated on used frying oils and a recovery network is designed for used frying oils in Turkey.

First, it is focused on reverse logistics definition and scope. Then, concepts and operations of reverse logistics is investigated. Types of reverse logistics network design and model of network design are mentioned. After that literature review has been done about the subject.

After theoretic examination of the subject, applications about used frying oils in the world are mentioned. The system of collecting used frying oils in Turkey is investigated and a new system is proposed. Recovering network is designed for the proposed system in Turkey. For this purpose a recovering network is designed by using mixed integer linear programming model. The model is solved using GAMS optimization program.

In the model, it is thought that each city in Turkey has a municipal collection point. Considering social-economical development and populatoin of cities, amount of used frying oils which are occured is constituted for each city. By using amount of used frying oils which are collecting with present system and % 10, % 20, % 50, % 100 of estimated used frying oils, 5 scenarios are made. The purpose of the model is to provide the optimal flow of used frying oils from municipal collection points to secondary markets or destruction centres by maximizing difference between the revenue from secondary markets and the related costs such as transportation costs, fixed costs and destruction costs. For each scenarios, optimal locations of temporary depots, recovery centers and secondary markets are determined.



## 1. GİRİŞ

İşletmeler özerk ve yalnız varlıklar olarak varolamazlar. Bu nedenle, işletmeler bir tedârik zinciri içinde yer alırlar. “Ağ rekâbeti” çağında olan işletmeler, marka-marka, mağaza-mağaza rekâbeti yerine artık, tedârik zinciri-tedârik zinciri rekâbeti yaşamaktadır (Karaçay, 2005).

Alvarez-Gil ve diğerleri (2007), tedârik zinciri akışının lojistikle ilgili çalışmalarda hammadde ile başlayan ve son tüketici dağıtımı ile biten taşıma süreçleri olarak düşünüldüğünü belirtmişlerdir. Cruz-Rivera ve Ertel (2008), tedârik zincirinin geleneksel olarak ürünlerin tedârikçilerden üreticilere, toptancılara, perakendecilere ve son olarak tüketiciye doğru dağıtım kanalları içindeki harekete sahip doğrusal yapılar olduğunu belirtmişlerdir. Quinn (1997) tedârik zincirini, bu ürün hareketinin her aşamasında ilgili etkinlikler, yâni araştırma ve tedârik, üretim çizelgeleme, sipâriş işleme, stok yönetimi, nakliye, depolama ve müşteri hizmeti olarak tanımlamıştır (Karaçay, 2005).

Anahtar tedârik zinciri süreçlerini tanımlamak ve bunları yönetmek, başarılı tedârik zinciri yönetimi için gerekli görülmektedir. Anahtar tedârik zinciri süreçleri, Global Supply Chain Forum’a göre aşağıdaki gibi belirlenmiştir (Karaçay, 2005):

- Müşteri İlişkileri Yönetimi
- Müşteri Hizmetleri Yönetimi
- Talep Yönetimi
- Sipâriş Yönetimi
- Üretim Akış Yönetimi
- Tedârik
- Ürün Geliştirme ve Ticarîleştirme
- Dönüşler

Bu süreçlerden dönüşler ile ilgili olan süreç akademik yazında tersine lojistik olarak yer almıştır.

Kullanılan ürünlerin ve parçaların geri kazanımı ve yeniden kullanımı, etkin kullanımın yanı sıra kaynakların kısıtlı olduğu bir ortamda artan tüketimle birlikte önem kazanmaktadır. Ekonomik nedenler, çevresel kaygılar, yasalar, kurumsal ve sosyal sorumluluklar, sürdürülebilir gelişme, doğal kaynakların korunması, daha az malzeme ve kaynak tüketimi gibi nedenlerden dolayı kurumlar geri kazanım etkinliklerini sistemlerine eklemişlerdir (Demirel ve Gökçen, 2008).

Firmalar, müşteri hizmet düzeylerini arttırma, îmalat temin sürelerini azaltma ve stok düzeylerini düşürme gibi konulara önem vererek, pazardaki rakiplerine karşı rekâbet gücü elde etmek isterler. Bu amacı gerçekleştirebilmek için üretim/dağıtım plânlama, tedârik zinciri yönetimi, lojistik yönetimi gibi stratejiler uygulamaktadırlar. Öte yandan, geri kazanımlı îmalat sistemleri ve tersine lojistik konularına olan ilgi, doğal kaynakların tükenmesi ve artan çevre bilinci ile birlikte artmaktadır. Önemi gün geçtikçe artan, en yalın anlamıyla kullanılan malların tüketiciden üreticiye hareketi olan tersine lojistik, firmalar için önemli bir rol oynamaktadır (Demirel ve Gökçen, 2008).

Günümüzde geri dönen ürünlere büyük önem verilmekte ve yaşam çevrimini tamamlamış ürünler için “kirleten temizler” düşüncesiyle îmalatçılara sorumluluklar yüklenmektedir. Atık arazilerinin ve yanma kapasitelerinin gün geçtikçe tükenmesi atıkların azaltılmasını, kullanılan ürünlerin yeniden üretim süreçlerine bütünleştirilmesini, endüstriyel ülkelerde en önemli ilgi alanlarından biri durumuna getirmiştir. Pek çok ülkede îmalatçılar, ürettikleri ürünlerin belirli bir kısmını geri toplamakla sorumludurlar. Örneğin Almanya’da firmalar, sattıkları ürünlere ilişkin paketlerin en az % 60-% 75’ini, 1991 yılında yürürlüğe giren yönetmeliğe göre geri dönüştürmek zorundadırlar (Demirel ve Gökçen, 2008).

Otomotiv sektöründe ürün geri alımının en belirgin örneği yaşanmaktadır. ABD’de 10 milyon araba ve kamyonun her yıl % 95’i geri dönüşüme girmekte ve bu araçların % 75’i yeniden kullanım için geri kazandırılırken, camın % 20’si, kâğıt ürünlerinin % 30’u ve alüminyum kutuların % 61’i geri dönüştürülmektedir (Karaçay, 2005). Hollanda’da ise ulusal bir sistem, trafik kazalarında zarar görmüş otomobillerin %

90'ının geri kazanımını sağlayacak şekilde başarıyla uygulanmaktadır (Demirel ve Gökçen, 2008).

Firmalar, tersine lojistik stratejilerini değişen koşullara uygun olarak geliştirmekte ve uzun dönemli plânlarını buna göre yapmaktadırlar. 21. yüzyılda tümüyle geri kazanılabilir otomobiller tasarlamak stratejisinin, BMW'nin stratejik amacı olması gibi. Otomotiv sektörü dışında, tersine lojistik; çelik, elektronik, bilgisayar, kimya, ilaç, lastik, tıbbî araçları da içeren birçok sektörde kullanılmaktadır (Karaçay, 2005). Tersine lojistik uygulayan büyük firmalar arasında dünyada BMW, Delphi, DuPont, General Motors, HP yer almaktadır. Türkiye'de geri kazanım ile ilgili yasal düzenlemeler yeni yeni yapılmaktadır. Türkiye'de otomotivde Ford, Renault, Tofaş, BMC, Uzel, Temsa, Otokar; beyaz eşyada Arçelik, Profilo, Bosch; elektrik/elektronikte Beko Elektronik, Bosch Isıtma, Aselsan Elektronik; mobilyada Boytaş, İstikbal Mobilya geri kazanıma hazırlanan şirketler arasında sayılabilir (Velioğlu ve diğerleri, 2007).

Yeniden üretim işlemleri, hammaddeden üretime göre % 85 enerji gereksinimini azaltır. Yeniden üretilen ürünler, % 30-40 daha düşük bir fiyata kullanıcılara satılır (Kumar ve Putnam, 2008).

Amerika'da Savunma bölümü (uzay çalışmaları), Kodak (kameralar), Xerox (fotokopi ve yazıcı toner kartuşları) yeniden üretim yapmaktadır. A.B.D.'de yeniden üretilen ürün, yılda 53 trilyon dolardır (Kumar ve Putnam, 2008).

Yıllık lojistik harcamasının 950 milyar \$ olduğu ABD'de geri dönen ürün miktarı yaklaşık olarak 43 milyar \$ veya toplam miktarın % 4,5'idir. Bu durumda, ABD'de lojistik mâliyetler, ekonominin yaklaşık % 9,9'unu oluşturmaktadır (Richey ve diğerleri, 2005). Ancak firmalar, tersine lojistik etkinliklerini yeterince izlemedikleri için, tersine lojistik etkinliklerinin tutarını tam olarak belirlemek çok zordur. Genel harcamalar, sektör, firmanın zincirdeki konumu ve kanal seçimi gibi etmenlere göre değişse de, tersine lojistik etkinliklerinin ekonomide önemli bir rolü vardır ve önemi daha da artacaktır (Rogers ve Tibben-Lembke, 1998).

Firma esnekliği, tersine lojistik ile artar. Satamadığı ürün stoklarına sahip birçok firma, bunları kolayca bileşenlerine ve alt malzemelerine ayrıştırılabilir duruma getirirse, firmanın pazarda başarılı olma olasılığı da artacaktır (Karaçay, 2005).

Literatürdeki tersine lojistik çalışmaları yaygın olarak yeniden imalat sistemleri ele alınarak yapılmıştır. Cam, plastik, lastik vb. ürünlerin geri dönüşüm lojistiği ile ilgili yapılan çalışmalar bulunmakla beraber sınırlıdır. Türkiye’de tersine lojistik yeni yeni gündeme gelmekte, uygulanabilecek birçok sektörde kavram bilinmediği için göz ardı edilmektedir. Türkiye’de tersine lojistik ağ tasarımı için yapılan çalışmalar elektrik ve elektronik eşyaların tersine lojistiği düşünülerek yapılmıştır. Çalışmada, bu alanda yapılan çalışmalardan biri olan Hüseyin Kılıç’ın yüksek lisans tezi rehber alınarak çevre için önemli bir sorun olan atık kızırtma yağlarının geri kazanım sistemi için atık kızırtma yağı toplama ağı önerilmiş ve tersine lojistik ağ yapısı oluşturulmaya çalışılmıştır. Dünya’da çeşitli ülkelerde atık kızırtma yağları toplanmaktadır; ancak, atık kızırtma yağlarının tersine lojistik ağ tasarımı ile ilgili çalışmalara literatür araştırmasında rastlanmamıştır.

## 2. TERSİNE LOJİSTİK

### 2.1 Tanımı ve Kapsamı

Geri dönüşüm ile ilgili olarak tersine kanallar (reverse channels) ve tersine akış (reverse flow) literatürde 1970'lerden beri bulunmaktadır (Dekker ve diğerleri, 2004).

Tanım 1980'lerde tedârik zincirindeki geleneksel ileri akışa ters yönde bir akış olarak algılanmıştır. Lambert ve Stock (1981)'un belirttiği gibi tek yöndeki ürün gönderiminin (ileri lojistik) öneminden dolayı tersine lojistik, “tek yönlü bir yolda yanlış yönde gitmek” olarak tanımlanmıştır (Karaçay, 2005).

90'ların başında Lojistik Yönetimi Konseyi tarafından geri kazanım görüşü üstünde durularak tersine lojistiğin resmî bir tanımı yapılmıştır (Dekker ve diğerleri, 2004):

“...terim sıklıkla geri dönüşüm, atık imhası ve milyonlarca malzeme yönetiminde lojistiğin rolünü belirtmek için kullanılmıştır; kaynak kullanımı, geri dönüşüm, yerine kullanım, malzemelerin yeniden kullanımı ve imhasındaki lojistik etkinlikler ile ilgili tüm konuları içermektedir.”

Pohlen ve Farris (1992) pazarlama ilkelerini rehber alarak tersine lojistiği şöyle tanımlamışlardır (Dekker ve diğerleri, 2004):

“...ürünlerin tüketiciden üreticiye bir dağıtım kanalı ile hareketidir.”

Kopicky ve diğerleri (1993), tersine lojistiği şöyle tanımlamışlardır (Dekker ve diğerleri, 2004):

“Tersine lojistik, lojistik yönetimini ve paketlenme ve ürünlerden doğan zararlı veya zararlı olmayan atıkların yok edilmesini ifade eden geniş bir terimdir. Terim, tersine dağıtımı ve normal lojistik etkinliklerin ters yönde akışını içerir.”

Fleischmann ve diğerleri (1997) tersine lojistiği, tüketiciye artık gerekmeyen, kullanılmış üründen pazarda yeniden kullanılabilen ürüne kadar olan tüm lojistik etkinliklerini içeren bir süreç olarak tanımlamışlardır. Buna göre dağıtım plânlaması açısından tersine lojistik, kullanılmış ürünün son tüketiciden üreticiye doğru fiziksel

taşınmasını içerir. Taşımadan sonra gelen adım ise üretici tarafından geri dönmüş ürünün yeniden kullanılabilir ürün durumuna getirilmesidir (Karaçay, 2005).

Tersine lojistik, “ürün dönüşleri, kaynak azaltımı, geri kazanım, malzeme ikâmesi, malzemelerin yeniden kullanımı, atıkların yok edilmesi ve yakılması, onarım ve yeniden üretimde lojistiğin rolü” olarak 1998’de Stock tarafından tanımlanmıştır (Karaçay, 2005).

90’ların sonunda Rogers ve Tibben-Lambke (1999) tersine lojistiği hedef ve süreçlerin önemini göz önünde bulundurarak şöyle tanımlamışlardır (Dekker ve diğerleri, 2004):

“...plânlama süreci, uygulama ve etkinlik kontrolü, hammaddelerin mâliyet etkin akışı, stok süreçleri, bitmiş ürün, yeniden değer elde etme ve uygun imha amacı ile tüketiciden üreticiye ilgili bilgi akışıdır.”

Dowlatsahi (2000) tersine lojistiği, tüketim noktasından gönderilmiş ürün veya parçaların olası geri kazanım, yeniden üretim veya yok etme için üretici tarafından sistematik olarak kabul edilmesi süreci olarak tanımlamıştır (Karaçay, 2005).

Yapılan tanımlarda tersine lojistiğin farklı kıstasları görülmektedir. Stock’un tanımı atık azaltma ve tersine lojistiğin çevre yönetimindeki rolü üstünde durmaktadır. Pohlen ve Forris, ürün akış yönünü, alıcı ve göndericinin tedârik zincirindeki yerini gösterir. Rogers ve Tibben-Lembke ürün akış yönetimine bakarak kapalı çevrim tedârik zinciri oluşturur. Tanımların ortak yönü ise ürünlerin üreticiye dönüşünü içermeleridir.

Tersine lojistik, farklı açılardan ele alınabilir. Temel olarak üç açıdan karakterize edilebilir ve buna uygun tanım yapılabilir (Fleischmann, 2001):

1. Tersine lojistik, lojistik sistemlerin büyüyen elemanı olarak görülmektedir. Geleneksel olarak tedârik zincirleri tek yönlü yapı ile tanımlanmışlardır. Ganeshan ve diğerlerinin (1998)’de belirttiği gibi “...tedârik zincirinin en çok bilinen tanımı tedârikçi, üretici, dağıtıcı, perakendeci ve müşterilerden oluşan sistemdir. Bu sistemde ürün akışı tedârikçiden müşteriye doğru ve bilgi akışı her iki yönde olur.” Tersine lojistik ters yönde ürün akışı olarak tanımlanmıştır. Ancak organizasyonlarda malzeme akışının aşağı doğru sınıflandırılmadığı lojistik ağının geliştiği görülmektedir. Bu durumda tersine akışların resmin bütününden ayrılması doğru değildir.

2. Tersine lojistik, orijinal kullanımı tamamlanmış veya kullanılması olanaklı olmayan ikincil ürünlerin akışı olarak düşünülür. Bu nedenle, tersine lojistik plânlanan veya gerçekten fark edilen geçmiş kullanım türevlerinden söz etmektedir. Amaç, imha ya da bazı geri kazanım formları ile açığa çıkan ürünlerin ekonomik değerini en büyük yapmaktır.
3. Tersine lojistik daha çok alıcı tarafı ifâde etmektedir. Bu yüzden tersine lojistik, tedârik lojistiğinin özel bir durumudur, denilebilir.

Bu üç açıdan bakıldığında tersine lojistik, geri kazanım veya uygun imha amaçlı geleneksel tedârik zinciri yönünün tersine, ikincil ürünlerin ve ilgili bilginin verimli, etkin tedârik akışının ve depolanmasının plânlanması, uygulanması ve kontrolü süreci olarak tanımlanabilir (Fleischmann, 2001).

“Tüketim noktasından orijin noktasına doğru olan tüm ürün ve bilgi akışlarının yönetimi süreci” olarak tanımlanan tersine lojistik, ürünleri geri almanın ve ürün geri kazanımının sistematik bir şeklidir ve akademik yazında tedârik zinciri süreçlerinden biri olarak yer almaktadır (Karaçay, 2005).

Çizelge 2.1’de tersine lojistik tanımındaki unsurlar toplu halde gösterilmektedir (Karaçay, 2005).

**Çizelge 2.1:** Tersine lojistik unsurları.

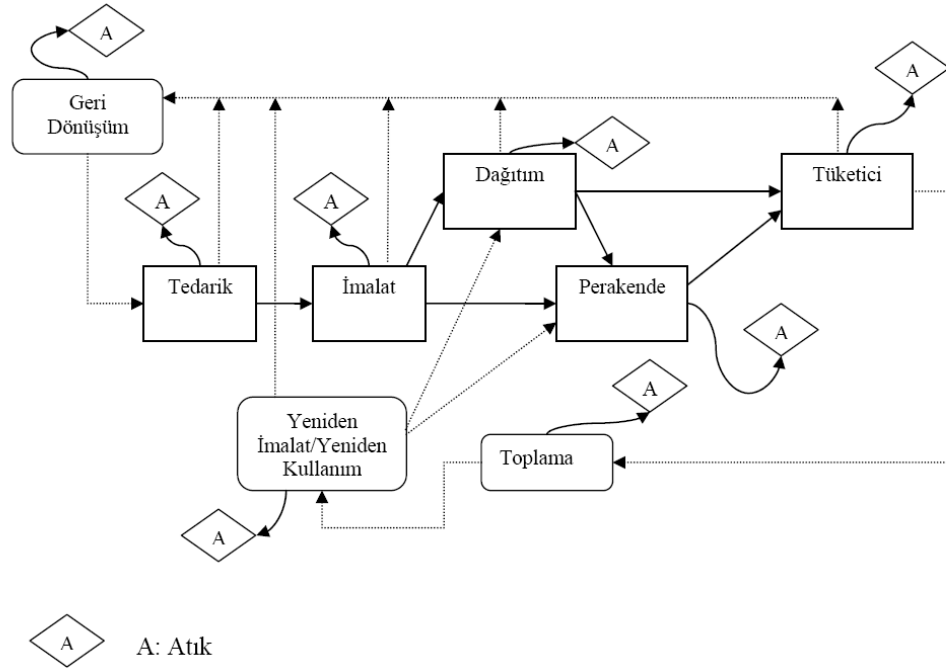
| Nedir ?                | Girdiler                                            | Etkinlikler                                | Çıktı                          | Nereden ?       | Nereye ?          |
|------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|-----------------|-------------------|
| Süreçler               | Atılmış ürünler                                     | Etkili ve mâliyet etkin akışın plânlanması | Yeniden kullanılabilen ürünler | Tüketim noktası | Üretici merkezi   |
| Görevler               | Kullanılmış ürünler                                 | uygulanması ve kontrolü                    | Geri dönüşüm                   |                 | Toplama noktaları |
| Yetenek ve etkinlikler | Daha önce gönderilmiş ürün ve parçalar              | Toplama                                    | Yeniden üretim                 |                 | Orijin noktası    |
|                        | Zararlı ve zararlı olmayan atıktan ürün ve paketler | Nakliye                                    | Yok etme                       |                 |                   |
|                        |                                                     | Depolama                                   | Azaltma                        |                 |                   |
|                        |                                                     | İşleme                                     | Yönetme                        |                 |                   |
|                        | Hammadde                                            | Kabul                                      | Geri alım değeri               |                 |                   |
|                        | Bilgi                                               | Geri kazanım                               |                                |                 |                   |
|                        | Süreç içi stoklar                                   | Paketleme                                  |                                |                 |                   |
|                        | Nihaî ürün                                          | Gönderme                                   |                                |                 |                   |
|                        |                                                     | Azaltma                                    |                                |                 |                   |
|                        |                                                     | Yönetme                                    |                                |                 |                   |
|                        |                                                     | Yok etme                                   |                                |                 |                   |

## 2.2 Tersine Tedârik Zinciri ve İleri Tedârik Zinciri Yönetimi

Quinn (1997) tedârik zincirini, malzemenin, hammadde hâlinde son kullanıcıya kadarki tüm aşamalarında araştırma ve tedârik, üretim çizelgeleme, sipariş işleme, stok yönetimi, nakliye, depolama ve müşteri hizmeti gibi ilgili etkinlikler olarak tanımlamıştır (Karaçay, 2005). Bu etkinliklerin izlenmesi için ilgili bilişim sistemi ve yönetimi de tedârik zinciri içinde ele alınmalıdır. Tedârik Zinciri Komisyonu (Supply Chain Council) ise tedârik zincirini, üretim ve son ürünün dağıtımını da içeren, tedârikçinin tedârikçisinden, müşterinin de müşterisine uzanan aşamalarda her türlü işlemi içeren bir kavram olarak tanımlamıştır (Karaçay, 2005). Bu etkinliklerin yönetimi de tedârik zinciri yönetimi adını almaktadır. Tedârik zinciri ile kastedilen, geleneksel ileri tedârik zinciri yönetimidir.

Tersine tedârik zinciri yönetimi, ürün geri çağırma ve garanti ve satış sonrası hizmet, yaşam sürelerini tamamlamaları, kullanım olanağı kalmamış ya da kalitesizlik gibi nedenlerle iade edilen ürünlerin, tüketim noktalarından toplanması, test edilmesi ve bu ürünlere değer katılarak yeniden ekonomiye kazandırılması çalışmalarını içermektedir (Erol ve diğerleri, 2006).

Kapalı çevrim tedârik zinciri, içinde ileri ve geri ürün akışını taşıyan tedârik zincirleridir. Kapalı çevrim tedârik zincirlerini içeren çalışmalar son yıllarda artmıştır. Şekil 2.1’de kapalı çevrim tedârik zinciri yapısı görülmektedir (Erol ve diğerleri, 2006).



**Şekil 2.1:** Kapalı çevrim tedârik zinciri.

(Düz oklar ileri tedârik zincirini, kesikli oklar tersine tedârik zincirini göstermektedirler.)

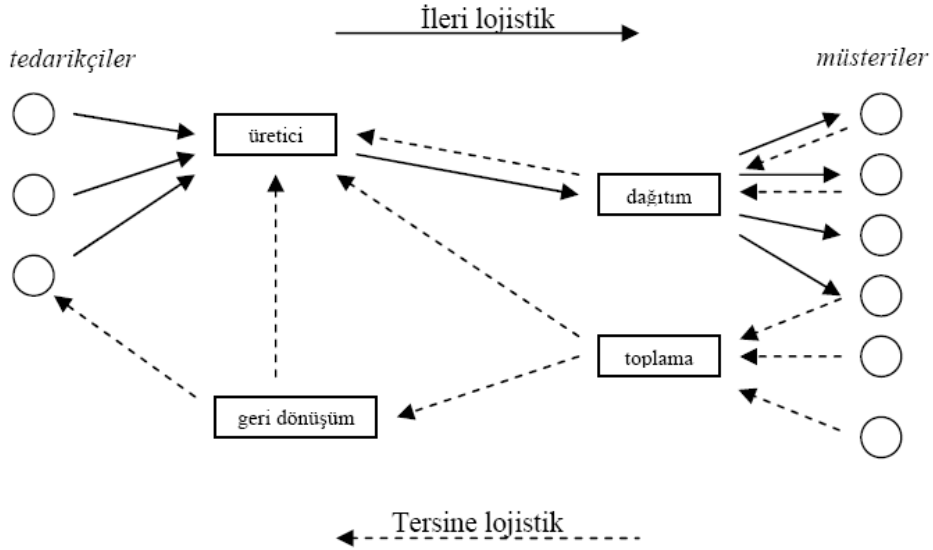
Kapalı çevrim tedârik zinciri, ileri tedârik zinciri faaliyetlerinin yanında ürün toplama, tersine lojistik, test etme / ayırma / sınıflandırma, geri kazanım ve pazarlama gibi tersine tedârik zinciri etkinliklerini de içermektedir (Erol ve diğerleri, 2006). Sözü geçen kavramlar ileriki bölümlerde tanımlanacaktır.

Tersine lojistik ağı, kullanılmış ürünlerin piyasada olduğu pazar ile yeni ürünlerin piyasada olduğu pazar arasında bir ilişki kurar. Bu iki pazar birleştiğinde kapalı çevrim ağı diğer durumda açık çevrim ağı adını alır (El-Sayed, Afia ve El-Kharbotly, 2008). Konteyner ve paletler gibi yeniden kullanılabilir nesneler ve film kiralama sistemleri kapalı çevrim ağ yapısına örnek olarak verilebilir (Fleischmann ve diğerleri, 2000).

### 2.3 Tersine Lojistik ve İleri Lojistik Karşılaştırması

İleri ve tersine lojistikte dağıtımın bütünleştirilip bütünleştirilmemesi, ileri ve tersine tedârik zincirindeki önemli konulardan biridir. Dikkat edilmesi gereken, tersine dağıtımın, ileri dağıtımın simetrik bir yansıması olmasının gerekmediği ve iki

dağıtımın bazı farklılıklar içereceğidir. Şekil 2.2’de en yalın şekli ile iki dağıtımın olası akışları gösterilmiştir (Karaçay, 2005).



**Şekil 2.2:** İleri ve tersine dağıtım.

Çizelge 2.2’de öncelikle ileri lojistik ile tersine lojistiğin karşılaştırması yapılmakta, daha sonra karşılaştırmalar ile ilgili gerekli açıklamalar verilmektedir (Karaçay, 2005; Soner ve Onut, 2007 ; Tuzkaya ve diğerleri, 2007; Bıyık ve diğerleri, 2007; Fleischmann ve diğerleri, 2000; Demirel ve Gökçen, 2008; Gülsün ve diğerleri, 2008).

**Çizelge 2.2:** İleri ve tersine lojistik karşılaştırması.

| <b>İleri Lojistik</b>                                             | <b>Tersine Lojistik</b>                                          |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Tahminler göreceli olarak açık/belirgindir.                       | Tahminler daha zordur.                                           |
| Taşıma birden çoğa doğrudur.                                      | Taşıma çoktan bire doğrudur.                                     |
| Ürün kalitesi standarttır.                                        | Ürün kalitesi standart değildir.                                 |
| Ürün paketleme bir örnektir.                                      | Ürün paketi çoğunlukla zarar görmüştür.                          |
| Gidilecek yer/rotalama belirlidir.                                | Gidilecek yer/rotalama belirli değildir.                         |
| Kanallar standartlaştırılmıştır.                                  | İstisnalarla yönlendirilir.                                      |
| Fiyat genellikle standarttır.                                     | Fiyatlama birçok etmene bağlıdır.                                |
| İleri dağıtım mâliyetleri, muhasebe sistemi ile yakından izlenir. | Tersine lojistik mâliyetleri daha az belirgindir.                |
| Stok yönetimi tutarlıdır.                                         | Stok yönetimi tutarlı değildir.                                  |
| Taraflar arası anlaşmalar açık ve anlaşılardır.                   | Taraflarla anlaşmalar ek varsayımlar nedeniyle daha karmaşıktır. |
| Pazarlama yöntemleri belirlidir.                                  | Pazarlama daha karmaşıktır.                                      |
| Süreç izlenebilirliği kolaydır.                                   | Süreçlerin izlenebilirliği daha azdır.                           |

- Geri dönen ürün miktarı ve zamanlaması belirsizdir ve firmanın ürettiği her ürün için farklı bir dönüş oranı geçerlidir. Tersine lojistik, içerdiği bu belirsizlikler nedeniyle tahminlerin, plânlamaların ve kontrollerin yapılması daha zor bir akış türüdür.
- İleri lojistikte ürün akışı bir orijin noktasından birçok dağıtım noktasına doğru iken, tersine lojistikte ürün akışı birden çok tüketiciden bir üreticiye doğrudur. Hız ve mâliyet kazancı elde etmek için geri alımlar, perakendeciler aracılığı ile de gerçekleştirilebilir. İleri ve tersine lojistiğin bazen aynı dağıtım veya toplama noktalarına sahip olması, bunların bütünleştirilebileceği anlamına gelmez.
- İleri lojistikte ürün ve paketleme standarttır ve aynı kalitededir, böylece taşıma kolaylaştırılmış ve taşıma mâliyetleri düşürülmüş olunur. Ancak, geri dönüşlerde paketleme tam olarak yapılmaz. Bunun yanında, dönen ürün miktarı giden yeni ürün miktarı kadar çok olmadığı için taşımayı kolaylaştıran paketlemeler (paletler, konteynerler) kullanılamamaktadır. Geri dönen ürünlerde paketlemenin standart olmaması, üretici firmanın ve çalışanın ürünü tanımasını güçleştirmektedir.
- Geri dönen ürünler standart kalitede olmadığından tedârikçi, tüketiciye satın aldıkları ürün miktarı, ürünün kullanılma süresi, ürünün yeniden kullanılabilecek parça sayısı, ürünün modeli ve diğer birçok etmene bağlı olarak farklı fiyatlar uygulayabilir.
- İleri lojistik mâliyetleri tanımlı ve belirlidir. İleri akış boyunca oluşacak mâliyetleri izleyecek şekilde muhasebe sistemleri tanımlanmıştır. Tersine lojistikte ise farklı mâliyetler, ileri lojistikten farklı şekilde oluşmaktadır. İleri ve tersine lojistiğe ilişkin mâliyetlerin karşılaştırması Çizelge 2.3'te yapılmıştır. Nakliye işlemleri ile ilgili mâliyetler, tersine lojistiğin en önemli mâliyetlerinden biridir. Paketlemenin tam olarak yapılmaması ve taşınacak miktarın çok olmaması, taşıma mâliyetlerini artırır. Geri dönen ürün miktarı daha az olduğu için stok bulundurma mâliyetinin daha düşük olması beklenebilir. Ürünün ikinci el pazardaki değeri ise paketlemenin düzgünlüğü, bozulmalar ve mevsimsel dalgalanmalar gibi etmenlere bağlı olarak düşebilir.

**Çizelge 2.3:** Tersine lojistik mâliyetlerinin ileri lojistik mâliyetleri ile karşılaştırılması.

| Mâliyet Kalemleri          | İleri Lojistik Mâliyetleri ile Karşılaştırması     |
|----------------------------|----------------------------------------------------|
| Taşıma                     | Daha yüksek                                        |
| Stok bulundurma mâliyeti   | Daha az                                            |
| Fire/kayıp                 | Çok az                                             |
| Eskime                     | Daha yüksek olabilir                               |
| Toplama                    | Çok yüksek, daha az standartlaştırılmış            |
| Sınıflama/kalite tanımlama | Çok daha yüksek                                    |
| Yenileme/yeniden paketleme | İleri lojistikte yok, tersine lojistik için önemli |

- Tersine lojistikte klasik stok kontrol yöntemlerinde geçerli olan varsayımların çoğu uygulanamamaktadır. Uygulanamamasının en önemli nedeni, tersine kanallara giren ürünler, bunların miktarları, ürünlerin satış fiyatları ve bu ürünlere olan talep gibi değişkenlerin ortam belirsizliğini artırmasıdır.
- İleri tedârik zincirindeki taraflar (tedârikçi ve müşteri) ile anlaşmalar yapılması daha kolaydır. Ancak ürünün bir örnek olmadığı, miktarın ve fiyatın belirsiz olduğu, talebin değişken olduğu tersine lojistikte anlaşmalar daha karmaşıktır.
- İleri lojistikte akışın izlenmesi, tersine lojistiğe göre daha kolay olmaktadır. Kolay olmasının nedeni firmaların bilişim sistemlerini, geri dönüşleri izleyecek şekilde tasarlatmalarıdır. Bu da ürün gelişlerini izlemeyi kolaylaştırmakta, kısa dönemli operasyon plânları yapılmasını oldukça kolaylaştırmaktadır. Tersine lojistik yapan firmalar, merkezî toplama sistemlerinde geri dönen ürün izlemesini yapacak uygun bilişim sistemleri kullanarak plânların daha uzun dönemli ve etkin plânlar olmasını sağlayacaklardır.

## 2.4 Tersine Lojistik ve Yeşil Lojistik

Tersine lojistik ile yakından ilişkili olan yeşil lojistik arasındaki farkın üzerinde durmak yerinde olacaktır. Tersine lojistik ürünlerin geri kazanımı için bulundukları konumlardan nakliyesi için yapılan süreçleri ifâde etmektedir. Yeşil lojistik ise lojistiğin çevresel, ekolojik etkilerini anlamak ve bu etkileri en aza indirmektir (Rogers ve Tibben-Lembke, 1998).

Bazı yeşil lojistik aktiviteleri tersine lojistik olarak kabul edilmektedir. Örneğin; tekrar kullanılabilir taşıma kaplarının kullanılması ve yeniden üretim hem tersine lojistik hem yeşil lojistik etkinlikleridir. Ancak birçok yeşil lojistik etkinliği tersine

lojistik ile ilgili değildir. Örneğin; enerji tüketimini azaltmak, çevre dostu ambalajların tasarlanması tersine lojistik etkinlikleri değildir. Daha az plastik içeren ürünlerin tasarlanması yeşil lojistik etkinliği iken, yeniden kullanılabilir ambalajları kullanan ürünlerin üretilmesi tersine lojistik etkinliğidir (Rogers ve Tibben-Lembke, 1998).

## **2.5 Tersine Lojistik Uygulamalarının Önündeki Engeller**

### **2.5.1 Bilgi ve teknoloji sistemi eksikliği**

Tersine lojistik uygulamalarında firmaların yüzleştiği en ciddi problem, iyi bilgi sistemleri eksikliğidir. Ürün yaşam çevriminin birçok aşamasında tersine lojistiği destekleyen etkin bilgi ve teknoloji sistemleri çok gereklidir. Malzeme tipi ve üretimde kullanılan teknoloji, kullanım sonu veya ömür sonu ürünlerinin geri kazanım seçeneklerinin belirlenmesinde etkilidir. Mükemmel bilgi ve teknoloji sistemleri ürünün çevre, geri kazanım, yeniden kullanım ve benzeri durumlara uygun olarak tasarlanmasını sağlar. Geçmiş satışlarla ilişkili ürün geri dönüşleri, oluşacak ürün geri dönüşlerini tahmin etmeyi destekler ve bu da stok yönetimine yardımcı olur. Teknolojik sistemler, ürün geri kazanım etkinliklerinin plânlanması ve kontrol edilmesinde çok yararlı olur. Etkin tersine lojistik operasyonlarına ulaşmak için ilgili bağlantıların geliştirilmesinde bilgi desteğine gereksinim vardır (Ravi ve Shankar, 2005).

### **2.5.2 Ürün kalitesi problemleri**

Tersine lojistik uygulamalarının önündeki bir diğer engel ise kullanım sonu/ömür sonu geri dönen ürünlerin kalite durumlarıdır. Tersine lojistikte kalite, kalitenin düzgün olduğu ileri lojistik ile kıyaslandığında düzgün değildir. Yeniden üretilmiş ya da geri dönüştürülmüş ürünlerin toplam kalitesinde hedef en az kullanılmamış ürün kalitesine sahip olmalarıdır. Dönen ürün kalitesi herhangi bir aralıkta olabilir; hatalı, zarar görmüş, istenmeyen ürünler gibi. Bu da ürünün fiyatlandırılmasında çeşitliliğe neden olur. İleri kanallarda fiyatlandırma, satın alınan ürün miktarı gibi yorumlanması daha kolay etmenlere bağlı olarak belirlenir. Tersine lojistikte ürün toplama merkezine geldikten sonra test edilir ve uygun geri kazanım seçenekleri için nakil edilir. Bu durumda tersine lojistikte fiyatlandırma, ileri lojistiğe göre daha zordur (Ravi ve Shankar, 2005).

### **2.5.3 Kurum politikaları**

Kısıtlayıcı kurum politikaları, tersine lojistiğin önündeki önemli engellerden biridir. Yönetimin tersine lojistiği dikkate almaması, tersine lojistiğe önem verilmemesi kurum tarafından geliştirilen politikalara bağlıdır. Bu politikalara sahip olan firmalar, nihaî ürün kalitesini geri dönen ürünleri kullanarak tehlikeye atmak istememektedirler. Öyleyse, salt kullanılmamış birincil ürün üretmek için geliştirilen politikalar, geri dönen ürünlerin elleçlenmesini ve bu ürünlerden ikincil değer elde edilmesini etkilemektedir. Genişleyen üretimci sorumlulukları ile birçok firma geri kazanım seçeneklerini kendi tedârik zincirine katmaya başlamıştır. Kurumlar, sahip oldukları katı politikaları değiştirerek rakiplerini geçmeye başlamışlardır (Ravi ve Shankar, 2005).

### **2.5.4 Tersine lojistik değişimine karşı direnç**

Tersine lojistik uygulamalarına engel olan en büyük neden değişime karşı olan dirençtir, insan doğası temel engel olmaktadır. İnsanlar değişimi olabildiğince reddetmektedirler ve tersine lojistik, hem mantık hem işleyişte radikal değişimleri gerektirmektedir. Özellikle kısıtlı satın alma gücü olan firmalarda değişime karşı direnç oluşmaktadır. Firmalar varolan politikaları ve yapıyı değiştirmek yerine işlerini aynı doğrultuda sürdürmek istemektedirler. Pazarda rekâbetin artması ve kârın düşmesi, kurumların kullanılmış ürünlerin geri kazanımına olan ilgisini arttırmıştır. Tersine lojistik uygulamalarına uyum gösterilmesi, çevreye doğrudan yarar sağlamaktadır. Tersine lojistiğin ekonomik ve çevresel yararlarının farkında olmamak, tersine lojistik değişimine karşı direncin temel etmenidir. Tersine lojistik sistemleri yüksek ekonomik yatırım gerektirmektedir. Finansal kısıtlar, tersine lojistiğe karşı direnci etkilemektedir (Ravi ve Shankar, 2005).

### **2.5.5 Uygun performans ölçütlerinin eksikliği**

Tersine lojistik uygulamalarının önündeki engellerden biri de performans ölçütlerinin eksikliğidir. Performans ölçütleri, bütünleşik iş yönetim sistemlerinin temelini oluşturur. Basitçe uygulanan, ölçülenemeyen işin yönetilemeyeceğidir. Herhangi bir sistemde performans ölçümü, performans yönetimi, performans gelişimi, performans dokümantasyonu gibi işlemleri sağlayan anahtar elemandır. Eğer firmalar tersine

lojistik sistemlerine performans yönetimi yaklaşımlarını katarlarsa hedeflerine ulaşmada daha iyi bir konumda olurlar. Başarılı tersine lojistik programları, tüm süreçlerin etkin işbirliğini, değer geri kazanma veya uygun imha, çevre dostu ürünleri, performans ölçüm sistemlerini oluşturur. Performans ölçüm sistemleri ile tasarlanan ve beklenen tersine lojistik yapısı karşılaştırılarak, gerekli önlemler alınır (Ravi ve Shankar, 2005).

#### **2.5.6 Eğitim eksikliği**

Tersine lojistik uygulamalarının önündeki önemli engellerden biri, insan kaynakları eksikliğidir. Ticarî değişimlerin temel sorunu eğitimsizliktir. Herhangi bir organizasyonda eğitim, başarıya ulaşmak için öncelikli gereksinimdir. Tersine lojistik, üst katmanlardan alt katmanlara doğru kurum boyunca eğitimi gerekli kılar. Yenileme veya onarım teknolojilerinin sisteme girmesi ile personele yeni teknolojilere ve yeni uygulamalara uyum sağlamaları için yeterli eğitim verilmelidir. Eğitimler; ürün geliştirme, müşteri hesabı yönetimi gibi kritik iş işlevleri tarafından sağlanmalıdır. Böylece, yeni gelişim fırsatları oluşturulur ve çevresel konulara uyum sağlanır (Ravi ve Shankar, 2005).

#### **2.5.7 Finansal kısıtlar**

Tersine lojistik programlarının anahtar engellerinden biri finansal kısıtlardır. Ticarî değişimlerde mâliyetler birincil problemlerdir. Finans, tersine lojistikte altyapı ve insan gücü gereksinimini karşılayacaktır. Daha önce de söz edildiği gibi tersine lojistik için etkin bilgi ve teknoloji sistemleri gereklidir. Bu sistemler ile geri dönen ürünler izlenmekte ve geri kazanım süreçleri gerçekleştirilmektedir. Ancak, bu sistemler çok mâliyetlidir. Personel eğitimi de etkin tersine lojistik yönetimi için etkilidir ve bunun da şirket için mâliyeti vardır. Tüm bunlar tersine lojistiğin kârını arttırırken finansal desteğe gereksinim duymaktadırlar (Ravi ve Shankar, 2005).

#### **2.5.8 Üst yönetimin destek eksikliği**

Başarılı tersine lojistiğin ana engellerinden biri de üst yönetimin destek eksikliğidir. Firmalarda süreçlerin başarıya ulaşması ve kendini geliştirebilmesi için üst yönetimin desteği tam olarak alınmalıdır. Etkili liderlik, tersine lojistik programlarına açık vizyon ve değer sağlamak için gereklidir. Üst yönetim, tedârik zincirindeki tüm elemanların bütünleşmesini sağlayarak diğer organizasyon hedeflerine verdiği önem

kadar tersine lojistik etkinliklere de önem vermelidir. Stratejik plânlarda ve hareket plânlarında tersine lojistiğe sürekli destek sağlanmalıdır (Ravi ve Shankar, 2005).

### **2.5.9 Tersine lojistik bilgisinde eksiklik**

Tersine lojistiğin yararlarının bilinmemesi, tersine lojistiğin önündeki önemli engellerden biridir. Firmalar bunu bilseler bile, göreceli olarak tersine lojistiğe önem vermemeleri, tersine lojistiğin önündeki en büyük engel olarak görülmektedir. Firmaların hangi sektörde olduklarına bakılmaksızın; otomotiv, gıda, kâğıt vb. ürün geri dönüşleri artan vakalardır. Günümüzde birçok tüketim ürünü, kısa yaşam çevrimine sahiptir. Tüketiciler için geniş ürün çeşidinin olması, satılmayan ürün, geri dönüş oranı, paketleme malzemelerinin ve atıkların artışıyla sonuçlanmaktadır. Bu yüzden, birçok endüstride dışarıdan tedârik zinciri ağına geri gelen ürün ve parçaların yönetimi, sorun oluşturmaktadır. Tersine lojistik, geri gelen ürünlere yeniden kullanım, yeniden üretim, geri dönüşüm ya da bunların kombinasyonları ile değer katarak ekonomik yarar sağlar. Tersine lojistik uygulamalarının çevreye doğrudan yararları vardır. Bu yararların bilgisinden yoksunluk, tersine lojistiğin önündeki ana engellerdendir (Ravi ve Shankar, 2005).

### **2.5.10 Stratejik plân eksikliği**

Daha önce hiç olmadığı kadar, ekonomi ve e-ticaret, şirketlerin, tersine lojistiği, stratejik plânlarının bir parçası yapmalarını istemektedir. Varolan endüstri ortamında tersine lojistik, stratejik silah olarak kullanılabilir. Stratejik plânlama, tersine lojistik hedeflerinin belirlenmesi ve bu hedeflerin yönetimi için uzun dönem plânlarının ayrıntılandırılmasıdır. Şimdiki durumda, teknolojiye hızlı değişime ve rakipler, tüketiciler ve tedârikçilerin davranışlarındaki değişikliğe bağlı olarak tersine lojistik programları, stratejik plânlamaya gereksinim duymaktadır. Tersine lojistiğin herhangi bir organizasyonda uygulanması için, küresel pazarda organizasyon yaşamı için hedeflere ulaşmada stratejik plânlama çok önemlidir (Ravi ve Shankar, 2005).

#### **2.5.11 Bayilerin, daşıtıcıların ve perakendecilerin destek eksikliği**

Tersine lojistik uygulamalarının önündeki bir diğer önemli engel ise bayiler, daşıtıcılar ve perakendecilerin destek eksikliğidir (Ravi ve Shankar, 2005). Tersine lojistik ağı elemanlarının desteğinin eksik olması sistemin yavaş işlemlerine ve verimli olmamasına neden olmaktadır.



### **3. TERSİNE LOJİSTİKTE NEDEN, NASIL, NE VE KİM**

Tersine lojistiğin temelleri 4 ana başlık altında analiz edilebilmektedir (Dekker ve diğerleri, 2004) : Neden, nasıl, ne ve kim ?

Neden geri dönüşüm olur ? Şirketler ve kurumları tersine lojistikte aktif olmalarını sağlayan güçler nelerdir ? Alıcı ve gönderici için geri akışın nedenleri nelerdir ?

Tersine lojistik pratikte nasıl çalışır ? Tersine lojistik sistemleri tarafından yapılan süreçler nelerdir ? Tersine zincirden değer nasıl elde edilir ?

Geri dönen nedir ? Geri dönüşü cazibeli yapan ürün özellikleri nelerdir ?

Tersine lojistik etkinliklerini kim yerine getirir ? Aktörler ve tersine lojistikteki rolleri nelerdir ?

#### **3.1 Tersine Lojistikte Neden**

##### **3.1.1 Tersine lojistiğe neden olan güçler**

Genel olarak kurumlar, tersine lojistiğe aşağıdaki nedenlerden dolayı dâhil olmaktadır:

1. Kâr sağlamak
2. Yasal zorunluluklar
3. Sosyal motivasyon

Buna bağlı olarak tersine lojistiğe etki eden güçler üç ana başlıkta toplanmaktadır (Dekker ve diğerleri, 2004 ; Mutha ve Pokharel, 2008 ; Fleischmann ve diğerleri, 2000):

1. Ekonomik nedenler (dolaylı ya da dolaysız)
2. Kurallar, yasalar
3. Kurumsal sorumluluk

### 3.1.1.1 Ekonomik nedenler

Tersine lojistik programı, kurumlara, hammadde kullanımını azaltma, geri dönüşe değer katma, yok etme mâliyetlerini azaltma ile doğrudan kâr sağlar. Bağımsız girişimciler, gereksiz ve ıskarta ürünlerin, malzemelerin dağıtım pazarlarında sunduğu finansal fırsatlardan dolayı bu alana girmişlerdir. Metal hurda komisyoncuları, metal hurdalarını toplayıp çelik işi yapanlara aktarırlar ve onlar da hammaddelerine kullanılmış metali katarak maliyetlerini düşürmektedirler. Elektronik endüstrisinde de birçok ürün, kullanım ömrünün sonuna kısa bir periyotta ulaşır; ama ürünlerin bileşenleri ekonomik değere sahiptir (Dekker ve diğerleri, 2004). Amerikan firmalarından biri olan ReCellular 1990'ların başından itibaren oda telefonlarını yenileyerek, telefonlara gelişen teknolojiyi katarak nasıl ekonomik üstünlük sağlanabileceğini göstermiştir (Guide ve diğerleri, 2001).

Fark edilir ya da anında görülür beklenen bir kâr olmasa bile firmalar, pazarlama, rekâbet ve stratejik nedenlerden dolayı tersine lojistik yapar ve bu durum onlara stratejik kazanç sağlar. Gelecek yasalara uyumu kolaylaştırmak ve yasalara hazırlanmak için firmalar stratejilerini bu doğrultuda belirleyebilirler (Karaçay, 2005). Şirketlerin gelecek yasalara uyum sağlayabilmek için önceden geri kazanım yapması, bunun için bir örnektir (Louwers ve diğerleri, 1999). Giderek artan çevre sorunlarına karşı daha duyarlı olmaya başlayan müşteriler ile daha iyi ve yakın ilişkiler içinde olmak için ürün geri kazanım etkinliklerini uygulayabilirler. Böylece oluşturulan yeşil imaj ile dolaylı ekonomik kazanç elde ederler (Büyüközkan ve Vardaloğlu, 2008; Fleischmann ve diğerleri, 2000). Yeniden üretim veya geri dönüşümle geri dönen üründen yeni ürün elde etmek, daha az enerji tüketimini sağladığı gibi, hammadde ve değer kazanımını sağlaması ile daha kârlıdır (Karaçay, 2005).

Rekabet açısından bakıldığında kurum, geri alma ile rakiplerinin teknolojisini taklit etmesini ya da pazara girmesini önleyebilir. IBM'in geri kazanım yapma nedenlerinden biri komisyoncuların kullanılmış malı ikincil pazarlara satmasını önlemektir (Fleischmann ve diğerleri, 2002). Geri kazanım, imaj güçlendirme çalışması da olabilir. Canon bu amaçla fotokopi makinalarına geri kazanım uygulamıştır. Bir örnek de lastik üreticisidir. Firma, müşteri memnuniyetini arttırmak

için müşterilerine yeniden dış açma seçeneği önermektedir (Guide ve diğerleri, 2001).

Ekonomik nedenlerin doğrudan ve dolaylı kazanımları aşağıdaki gibidir (Dekker ve diğerleri, 2004):

**Çizelge 3.1:** Ekonomik nedenlerin doğrudan ve dolaylı kazanımları.

| <b>Doğrudan kazanımlar</b> | <b>Dolaylı kazanımlar</b>           |
|----------------------------|-------------------------------------|
| Malzeme girişi             | Tahmin edilen/engellenen yasalar    |
| Mâliyet düşüşü             | Pazarı koruma                       |
| Katma değerli geri kazanım | Yeşil imaj (çevresel imaj)          |
|                            | Gelişmiş müşteri/tedarikçi ilişkisi |

### **3.1.1.2 Yasalar**

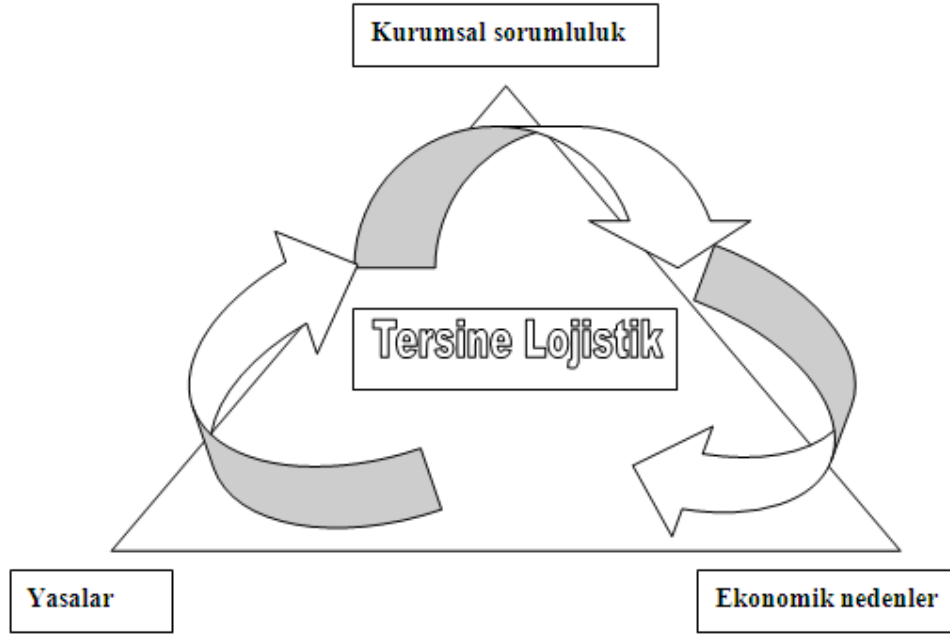
Yasalar ile kastedilen, kuruma ürünlerini geri almalarını ve geri kazanmalarını söyleyen yargılardır (Guide ve diğerleri, 2001). Yerine getirmeleri gereken yasal düzenlemeler nedeni ile firmalar, tersine lojistik etkiliklerini gerçekleştirirler (Karaçay, 2005 ; Fleischmann ve diğerleri, 2000). Gömme ve yakma kapasitesinin azalması, çevreye verdikleri zararlar ve hammadde kaynaklarının tükenmesinden dolayı özellikle Avrupa’da çevresel yasalarda önemli artış vardır (Östlin ve diğerleri, 2008). Bu yasalar; geri kazanım kotaları, paketleme kuralları, üretim geri alma sorumluluklarını içermektedir (Dekker ve diğerleri, 2004). Otomobil, elektrik ve elektronik endüstrisi, özel yasal baskı altındadır (Kumar ve Putnam, 2008; Cruz-Rivera ve Ertel, 2008 ). Avrupa Birliği tarafından yayımlanan Atık Elektrik Elektronik Eşyaların Kontrolü ve Yönetimi Yönergesi, Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönergesi, Ambalaj ve Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönergesi, Katı Atıkların Kontrolü Yönergesi, Hayat Seyrini Tamamlamış Taşıt Araçları Yönergesi bulunmaktadır (Erol ve diğerleri, 2008 ; Kumar ve Putnam, 2008; Cruz-Rivera ve Ertel, 2008 ). Yasalar üreticileri ürettikleri ürünlerden tüm yaşam çevrimi boyunca sorumlu tutmaktadır. Firmalar atık ürünleri belirlenen oranlarda geri kazanmak zorundadırlar.

### **3.1.1.3 Kurumsal sorumluluk**

Kurumsal sorumluluk; firmaların, organizasyonların içerdikleri değerler ve ilkeler kümesine bağlı olarak tersine lojistik etkinliklerinde bulunmasını sağlar (Dekker ve diğerleri, 2004). Günümüzde Shell gibi firmalar, sosyal ve çevresel nedenlerin

öncülük kazanması ile kurumsal sorumluluk altında geniş projelerde bulunmaktadır (<http://www.shell.com>).

Şekil 3.1’ de tersine lojistiğe neden olan güçler gösterilmiştir (Dekker ve diğerleri, 2004).



**Şekil 3.1:** Tersine lojistiğe neden olan güçler.

### 3.1.2 Tersine lojistikte geri dönüş nedenleri

Ürünler artık fonksiyonlarını yerine getiremiyorsa, onlara daha fazla gereksinim duyulmuyorsa geri gönderilir ya da atılırlar. Bıyık ve diğerleri (2007), Aras ve Aksen (2007) ve Östlin ve diğerleri (2008)’nin çalışmalarının da yer aldığı tersine lojistik ile ilgili çalışmalarda geri dönüş nedenlerinden söz edilmektedir. Genel olarak geri dönüş nedenlerini, göndericiler açısından 3 başlıkta inceleyebiliriz (Dekker ve diğerleri, 2004):

- Üretim dönüşleri
- Dağıtım dönüşleri
- Müşteri dönüşleri

#### 3.1.2.1 Üretim dönüşleri

Üretim aşamasında parçaların ya da ürünlerin geri dönüşüdür. Hammadde fazlalığı olabilir, yeniden işlenmesi gereken, kalite testinden geçemeyen ara veya son ürün

olabilir, üretimde ürün fazlalığı olabilir. Özetle üretim geri dönüşleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (Dekker ve diğerleri, 2004):

- Hammadde fazlası ürünler
- Kalite kontrolden dönenler
- Üretim fazlası ürünler

### **3.1.2.2 Dağıtım dönüşleri**

Dağıtım aşamasında oluşan dönüşlerdir. Ürün geri alımı, ürün ticarî dönüşleri, stok ayarlama ve işlevsel dönüşlerden oluşur. Ürün geri alımı, güvenlik ya da sağlık gibi nedenlerden dolayı ürünün geri toplatılmasıdır. Bu aşamayı genellikle üretici ya da tedârikçi başlatır. B2B ticarî geri alımları, perakendecinin sözleşme maddesine göre ürünü tedârikçiye göndermesidir. Taşıma sırasında yanlış gelmiş ya da zarar görmüş, raf ömrü dolmuş (ilaç ve gıda gibi), satılamamış ürünler üretici veya tedârikçiye gönderilir. Stok ayarlama dönüşleri, zincirdeki bir aktörün stokları yeniden dağıtması ile olur. Depolar ve mağazalar arasında, mevsimlik ürünlerde olduğu durumlarda oluşur (Dekker ve diğerleri, 2004). Dağıtım dönüşlerinden biri olan işlevsel dönüşler, palet ve konteyner gibi zincir içinde ileri geri hareket eden ürünlerin dönüşleridir. Taşıma ürünlerinin dönüşleri olarak da tanımlanabilir (Dekker ve diğerleri, 2004 ; Östlin ve diğerleri, 2008).

Özet olarak dağıtım dönüşleri:

- Ürün geri toplanması
- B2B ticarî geri alımları
- Stok ayarlamaları
- İşlevsel dönüşler

### **3.1.2.3 Müşteri dönüşleri**

Ürünün son kullanıcıya ulaştıktan sonra geri alımlardır. Nedenleri şunlardır (Dekker ve diğerleri, 2004):

- B2C ticarî geri alımları (ödeme garantileri)
- Garanti dönüşleri
- Hizmet dönüşleri

- Kullanımı sonlanmış ürün dönüşleri
- Ömrü sonlanmış ürün dönüşleri

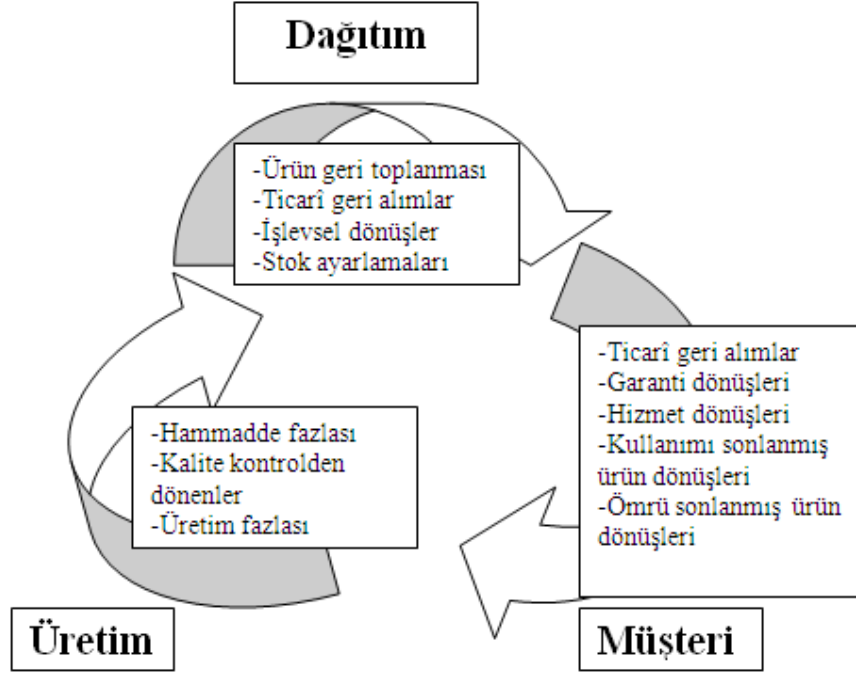
B2C ticarî geri alımları, müşteriler ürünü aldıktan sonra üründen hoşnut kalmadıkları takdirde kısa bir zaman içinde yapılabilen geri alımlardır. Bu duruma örnek olarak kıyafetlerin beden, renk, fabrika özelliklerinin uyumlu olmamasından dolayı geri verilmesi ve yerine ürün bedelinin ya da yeni ürünün geri verilmesidir (Dekker ve diğerleri, 2004 ; Östlin ve diğerleri, 2008).

Sigorta ve hizmet dönüşleri kullanımı boyunca doğru çalışmayan ürünlerde veya ürünlerin hizmetten yararlanabileceği durumlarda görülür. Onarım sürecinde hangi parçanın ne zaman, ne miktarda gerekli olacağı belli değildir. Sigorta dönüşü olan ürünler onarılabilir, bedeli geri verilebilir ya da yeni ürün verilebilir. Sigorta süresi dolmuş ürünlerin işlemleri ücretli yapılır (Dekker ve diğerleri, 2004).

Kullanım sonu dönüşleri, ürünün kullanımının belli bir evresinde yapılan, geri verme üstünlüğü olan ürünlerdir. Bu durum; kiralamada, konteyner ve şişe gibi geri dönebilen taşıma kaplarında ya da amazon.com gibi ikinci el marketlerde görülür (Dekker ve diğerleri, 2004 ; Östlin ve diğerleri, 2008).

Ömrü sonlanmış ürün dönüşleri, kullanım ömrü ekonomik olarak ya da fiziksel olarak sonlanmış ürünlerdir. Bu ürünler, geri alma yasaları ile orijinal ekipman üreticileri tarafından geri alınmakta ya da değerli malzemeler için komisyoncular tarafından geri alınmaktadır (Dekker ve diğerleri, 2004 ; Östlin ve diğerleri, 2008).

Şekil 3.2’de tedârik zincirinin üç katmanındaki (üretim, dağıtım ve müşteri) geri dönüş nedenleri görülmektedir (Dekker ve diğerleri, 2004).



**Şekil 3.2:** Tersine lojistikte geri dönüş nedenleri.

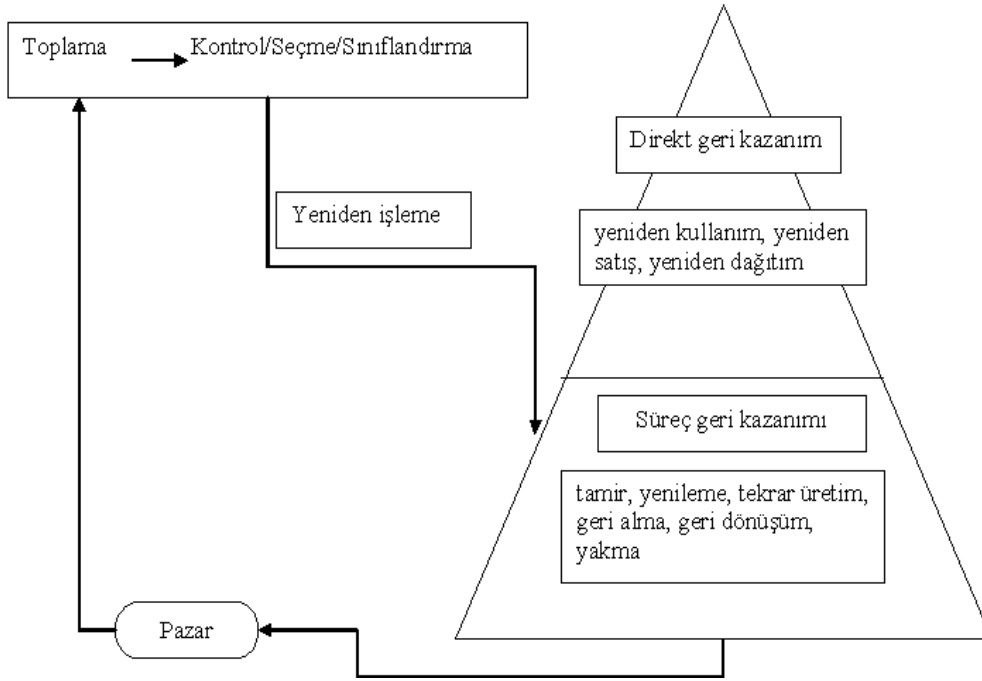
### 3.2 Tersine Lojistikte Nasıl

Nasıl bakış açısı ile “Tersine lojistikteki süreçler pratikte nasıl uygulanır ?” ve “Ürünlerden değer kazanma nasıl olur ?” sorularına yanıt aranır.

Geri alım, tüm tersine lojistik süreçleri içinde salt bir etkinliktir. Öncelikle toplama, sonra bütünleşik kontrol (test) / seçim / sınıflama süreci, üçüncü olarak geri kazanım süreci (doğrudan veya yeniden işlenmiş olarak) ve son olarak yeniden dağıtım süreci gelir.

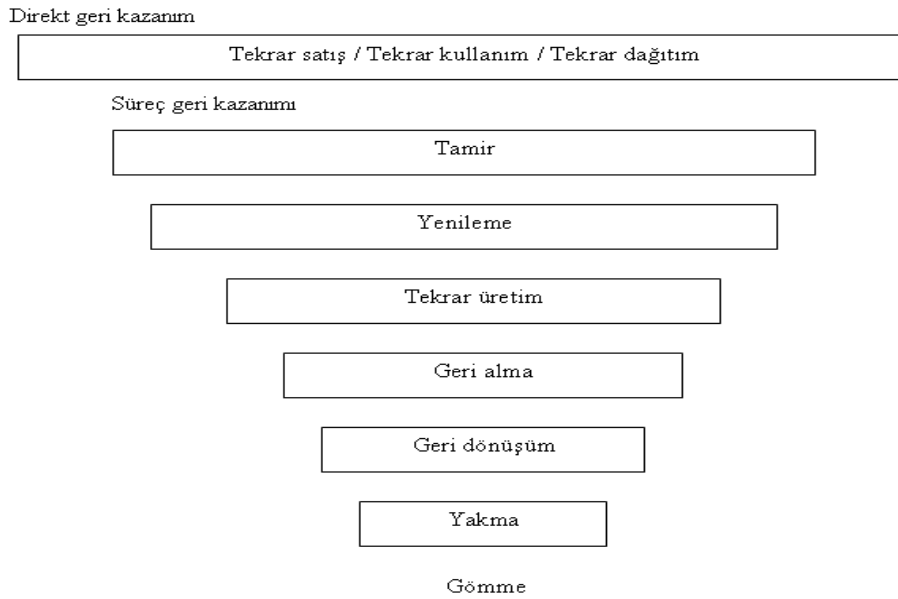
Toplama, müşteriden ürünü alıp geri alma noktasına getirmektir. Bu noktada ürünler kontrol edilir, kaliteleri atanır, geri alım tipine karar verilir. Sonra ürün sınıflandırılır ve geri alıma bağlı olarak yönlendirilir. Eğer ürün kalitesi, yeni ürün kalitesine yakınsa ürün pazara yeniden kullanım, yeniden satış ve yeniden dağıtım için hemen gönderilir. Ürün kalitesi, yeni ürün kalitesine yakın değilse talebe bağlı olarak yeniden işlenebilir. Yeniden işleme farklı düzeylerde oluşur: ürün düzeyinde (tamir), modül düzeyinde (yeniden cilalama), bileşik düzeyinde (yeniden üretim), seçilmiş parça düzeyinde (yeniden düzeltme), malzeme düzeyinde (geri dönüşüm) ve enerji düzeyinde (yakma). Bu geri kazanım süreçlerinden hiç biri uygulanmazsa, ürünler toprağa gömülür (Dekker ve diğerleri, 2004).

Şekil 3.3'te tersine lojistikte yeniden işlemenin değişik aşamaları görülmektedir.



**Şekil 3.3:** Tersine lojistikte süreçler.

Şekil 3.4'te geri kazanım seçenekleri ters piramit ile gösterilmiştir.

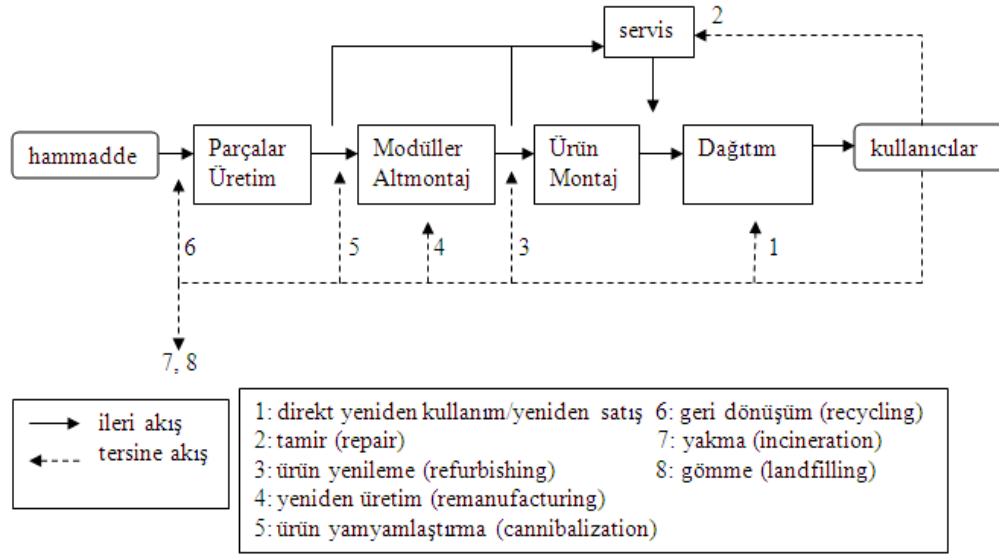


**Şekil 3.4:** Geri kazanım seçenekleri tersine çevrilmiş piramit.

Şekil, geri kazanım seçeneklerini yeniden işleme düzeylerine göre sıralamıştır. Piramidin en üst kısmında küresel düzeyler, ürün ve modül işlemleri gibi, piramidin

en alt kısmında daha özel düzeyler, malzeme ve enerji işlemleri gibi bulunmaktadır (Dekker ve diğerleri, 2004).

Tersine lojistikte ürün geri kazanım etkinlikleri, Şekil 3.5'te süreçler bazında gösterilmektedir (Karaçay, 2005). Şekil 3.5'te belirtilen ve yukarıda söz edilen tüm ürün geri kazanım süreçleri aşağıdaki gibi açıklanabilir:



**Şekil 3.5:** Ürün geri kazanım opsiyonları.

**Toplama:** Müşterilerden geri kazandırılmak üzere kullanılmış ürünlerin toplanması kavramını karşılamaktadır. Kullanılmış ürünler müşterilerden 3. parti hizmet sağlayıcılar aracılığıyla, perakendecilerden ya da doğrudan toplanabilir (Demirel ve Gökçen, 2008). Kullanılmış halıların halı satıcılarından ve kullanılmış fotokopi makinalarının müşterilerden geri alınması, toplamanın örneklerindendir. Toplama satın alma, taşıma ve depolama etkinliklerini içerebilir (Fleischmann ve diğerleri, 2000).

**Sınıflandırma:** Yeniden îmalat, geri dönüşüm, onarım, parça alma gibi plânlanmış geri kazanım opsiyonuna bağlı olarak ürünlerin kalitelerine ve izleyecekleri rotalara göre düzenlenmesi işlemidir. Kalite koşullarını sağlamayan ürünlerin taşınması engellenerek gereksiz taşıma mâliyetlerinden kurtulmak için genellikle müşteriye yakın yerlerde gerçekleştirilmeye çalışılır (Demirel ve Gökçen, 2008; Fleischmann ve diğerleri, 2000).

**Ayrıştırma:** Ürünler sınıflandırıldıktan sonra, teknolojik yeniliklerin eklenmesi, çalışır durumda olmayan modüllerin yenileriyle değiştirilmesi ya da kullanılabilir durumdaki modüllerin alınarak iyileştirilmesi gibi nedenlerden dolayı ayrıştırma işlemi yapılır. Uygulanacak geri kazanım opsiyonuna göre ayrıştırmanın miktarı değişmektedir (Demirel ve Gökçen, 2008; Fleischmann ve diğerleri, 2000).

**Yeniden işleme:** Bu aşamada tersine lojistik sistemlerini birbirinden ayıran en önemli farklılık oluşmaktadır. Onarma, ürün yenileme, parça alma, yeniden îmalat, geri dönüştürme gibi pek çok farklı geri kazanım seçeneği kullanılarak ürünün yeniden işlenmesi yapılabilir (Demirel ve Gökçen, 2008; Fleischmann ve diğerleri, 2000).

**Onarım/Tamir:** Geri dönen kullanılmış ürünü yeniden çalışır veya kullanılabilir duruma getirmek için onarım yapılır. Sınırlı düzeyde montaj ve demontaj gerektiren onarım işlemi, bozulmuş veya kırılmış parçaların onarımını ve değiştirilmesini içerir. Yeni ürün kalitesine göre onarılan ürün kalitesi daha düşüktür (Karaçay, 2005).

**Ürün yenileme:** Kullanılmış ürünü, belirlenmiş kalite düzeyine çıkarmak için ürün yenileme yapılır. Yeni üründe olduğu kadar sıkı kalite standartları yoktur. Kritik modüller, kullanılmış ürün demontajı ile modüllerine ayrıldıktan sonra kontrol edilir ve gerekiyorsa yerlerine uygun modüller monte edilir. Bazen ürün yenileme sürecinde ürünün teknik olarak geliştirilmesi (upgrade) için eski modüller, teknik olarak daha iyi olan modüller ve parçalarla değiştirilir. Yenileme sürecinden geçen ürünlere örnek olarak askerî ve ticarî uçaklar, gösterilebilir. Ürün yenileme ile ürün kalitesi arttırılır ve ürün ömrü uzatılır (Karaçay, 2005).

**Yeniden üretim:** Kullanılmış ürünün yeni ürüne uygulanan kalite standartlarına sahip olması için yeniden üretim yapılır. Kullanılmış ürünün tümünün demonte edilmesi ile tüm modülleri ve parçaları kontrolden geçirilir. Uygun olmayan parça ve modüller yenisi ile değiştirilir. Uygunsuzluk; aşınma, eskime veya teknolojik olarak modanın geçmesi olabilir. Onarılabilir olanlar onarılır ve testlerden geçirilir. Uygun parçalar, alt montaj ve modüller monte edilir. Üründe geliştirme bu aşamada da sağlanabilir (Karaçay, 2005).

**Ürün yamyamlaştırma:** Kullanılmış ürünün büyük bir kısmı, söz edilen üç tip geri kazanım seçeneğinde yeniden kullanılmaktadır. Kullanılabilir sınırlı bir dizi parçanın geri kazanılmasının amaçlandığı yamyamlaştırmada ise ürünün salt ufak bir kısmı

yeniden kullanılır. Yamyamlaştırmayla elde edilen parçalar, başka ürün veya bileşenlerin yeniden üretim, yenilenme veya onarımında yeniden kullanılır (Karaçay, 2005).

**Geri dönüşüm:** Şu ana kadarki ürün geri kazanım seçeneklerinde amaç, kullanılmış ürün ve bileşen işlevlerinin ve özelliklerinin olabildiğince korunmasıdır. Kullanılmış ürün ve bileşenlerin malzemelerinin yeniden kullanılabilmesini amaçlayan geri dönüşümde ise, ürün ve bileşenlerin özellik ve işlevleri kaybolur (Karaçay, 2005). Geri dönüşüm, çok sayıda ve çeşitte kullanılmış ürüne uygulanmaktadır. Kâğıt, lastik, cam, plastik ürünler yaygın olarak geri dönüşümü yapılan ürünlerden bazılarıdır. Örneğin Avrupa Birliği ülkelerinde ıskartaya çıkmış araba ağırlığının % 75'ini oluşturan neredeyse tüm metal parçaları, geri dönüşüme tâbi tutulmaktadır (Kumar ve Putnam, 2008).

**Yeniden dağıtım:** Kullanılmış ürünler geri kazanılınca yeniden ileri akışa dâhil olur (Demirel ve Gökçen, 2008).

**İmha:** Teknik ya da ekonomik nedenlerden dolayı yeniden kullanılamayacak durumda olan ürünlerin, parçaların yakılması veya uygun şekilde gömülmesidir (Fleischmann ve diğerleri, 2000).

### 3.2.1 Ürün geri kazanım seçeneklerinin belirlenmesi

Firmanın ürün geri kazanım seçeneklerini belirlemiş olması, ürün geri kazanım sürecinde oldukça önemlidir. Belirleme işleminin doğru yapılabilmesi için gerekli bazı bilgiler elde edilmelidir. Genel olarak dört sınıfa ayrılan ve ulaşılması gereken bilgiler şöyledir (Karaçay, 2005):

**Ürünün bileşenleri hakkında bilgi:** Malzeme tipleri, sayıları, kalitesi, potansiyel zararları hakkındaki bilgiler.

**Tersine akışının şiddeti ve belirsizliği hakkında bilgi:** Üreticiler, her tersine akışın şiddeti ve belirsizliğini belirlemelidirler. Her tersine akış, farklı özelliklere sahiptir.

**Yeniden işlenmiş ürün, bileşen ve malzemelerin pazarı hakkında bilgi:** Her ürün geri kazanım seçeneğinde üretici, potansiyel pazarları da incelemelidir. Pazar firmanın kendisi, tedârikçisi gibi zincirdeki başka bir firma veya zincir dışındaki bir firma olabilir.

**Gerçekleşen ürün geri kazanımı ve atık yönetimi süreçleri hakkında bilgi:** Ne kadar ürün işlendiği, mâliyet ve kazançların ne olduğu, tüm sürecin çevre etkisinin ne olduğu gibi soruların yanıtları değerlendirilmelidir.

### **3.2.2 Yeniden dağıtım kanalları**

Üreticiye dönen ürünün yeniden dağıtılması için birkaç kanaldan söz edilmektedir (Karaçay, 2005):

**Outlet ile satış:** Ürünlerini geri alan üretici yeniden kazanım işlemlerinden sonra geri kazanılmış ürünleri kendi outlet mağazalarında satar. Daha çok marka sahibi firmalar tarafından uygulanır.

**İkincil pazarlara satış:** Bu pazarı ürünleri düşük fiyata alan firmalar oluşturur. Ürünler firmaların kendi dükkânlarında veya diğer perakendeciler aracılığı ile satılabilirler.

**Kurumlara bağış:** Bazı durumlarda ürünü belirli organizasyonlara vermek vergi üstünlüğü sağlayan bir seçenek olacaktır.

**Geri dönmüş ürünün internette açık arttırma ile satışı:** Gittikçe artması beklenen bir uygulamadır.

### **3.3 Tersine Lojistikte Ne**

Tersine lojistikte ne, gerçekte hangi ürünlerin atıldığı veya geri döndüğü ile ilgilidir. Bu durumda genel olarak üç ürün özelliğinden söz edilmektedir (Dekker ve diğerleri, 2004):

- Bileşen
- Bozulma
- Kullanım şekli

#### **3.3.1 Bileşen**

Geri kazanım için ürün tasarımı yapılırken, ürünün içerdiği malzeme ve bileşen çeşidi ve sayısı önemlidir (Gungor ve Gupta, 1999). Salt bileşen sayıları değil, bunların nasıl birleştirildiği de yeniden işlemeyi etkileyerek tersine lojistik etkinlikleri ekonomisini etkileyecektir (Goggin ve Browne 2000). Tehlikeli

maddeler, özel ilgi gösterilmesi gereken ürünlerdir. Malzemenin heterojenliği de geri alımda rol oynar. Plastik geri dönüşümünde olduğu gibi farklı malzemeler ayrı olarak elde edilmek istenirse olabildiğince saf olması istenir. Ürün büyüklüğü (boyutları), geri kazanım sistemi için önemli bir etmendir (Goggin ve Browne 2000). Bu özelliğin etkisi, taşıma ve elleçlemede görülür. Özetle, ürüne özgü özellikler geri alımda belirleyicidir, özellikler tüm sürecin mâliyetine etki eder (Dekker ve diğerleri, 2004).

### **3.3.2 Bozulma**

Bozulma, ürünlerin işlevlerini yerine getirememesidir. Ürün işlevlerini bütün olarak yerine getiremese bile, parça parça yerine getiriyor olabilir. Bu, geri kazanım seçeneğini büyük ölçüde etkiler. Ürünün geri kazanım potansiyelini değerlendirmek için bazı sorular sorulur:

- Ürün kullanılırken eskimiş mi ? (kendine özgü özelliklerinin bozulması)
- Tüm parçalar aynı yaşta mı değil mi ? (homojenliğin bozulması)
- Ürün değeri hızla düşüyor mu ? (ekonomik bozulma)

Bilgisayar gibi bazı ürünlerde pazara yeni ürün girmesi ile, ürünlerin modası geçmiş olur. Bu durum, geri kazanım uygulanabilirlik seçeneklerini kısıtlar. Aynı şey, kendine özgü özelliklerinin bozulmasında ve homojen olmaması durumunda da geçerlidir. Eğer ürün, gaz gibi kullanım sürecinde tümüyle tüketiliyorsa, batarya gibi çabuk yaşılanıyorsa, bazı kısımlar bozulmaya daha duyarlı ise bu ürünlerin yeniden kullanım seçeneği söz konusu değildir. Eğer salt bir parça bozulmuş ise onarım ve parça değişimi ya da yeniden düzenleme geri kazanım seçenekleri olabilir (Dekker ve diğerleri, 2004).

### **3.3.3 Kullanım şekli**

Ürünün kullanım şekli, yeri, süresi, yoğunluğu toplama aşamasını etkileyen özelliklerdendir. Son kullanıcıların kişi ya da kurum olması, toplama tesislerinin farklı noktalarda olmasını ve bu noktalara ulaşımında farklı çaba taleplerini oluşturur. Kullanım az ya da fazla yoğun olabilir. Kiralık tıbbî araçlar, kısa bir süre için kullanılırlar ve gerekli sterilizasyondan sonra yeniden kiralanarak kullanılabilirler. Kullanım yoğunluğunu ölçen tek şey zaman değildir. Kullanım boyunca tükenme derecesi de kullanım yoğunluğunu ölçer. Bu duruma örnek olarak kitapları

verebiliriz. Bir kez okunur ve genellikle bir daha okunmazlar. Bu durum Amazon’u ikinci el kitap ticareti yapmaya teşvik etmiştir. Ürün tipi ürün geri kazanım aşamasına geldiğinde ürünün potansiyel yerinin belirlenmesini sağlar. Ürün tipini Zhiquang (2003) tersine lojistik etkinliklerini plânlarken kullanmıştır. Ana ürün sınıfları aşağıdaki gibidir (Dekker ve diğerleri, 2004):

- Tüketici ürünleri (giysiler, mobilya vb.)
- Endüstri ürünleri (askerî ve profesyonel aletler)
- Yedek parça
- Paketleme ve dağıtım araçları
- İnşaat objeleri (binalar, köprüler, yollar, kanallar vb.)
- Yağlar, kimyasallar ve madenler
- Diğer maddeler (cam, kâğıt hamuru, hurda)

Her bir ürün grubu için geri kazanım sistemini açıklamak ve tersine lojistik zinciri tanımlamak zordur. Her ülkede, uygulamada olan farklı yapılar vardır.

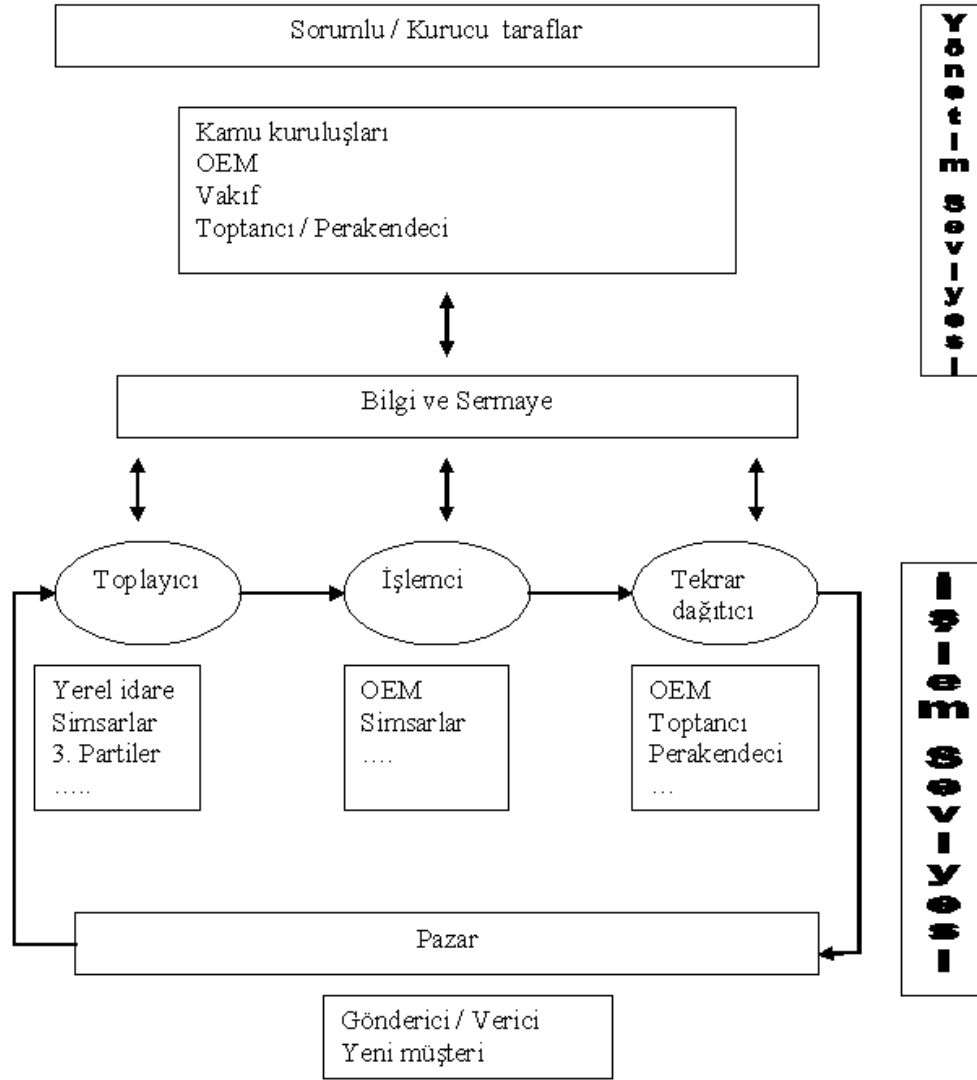
### **3.4 Tersine Lojistikte Kim**

Tersine lojistikte rol oynayan aktörler genel olarak aşağıdaki gibi sınıflandırabilir (Dekker ve diğerleri, 2004):

- İleri tedârik zinciri aktörleri (tedarikçi, üretici, toptancı, perakendeci)
- Özelleşmiş tersine zincir oyuncular (toptancı ve geri dönüşüm uzmanları)
- Fırsatçı oyuncular (yardım organizasyonları)

Bazı oyuncular, tersine zinciri organize etmekten sorumlu, bazıları ise zincirdeki görevleri yerine getirmekten sorumludurlar. Toplama ve işleme gibi tersine lojistik etkinliklerini gerçekleştiren aktörler bağımsız araçlardır. Bunlar özel geri kazanım şirketleri, tersine lojistik hizmet sağlayıcıları, belediye atık toplayıcıları ve devlet-özel kuruluşlarıdır. Her aktörün farklı amacı vardır. Örneğin; üretici, geri dönüşümü, komisyoncuların (revizyonlu ürün satıcılarının) ürününü daha ucuz fiyata satmasını önlemek için yapabilir (Dekker ve diğerleri, 2004).

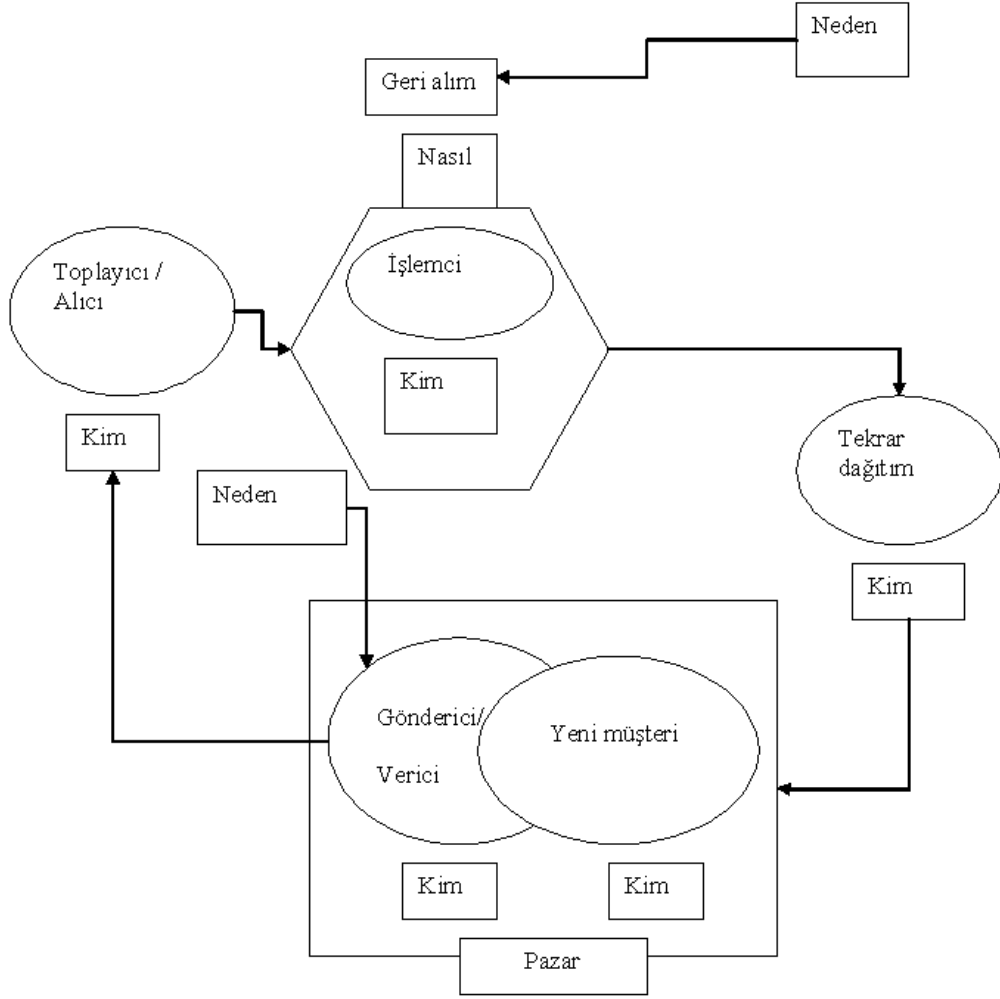
Şekil 3.6’da tersine lojistikte rol alan aktörler görülmektedir.



**Şekil 3.6:** Tersine lojistik aktörleri.

Şekil 3.6 tersine lojistikte kimin ne ile meşgul olduğuna açıklık getirmektedir. Şeklin üst kısmındaki taraflar ya sorumludurlar ya da yasa tarafından sorumlu duruma getirilmişlerdir. Bunlar ileri tedârik zinciri aktörleridir. Tersine lojistik etkinliklerini organize eden taraflar, orijinal ekipman üreticileri (OEM), birlikte çalışan şirketler ya da devletin kendisi olabilir. Bu tarafların altında iki ana etkinlik olan toplama ve işleme vardır. Bu işlemler, farklı taraflar tarafından yapılabilir. Bundan sonra ürün pazara yeniden dağıtılır (Dekker ve diğerleri, 2004).

Aşağıdaki şekilde, tersine lojistiğin 4 boyutu (neden, nasıl, ne, kim) arasındaki temel ilişkiler gösterilmiştir.



**Şekil 3.7:** Tersine lojistikte neden, nasıl, ne ve kim arasındaki ilişkiler.

#### **4. TERSİNE LOJİSTİKTE ARAŞTIRMA ALANLARI VE PROBLEMLER**

Son dönemlerde popüler bir alan durumuna gelen tersine lojistik ile ilgili, üzerinde yaygın olarak çalışılan problemler şunlardır (Karaçay, 2005):

1. Tersine lojistik ağı tasarımı
2. Geri kazanımlı üretim ortamında stok kontrolü
3. Geri kazanımlı üretim ortamında üretim plânlama
4. Tersine lojistikte ortaklarla ilişkiler
5. Tersine lojistik ve e-ticaret
6. Tersine lojistik için bilgi ve iletişim teknolojileri

##### **4.1 Tersine Lojistik Ağı Tasarımı**

Geri kazanılacak ürünlerin toplanması ve geri kazanım seçeneklerinden geçirilen ürünlerin yeniden dağıtılması, tersine lojistiğin ana etkinlikleridir. Tersine lojistikte gerçekleştirilen toplama ve dağıtım, geleneksel dağıtımdan çok farklıdır. Farklar, toplanacak ürünlerin belirlenmesi, ürün paketleri, müşteri ile ilişkiler, ürünlerin değeri gibi birçok yerde oluşmaktadır. Bu durumda, ağdaki katman sayısı, toplama noktalarının yeri ve sayısı, depolar ve ara geçiş noktalarının konumları, sayıları ve kapasiteleri, ileri ve tersine akışın bütünleştirilmesi, ağ mâliyeti gibi konular incelenmelidir (Karaçay, 2005).

Tersine tedârik zinciri, ileri tedârik zincirindeki elemanlara ek olarak, ikincil pazarlar olarak adlandırılan ve talep noktası olarak görev yapan üçüncü partiler, atık gömme alanları, dernek ve kurumlar ve daha birçok elemana sahiptir. Hangi ürünün ne zaman geri döneceği, geri dönen ürünün nereye gönderileceği, firma kârını en iyi yapmak için seçilecek geri kazanım stratejisinin ne olması gerektiği gibi sorular, tersine lojistik ağını tasarlamak için yanıtlanması gereken sorulardır. Tersine lojistik ağı, ürün müşteriden alındıktan veya toplandıktan sonra, durumuna göre birçok farklı rotayı izleyen ürün akışını içeren bir yapıdır (Karaçay, 2005).

#### **4.2 Geri Kazanımlı Üretim Ortamında Stok Kontrolü**

Geri kazanımlı üretim ortamlarında stok kontrolü süreci, yüksek belirsizlikten dolayı zorlaşmakta ve üretim plânlama daha karmaşık olmaktadır. Guide ve diğerleri (2000) geri kazanımlı üretim ortamında tedârik zinciri işlevlerini yönetme, plânlama ve kontrolünü zorlaştıran karakteristikleri belirlemişlerdir (Karaçay, 2005):

- Geri dönen ürün miktarının ve dönüş zamanının belirsizliği
- Geri dönen ürünler ve taleplerin dengelenme gereksinimi
- Geri dönen ürünlerin demontaj gereksinimi
- Tersine lojistik ağı gerekliliği
- Malzeme eşleştirme ile ilgili kısıtların karmaşıklığı
- Yeniden üretim ve onarım işlemleri için gerekli malzemelerin stokastik rotalama ve yüksek oranda değişkenlik içeren işleme zamanı problemi

Stok yönetiminin yeniden üretim ortamındaki amacı, dışarıdan gelen siparişlerle geri kazanım sürecinde ortaya çıkan ürün ve parçalar için gerekli kontrol ve plânlamayı yaparak, en az mâliyetle istenen hizmet düzeyini sağlamaktır. Miktar, kalite ve zamanlama açısından geri dönen ürünün kontrolü güç olduğu için artan belirsizlik, stok plânlamasını ve üretim ortamını daha da karmaşıklştırmaktadır (Karaçay, 2005).

Bilişim teknolojisindeki son gelişmeler, elektronik veri toplama ve analiz sistemleri ile belirsizlik azaltılarak sistemin kontrol altına alınması sağlanmaktadır. Geri dönen ürünlerin durumları hakkında bilgiyi ve güvenilir tahminler için istatistiksel verileri elde etmek, ürünlerin sürekli gözlenmesinin sağlanması ile olasıdır (Karaçay, 2005).

#### **4.3 Geri Kazanımlı Üretim Ortamında Üretim Plânlama**

Ürün geri kazanımı sistemlerinde içerdikleri farklılıklardan dolayı geleneksel üretim plânlama ve çizelgeleme yöntemlerinin uygulanması oldukça sınırlıdır. Geleneksel yöntemler, farklılıkları giderecek gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra uygulanabilirler. Bunun dışında yeni yöntemler de geliştirilebilir (Karaçay, 2005).

Paket, palet, kutu ve cam şişeler gibi, geri dönen ürünlerin olduğu gibi kullanıldığı durumlar ile malzeme geri dönüşümünün sağlandığı durumlarda üretim plânlama göreceli olarak daha kolay gerçekleştirilmektedir. Özel plânlar, ürünün yenilenmesi için eğer demontaj gerekiyorsa yapılmalıdır. Yeniden üretim aşaması, en karmaşık durumun ortaya çıktığı aşamadır. Her geri dönen ürünün ayrı geri kazanım seçenekleri olan onarım, yenileme gibi işlemlere gereksinim duyması birçok birbirinden farklı işlemin eşgüdümlü bir şekilde çalışmasını gerektirir, bu durum da üretim plânlamayı karmaşık duruma getirir. Eşgüdümlü çalışmanın yanında, fazla miktarda parçanın aynı işlemi gerektirmesi ile kapasite yetersizliği oluşabilir. Geri kazanımlı üretim ortamında incelenmesi gereken konular şöyle sıralanabilir: Her ürün için uygun ve yapılabilir olan geri kazanım seçeneğinin belirlenmesi, üretimin çizelgelenmesi, MRP'nin ortama uygun duruma getirilmesi, demontaj için çizelgelemenin yapılması (Karaçay, 2005).

#### **4.4 Tersine Lojistikte Ortaklarla İlişkiler**

Ürün geri kazanım sistemlerinde zincirde yer alan elemanları istenildiği şekilde geri kazanıma katmak için birtakım özendirici etmenlerden sözedilmektedir. Brito ve diğerleri (2002)'nin yaptığı çalışmada bu etmenler, ekonomik ve ekonomik olmayan etmenler olarak ikiye ayrılarak incelenmiştir (Karaçay, 2005):

##### **Ekonomik özendiriciler:**

Palet, kutu, şişe gibi taşıma nesnelerine ödenen depozitolar

Geri satın alma seçeneği: Satıcı ürünü satarken, eğer geri dönüş anında bazı koşulları sağlıyorsa, belirli bir fiyata ürünü satın almayı önerir.

Yenisi için daha düşük fiyat: Satıcı, benzer veya farklı bir ürünü, müşterinin kullanılmış ürünü getirerek alması durumunda, daha ucuza satacağını duyurur. Bu durumun örnekleri beyaz eşya satışlarında yaygın olarak görülmektedir. Eski beyaz eşyalar için bir fiyat belirlenir ve yenisinin fiyatından belirlenen fiyat kadar indirim yapılır. Bu duruma ayakkabı üreticisi olan Kenneth Cole Productions şirketinin Şubat ayında eski ayakkabılarını bayilere getiren müşterilerine yeni ayakkabı fiyatında % 20 indirim yapması da örnek olarak verilebilir (Rogers ve Tibben-Lembke, 1998).

Ücret: Ürünün geri getirilmesi durumunda ücret ödenir.

Tedârikçi için mâliyetle veya mâliyetsiz geri alma: Kişi eğer bir ürünü yok etmek istiyorsa, bunu ücretsiz veya normalde ödeyeceği fiyattan daha düşük bir mâliyetle yaptırabilir. Bu duruma örnek olarak Nike’ın müşterilerin geri getirdiği kullanılmış ayakkabıları basketbol sahası zemininin yapılması için çok küçük parçaları ayırması verilebilir (Rogers ve Tibben-Lembke, 1998).

#### **Ekonomik olmayan özendiriciler:**

Eskisi için yenisi: Kişi ancak eski ürünü getirmesi durumunda yeni ürün alabilir.

Kira anlaşmaları: Ürünler satılmaz, kiralanır.

Yasalar.

Kişilerin çevresel duyarlılıkları.

Kişilerin kurumlara karşı duyarlılığı: Ürün geri alımı, kurumlar için yapılır. Bu uygulamaların hepsine uygulamada rastlansa da, hangi koşullarda nelerin uygulanması gerektiğini belirleyen modeller ve her bir durum için uygulanması gereken politikalar belirlenmelidir.

#### **4.5 Tersine Lojistik ve E-ticaret**

Tersine lojistikte önemli bir diğer konu olan e-ticaret ile ilgili literatürde tersine lojistiği destekleyen farklı modeller oluşturulmuştur. Elektronik pazarlar e-ticaret modelleri içinde en yaygın olarak kullanılan modeldir. Bu pazarlarda hem yeni hem kullanılmış ürünler sunulmaktadır. Web’de kullanılmış parça ve yeniden üretilmiş ürün sağlayan siteler yer almaktadır. Bunlara ek olarak toplama, sınıflandırma, yeniden kullanım ve yeniden dağıtım yapan web tabanlı uygulamalar bulunmaktadır. Elektronik pazarlarda lojistik, stok kontrolü, sanal depolama, taşıma, rotalama ve çizelgeleme, işlemler, konumlandırmaların belirlenmesi gibi çeşitli hizmetleri içerir. E-ticaret üçüncü parti anlaşmaları ve diğer lojistik işlevleri de sunarak lojistik süreçlerini kolaylaştırır (Karaçay, 2005).

Çizelge 4.1’de tersine lojistikte uygulanabilecek e-ticaret etkinlikleri özetlenmiştir (Karaçay, 2005).

**Çizelge 4.1:** E-ticarete tersine lojistik etkinlikleri.

| <b>E-ticaret uygulamaları</b> | <b>Tersine lojistik görevleri</b>                                                                                                                                    |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pazarlama                     | Kullanılabilir ürün, parça ve malzemelerin reklamı<br>Aranan ürün, parça ve malzeme hakkında bildirim                                                                |
| Satınalma                     | Tedârikçi/müşteri için araştırma<br>Satınalma anlaşmaları yapma<br>Beklenen teslimat hakkında bilgi alma<br>Aranan kullanılmış ürün, parça ve malzeme talebine yanıt |
| Satış                         | Fiyatlama (belirli, anlaşmalı, açık arttırma)<br>Sipariş süreci<br>Sipariş izleme<br>Müşteri faturalama, toplama ve ödeme                                            |
| Satış sonrası hizmet          | Ürün izleme<br>Müşteri desteği<br>Müşteri/ürün izleme                                                                                                                |

#### **4.6 Tersine Lojistikte Bilgi ve İletişim Teknolojileri**

Bilgi ve iletişim teknolojileri her alanda olduğu gibi tersine lojistikte de önemlidir. İlk olarak ürün geliştirme aşamasında ürünlerin belirli özellikleri ile üretilmesinde bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanılacaktır. Geleneksel lojistik süreçleri, büyük ölçüde bilgi ve iletişim teknolojilerine bağlıdır. Ürünün zincirdeki yerinin belirlenmesi, nereden gelip nereye gittiğinin belirlenmesi için bilgi ve iletişim teknolojileri kullanılır. Bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde ileri ve tersine lojistik arasında bir bağ kurulabilir. Gerçek zamanlı bilgilerin elde edilmesi ile sanal depolar oluşturulması karar almada kolaylık sağlar. Bilgi ve iletişim teknolojileri, stok ve ürün kontrolde kolaylık sağlar. Uzun ve kısa dönemli plânların yapılması, ilgili tarafların katılımı ile bilişim teknolojisi desteği sağlanabilir (Karaçay, 2005).

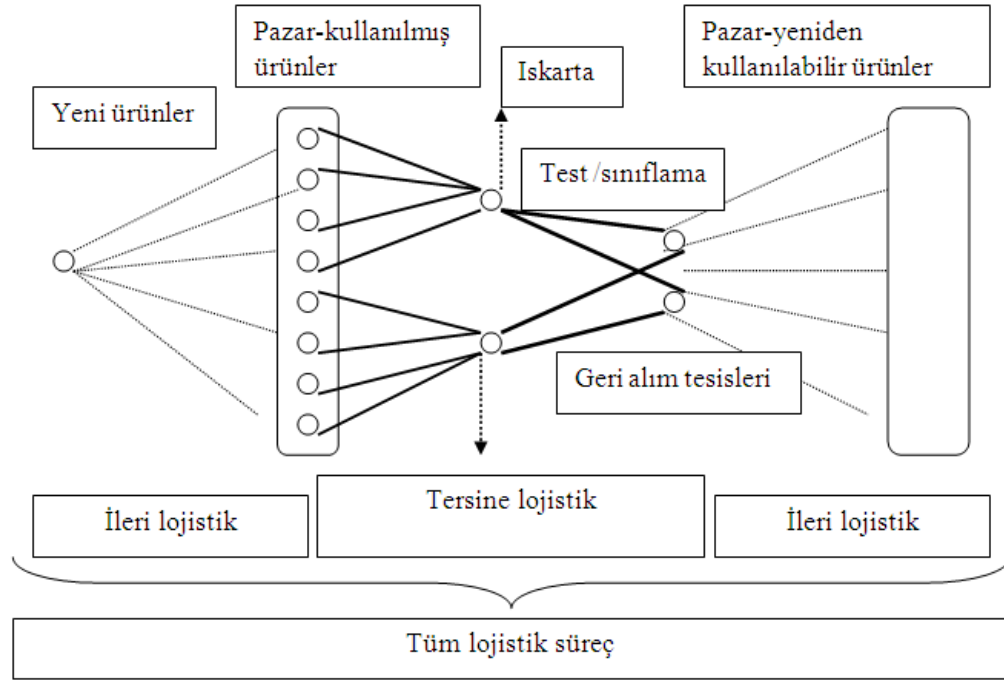
Tersine lojistik ile ilgili yapılan çalışmalardan görüldüğü gibi tersine lojistik başlığı altında çözülmesi gereken birçok problem bulunmaktadır. Bu çalışmada tersine lojistikte ağ tasarımı üzerinde durulacaktır.



## 5. TERSİNE LOJİSTİK AĞI TASARIMI

### 5.1 Tersine Lojistik Ağı Tanımı

Tersine lojistik ağı, kullanılmış ürünlerin tedâriği ve yeniden kullanılabilir ürün talebi arasındaki bağlantıyı sağlar. Şekilde 5.1’de bu açıklamanın genel şeması gösterilmiştir (Dekker ve diğerleri, 2004):



Şekil 5.1: Tersine lojistik ağ yapısı.

Lojistik açıdan şekildeki yapı çoklu ortamdan çoklu ortama dağıtım ağı olarak tanımlanır. Bu yapı ile varolan ağ, salt bir kurum tarafından yönetilir anlamına gelmez. Geleneksel tedârik zincirinde olduğu gibi farklı sorumlular olabilir. Ancak tersine lojistiğin ekonomisini anlayabilmek için tüm resim dikkate alınmalıdır.

## 5.2 Tersine Lojistik Ağı Çeşitleri

Tersine lojistik ağı yapısı ile ilgili yapılmış birçok araştırma vardır. Fuller ve Allen (1995)'ın yaptığı çalışma, tersine kanal yapısına ve buradaki oyuncuların rollerine odaklanmıştır. Fuller ve Allen, çalışmalarında tersine lojistik kanallarını 5 bölüme ayırmışlardır (Dekker ve diğerleri, 2004).

1. Üretimci bütünleşik sistemler
2. Atık-taşıyıcı sistemler
3. Özelleştirilmiş tersine satıcı-işlemci sistemleri
4. İleri perakendeci-toptancı sistemleri
5. Geçici-kolaylaştırıcı sistemler

Fleischmann ve diğerleri, yaptıkları çalışmada tersine lojistik ağı sistemi olarak üç ağ tipi belirlemişlerdir (Fleischmann ve diğerleri, 2000):

1. Yeniden üretim
2. Geri dönüşüm
3. Doğrudan yeniden kullanım ağları

Bu ağlara onarım ağı da eklenilebilir. Bu durumda ürün tipi ve geri kazanım seçeneği dikkate alındığında, genel olarak dört farklı tersine lojistik ağından sözedilebilir (Demirel ve Gökçen, 2008):

### 1. Yeniden Üretim Ağı (Remanufacturing Network):

Yeniden üretim ağının amacı, kullanılabilecek durumdaki geri dönen ürünleri yeni konuma getirmek, eğer ürünler yeni konuma getirilemiyorsa ve ürün bileşeni olan parçalar küçük onarım işlemlerinden sonra kullanılabilir durumda ise bu parçaları yeni ürünlerde kullanmaktır. Yeniden üretilmiş ürün, yeni ürün ile aynı özelliklere ve aynı kalite standardına sahiptir. Otomobil parçaları, beyaz eşya parçaları, bilgisayar parçaları, yeniden üretilen ürünlere örnek olarak verilebilir.

Literatürde yaygın olarak yeniden üretim ağı tasarımı ile ilgili çalışılmıştır. Örnek verilebilecek çalışmalar arasında Kim ve diğerleri (2006), Lee ve Dong (2008) ve Mutha ve Pokharel (2008) vardır.

## 2. Geri Dönüşüm Ağı (Recycling Network):

Geri dönüşümde ürün ve bileşenlerin özellik ve işlevleri kaybolur. Geri dönüşüm, kullanılmış ürün ve bileşenleri oluşturan malzemelerin yeniden kullanılabilmesini amaçlamaktadır. Plastik ürünler, geri dönüştürülerek geri kazanılan ürünler arasındadır.

Literatürde geri dönüşüm ağını konu edinen birçok çalışma bulunmaktadır. Bunlardan biri, Pati ve diğerlerinin (2008) kâğıt geri dönüşüm ağı tasarımı çalışmasıdır.

## 3. Doğrudan Yeniden Kullanım Ağı (Directly Reusable Network):

Geri dönen ürünler ve malzemeler test edildikten sonra onarım veya yeniden işleme gerekmeyenler, yeni ürün üretmek için veya taşıma ekipmanı olarak yeniden kullanılmak üzere doğrudan yeniden kullanılırlar. Geri dönen ürünlerin bir kısmı ise temizleme, küçük çaplı onarım gibi az bir yeniden işleme operasyonuna girdikten sonra kullanılırlar. Paletler, şişeler ve konteynerler, bu tip dönüşlere örnek olarak verilebilir. Doğrudan kullanılan ürünler, yeni ürüne göre daha düşük kalitede olsa da bu durum genellikle ürün performansını etkilemez.

## 4. Onarım Hizmet Ağı (Repair Service Network):

Bu sistemler, tüketicilerin satış sonrası hizmet gereksinimlerini karşılamak ve kusurlu veya bozuk ürünleri onarmak için kurulurlar. Ürünlerin önleyici bakım ya da bozulma nedeniyle değiştirilebilir parçaları, onarım hizmet ağına dönen ürünler olabilir. Onarım seçeneğinde geri dönen ürünü çalışır ve kullanılabilir duruma getirmek amaçlanmaktadır.

Literatürde onarım hizmet ağı ile ilgili yapılan çalışma sayısı çok fazla değildir. Du ve Evans (2008), yaptıkları çalışmada onarım hizmet ağını tasarlamışlardır.

Fleischmann daha sonra 2003 yılında bir çalışma daha yayımlamış ve bu çalışmada geri kazanım süreci sahibini (OEM: Orijinal Ekipman Üreticisi), üçüncü parti hizmet sağlayıcıları ve geri kazanım güçlerini (yasalar ve ekonomiler) ek açıklayıcı değişken olarak ağ yapısına katmıştır. Bu analize dayalı olarak çalışmada beş ağ sınıfı oluşturulmuştur (Fleischmann, 2003):

1. Zorunlu almayı gerektiren ağ yapıları
2. Değer katılan geri kazanım için OEM ağı

3. Atanmış yeniden üretim ağları
4. Malzeme geri kazanımı için geri dönüşüm ağları
5. Yeniden doldurulabilir konteynerler için ağlar

Sürdürülen bölümde tersine lojistik ağları, bu değişkenlerin farklı kombinasyonları ile ele alınmıştır. Belirtmek gerekir ki önerilen üç boyut bağımsız değildir. İncelenecek olan kombinasyonlar Çizelge 5.1’de görülmektedir (Fleischmann,2001).

**Çizelge 5.1:** Tersine lojistik ağ çeşitleri.

|          | Ekonomik sürücüler |                |              | Yasal sürücüler  |                |              |
|----------|--------------------|----------------|--------------|------------------|----------------|--------------|
|          | Yeniden Kullanım   | Yeniden Üretim | Geri Dönüşüm | Yeniden Kullanım | Yeniden Üretim | Geri dönüşüm |
| OEM      | 5                  | 2              | 4            | -                | -              | (1)          |
| 3. Parti | (5)                | 3              | (4)          | -                | -              | 1            |

#### 1. Zorunlu almayı gerektiren ağ yapıları:

Tersine lojistik ağların ilk önemli grubunu, ürün geri kazanımı çevresel yasaları ile ilişkili olan tedârik zincirleri oluşturur. Örnek olarak Hollanda’daki ulusal elektronik-geri dönüşüm ağı ve Alman “yeşil nokta” ambalajlama geri dönüşüm sistemi verilebilir. Hurda arabalar, yasalara hedef olan diğer önemli ürün grubudur. Tüm bu vakalarda OEM’ler, ürünlerini yaşam döngüsü sonunda atık akışlarından uzak tutmakla sorumludurlar. Malzeme geri dönüşümü, geri kazanımın tipik bir formudur. Mâliyetler müşteriye doğrudan yansıtılabileceği gibi yeni ürünlerin fiyatlarında artırım yapılarak dolaylı olarak müşteriye yansıtılabilir (Fleischmann, 2001).

OEM’ler yasal veya finansal olarak, ürün geri alımından ve geri kazanımından sorumlu olduğu süreç uygulamalarını lojistik hizmet sağlayıcılarına veya özel geri dönüşüm şirketlerine dış kaynak kullanımı ile yaptırmaktadırlar. Bu ağ tipi ile ilgili lojistik ağ tasarımı, daha çok düşük mâliyetle toplamaya odaklanmaktadır. Tipik örnekleri, belediyeler ile işbirliği içinde oluşturulan, müşterilerin kullanılmış ürünleri kendilerinin bıraktığı toplama noktalarıdır. Böylece ürünler belirli bir hacme ulaştığında daha fazla işlem için depolanır ve sevk edilirler. Ama böyle bir sistemde test etme ve sınıflandırma, göze çarpan bir rol üstlenmemektedir. Ürünler idarî nedenlerle toplama bölümlerinde ürün sınıfında kabaca sınıflandırılabilirler. Daha fazla malzeme ayrımı, geri dönüşüm süreci boyunca yapılır (Fleischmann, 2001).

## 2. Değer katılan geri kazanım için OEM ağı:

Tersine lojistik ağların diğer önemli sınıfı ise, kullanılan ürünlerden değer kazanmayı hedefleyen ve OEM tarafından yönetilen kapalı-çevrim tedârik zincirleridir. Bu gruba örnek olarak fotokopi ve otomobil parçalarının yeniden üretimi verilebilir (Fleischmann, 2001).

OEM-yönetimli kapalı döngü zincirleri, birçok kullanılmış ürün akışını içermektedir. Bu ürün akışı farklı kaynaklardan farklı nedenlerle olmaktadır. Bu nedenler arasında kira bitimi dönüşleri, “yeniyi getir, eskiyi götür” geri alımları ve müşteri hizmetinin bir parçası olarak geri alımlar bulunmaktadır (Fleischmann, 2001).

Bu heterojen ürün akışında test etme ve sınıflandırma operasyonları, geri kazanılan değeri enbüyüklemek için önemli rol oynamaktadır. Bu anlamda birçok vakada, test operasyonlarının merkezîleştirilmesi yönünde bir eğilim bulunmaktadır (Fleischmann, 2001).

Son olarak OEM-yönetim ağlarında eşgüdüm önemlidir. Kullanılmış ürünlerin gelen/giden akışlarında eşgüdüm olması gerektiği gibi geri kazanım ve orijinal üretimde de eşgüdüm olmalıdır. Bu yakın karşılıklı ilişki, yararlanılabilir sinerjiyi oluşturur ve lojistik karar almayı kolaylaştırır (Fleischmann, 2001).

## 3. Atanmış yeniden üretim ağları:

OEM-yönetimli ürün geri kazanım programlarına ek olarak özelleşmiş yeniden üretim şirketleri uzun zamandır bulunmaktadır. Bu alanda çalışan şirketlere otomobil yeniden üretimcileri, endüstriyel ekipman yeniden üretimcileri ve lastik yeniden üretimcileri örnek verilebilir. Orijinal ekipman sistemleriyle kıyasladığında bu tip kapalı-çevrim zincirleri daha fazla ticarî amaçlıdır ve fırsatçılığın fazla olduğu bir çevrimdir. Zincir elemanları daha çok fırsat odaklıdır ve arz-talep arasında optimal denge aranmaktadır. Bu grupta mâliyet enküçüklemesi yerine kâr enbüyüklemesi, baskın karar ölçütüdür (Fleischmann, 2001).

## 4. Malzeme geri kazanımı için geri dönüşüm ağları:

Kapalı çevrim tedârik zincirlerinde ayırdedici özelliklere sahip bir diğer ağ da malzeme geri dönüşüm ağlarıdır. Bu ağlara tipik örnek, Dupont firmasının halı geri dönüşüm ağıdır. Malzeme geri dönüşüm zincirleri düşük kâr, düşük hammadde ücretleri ve sınırlandırılmış mâliyet fırsatları ile karakterize edilmektedir. Bu nedenle

başarılı geri dönüşüm zincirlerinin sayısı, ekonomik sürücülere dayanır (Fleischmann, 2001).

Ticarî geri dönüşüm zincirleri, özelleşmiş geri dönüşüm kurulumu ve ekipmanları için yüksek yatırım mâliyeti gerekir. Yüksek yatırım mâliyeti ile istenen kârı elde etmek için yüksek işlem hacmine gereksinim duyulur (Fleischmann, 2001).

Test etme ve sınıflandırma, malzeme geri dönüşümü için uygun değildir. Bunun yerine taşıma etkinliğini sağlayacak ön işlem operasyonları bulunur. Parçalama ve yakma, toplanan kullanılmış ürünlerin taşıma mâliyetlerini düşürür. Uzak mesafelerde merkezîleşmiş ağ yapısı, anlamlı yararlar sağlar (Fleischmann, 2001).

##### 5. Yeniden doldurulabilir konteynerler için ağlar:

Bu sınıfın içinde yeniden kullanılabilir ambalajlar, yeniden doldurulabilir şişeler, sandıklar, paletler ve yeniden kullanılabilir kutuların lojistiği yer almaktadır. Bunlar dışında yeniden kullanılabilir kameralar veya toner kartuşları da örnek olarak verilebilir. Bu sınıfta yeniden işleme aşaması; temizleme, küçük onarımlar veya yer değiştirme operasyonlarından oluşur. Test etme ve sınıflandırmanın ana işlevi hatalı, zarar görmüş veya eskimiş konteynerleri süzgeçlemektir. Bu nedenle konteynerlerin oluşturduğu havuzun büyüklüğünü belirlemek gerekir. Tedârik zincirini kapalı tutmak için birçok araç vardır. İndirimler, “yeniye getir, eskiyi götür” bunlardan bazılarıdır. İlgili ağda erişebilirlik önemlidir. Boş konteynerlerin rotalanması, erişilebilirlik için gereklidir (Fleischmann, 2001).

Gelen ve giden akışları arasındaki yakın ilişki açısından kurumlar genellikle iki yönde aynı ağ yapısını kullanır. Taşıma mâliyetlerinin sınırlandırılmasının yanında bu strateji, organizasyon ve plânlamayı kolaylaştırır. İleri dağıtım ağındaki bazı aşamaların atlanması, tersine akış boyunca zaman ve stoğun azalması ile daha küçük havuz büyüklüğü kullanılır (Fleischmann, 2001).

Tersine lojistik ağlarının sınıflandırılması ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalar genel olarak aynı sınıfları içermektedir. Ancak görüldüğü gibi konuyla ilgili kesin bir sınıflandırmanın yapılması olanaklı değildir. Yasalarla düzenlenen tersine akış sistemlerinde değişik ağ yapıları oluşmaktadır. Diyebiliriz ki her vaka için ayrı bir ağ tanımlanır.

### 5.3 Literatür Araştırması

Tersine lojistikte farklı görüngelerden (perspektiflerden) ağ tasarımı konu edinen literatür oldukça geniştir. Tersine lojistik ağ tasarımı ve modellenmesiyle ilgili yapılmış olan çalışmalar iki kategoride sınıflandırılabilir. Bunlardan ilki salt tersine akışın ele alındığı bağımsız modeller ve ileri ve tersine akışın birlikte ele alındığı bütünleşik modeller olarak karşımıza çıkmaktadır. Çeşitli seçenekler kullanılarak farklı ürünlerin geri kazanımını ele alan tersine lojistik ağlarının etkin bir şekilde tasarlanması ve modellenmesini konu edinen çalışmalar Çizelge 5.2’de verilmiştir. Çizelge 5.2’de çalışmalara konu olan geri kazanım seçeneği, geliştirilen modelin yapısı, çözüm yöntemi, amaç fonksiyonu yer almaktadır. Çalışmalar ayrıca salt tersine akışın düşünüldüğü bağımsız modeller ve ileri ve tersine akışın birlikte modellendiği bütünleşik modeller olarak sınıflandırılmıştır.

Çizelge 5.2’ de verilen çalışmaların, genel olarak yer seçimi ve atama problemleri yapısında olduğu ve karışık tamsayılı matematiksel programlama modeli şeklinde formüle edildiği görülmektedir. Geleneksel yer seçimi ve atama problemlerinden farklı olarak, geri kazanımlı sistemler genellikle itme sistemi yapısındadır. Yâni malzeme akışını belirlemede talepten çok arz etmeni etkili olmaktadır. Öte yandan, geri kazanımlı sistemlerde ürünlerin geri kazandırılması ve yok edilmesi gibi tersine lojistik modellerine özgü durumlar için ve tersine akış ile ileri akış arasında oluşabilecek ilişkileri tanımlamak için geleneksel yer seçimi ve atama problemlerinden farklı birtakım kısıtlar bulunmaktadır. Çizelge 5.2’de tersine akışı eniyilemek üzere bazı çalışmalarda kapasite kısıtsız modeller geliştirildiği gibi [Örn. 1, 4, 6,16,18], kapasite kısıtlı modeller içeren çalışmalar da bulunmaktadır [Örn. 2, 3,5]. Geliştirilen modeller, genellikle standart yazılımlar kullanılarak çözülmüş ve en iyi çözüm elde edilmiştir. Bunların bir kısmı çok dönemli [Örn. 5, 7, 8], bir kısmı ise tek dönemli olarak modellenmiştir [Örn. 1, 3, 6].

**Çizelge 5.2:** Literatürdeki tersine lojistik ağ tasarımını ve modellemesini inceleyen çalışmalar.

| No | Yazarlar                                               | Bütünleşik/<br>Bağımsız | Amaç Fonksiyonu                                          | Örnek<br>Olay | Geri<br>Kazanım<br>Seçeneği  | Model | Çözüm<br>Yöntemi |
|----|--------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------|---------------|------------------------------|-------|------------------|
| 1  | Bıyık, Gülsün<br>ve Özgen,<br>2007                     | Bütünleşik              | Mâliyet<br>Enküçüklemesi                                 | Var           | Genel Ağ<br>Tasarımı         | MILP  | Optimal          |
| 2  | Du ve Evans,<br>2008                                   | Bütünleşik              | Mâliyet ve Çevrim<br>Süresi Gecikmeleri<br>Enküçüklemesi | Yok           | Onarma                       | MILP  | Sezgisel         |
| 3  | Mutha ve<br>Pokharel, 2008                             | Bütünleşik              | Mâliyet<br>Enküçüklemesi                                 | Var           | Yeniden<br>İmalat            | MILP  | Optimal          |
| 4  | Cruz-Rivera ve<br>Ertel, 2008                          | Bütünleşik              | Mâliyet<br>Enküçüklemesi                                 | Var           | Genel Ağ<br>Tasarımı         | MILP  | Optimal          |
| 5  | El-Sayed, Afia<br>ve El-<br>Kharbotly, 2008            | Bütünleşik              | Kâr Enbüyüklemesi                                        | Var           | Genel Ağ<br>Tasarımı         | SMILP | Optimal          |
| 6  | Yongsheng ve<br>Shouyang, 2008                         | Bütünleşik              | Mâliyet<br>Enküçüklemesi                                 | Var           | Yeniden<br>İmalat/<br>Onarma | MILP  | Optimal          |
| 7  | Gülsün,<br>Tuzkaya ve<br>Bildik, 2008                  | Bütünleşik              | Mâliyet<br>Enküçüklemesi                                 | Var           | Genel Ağ<br>Tasarımı         | MILP  | Sezgisel         |
| 8  | Lee ve Dong,<br>2008                                   | Bütünleşik              | Mâliyet<br>Enküçüklemesi                                 | Var           | Genel Ağ<br>Tasarımı         | SP    | Sezgisel         |
| 9  | Lee ve Dong,<br>2009                                   | Bütünleşik              | Mâliyet<br>Enküçüklemesi                                 | Yok           | Genel Ağ<br>Tasarımı         | MILP  | Sezgisel         |
| 10 | Louwers, Kip,<br>Peters, Souren<br>ve Flapper,<br>1999 | Bağımsız                | Mâliyet<br>Enküçüklemesi                                 | Yok           | Genel Ağ<br>Tasarımı         | LP    | Optimal          |
| 11 | Kim, Song, Kim<br>ve Jeong, 2006                       | Bağımsız                | Kâr Enbüyüklemesi                                        | Var           | Yeniden<br>İmalat            | MILP  | Optimal          |

**Çizelge 5.2 (devam) : Literatürdeki tersine lojistik ağ tasarımı ve modellemesini inceleyen çalışmalar.**

| No | Yazarlar                              | Bütünleşik/<br>Bağımsız | Amaç Fonksiyonu                                                                                                    | Örnek<br>Olay | Geri<br>Kazanım<br>Seçeneği  | Model      | Çözüm<br>Yöntemi |
|----|---------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------------|------------|------------------|
| 12 | Logoza, Radongic ve Bastic, 2006      | Bağımsız                | Mâliyet<br>Enküçüklemesi                                                                                           | Var           | Geri<br>Dönüşüm              | LP         | Optimal          |
| 13 | Kara, Rugrungru-ang ve Kaebnick, 2007 | Bağımsız                | Mâliyet<br>Enküçüklemesi                                                                                           | Var           | Genel Ağ<br>Tasarımı         | Simülasyon | Simülasyon       |
| 14 | Tuzkaya, Gülsün ve Bildik, 2007       | Bağımsız                | Mâliyet<br>Enküçüklemesi                                                                                           | Var           | Genel Ağ<br>Tasarımı         | MILP       | Sezgisel         |
| 15 | Soner ve Onut, 2007                   | Bağımsız                | Kâr Enbüyüklemesi                                                                                                  | Var           | Yenileme                     | SP         | Optimal          |
| 16 | Srivastava, 2008                      | Bağımsız                | Kâr Enbüyüklemesi                                                                                                  | Var           | Yeniden<br>İmalat/<br>Onarma | MILP       | Optimal          |
| 17 | Pati, Vrat ve Kumar, 2008             | Bağımsız                | Mâliyet ve Uygun<br>Atık Kâğıt Miktarının<br>Enküçüklemesi, Geri<br>Kazanılan Atık<br>Kâğıtların<br>Enbüyüklenmesi | Var           | Geri<br>Dönüşüm              | MIGP       | Optimal          |
| 18 | Aras ve Aksen, 2008                   | Bağımsız                | Mâliyet<br>Enküçüklemesi                                                                                           | Var           | Genel Ağ<br>Tasarımı         | MINLP      | Sezgisel         |

Modellerin bir kısmında geri kazanılan ürünlerin satışından elde edilen gelirler de dikkate alınarak amaç fonksiyonu kâr enbüyüklemesi şeklinde formüle edilmiştir. Geri kalan kısımda genellikle sabit işletme mâliyetleri ile toplama, taşıma, geri kazanım, elde tutma gibi mâliyetlerin enküçüklenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca bazı çalışmalarda çok amaçlı modeller geliştirilmiştir. Bunlardan Du ve Evans (2008), çalışmalarında toplam mâliyetlerin enküçüklenmesi ile birlikte çevrim sürelerindeki toplam gecikmeleri de enküçüklemeye çalışmışlardır. Pati ve diğerleri (2008) ise toplam sistem mâliyeti ile birlikte geri dönüşüm için kalitesi uygun olmayan atık kâğıt miktarını enküçüklemeye çalışırken, geri dönüştürülen atık kâğıt miktarının enbüyüklenmesini amaçlamışlardır.

Ürünün geri kazanımı, teknolojik ve ekonomik açıdan olanaklı olmadığında, îmalatçılar hükümetlere ve müşterilere karşı sorumluluklarını yerine getirmek üzere ürettikleri ürünün bir kısmını çevreye en az zararı verecek şekilde yok etmek zorunda kalmaktadır. Yukarıdaki çalışmaların bir kısmında yoketme opsiyonu modele dâhil edilmişken [Örn. 1,3,9], bazılarında dikkate alınmamıştır [Örn. 2, 8, 16]. Öte yandan, bazı çalışmalarda lojistik sistemi, tek ürün için modellenirken [Örn. 1, 4, 6], diğerlerinde ise çok ürünlü bir yapı dikkate alınmıştır [Örn. 2, 8, 13]. Çalışmaların büyük çoğunluğunda deterministik yapı söz konusudur [Örn. 1, 9, 12], küçük bir kısmında ise geri kazanım sistemlerinin yapısında var olan geri dönen ürünlerin miktarı, zamanı ve kalitelerindeki belirsizliklerle baş edebilmek için stokastik yapıda modeller geliştirilmiştir [Örn. 5, 8, 15], bazılarında ise benzetim kullanılmıştır [Örn. 13].

### **5.3.1 Bütünleşik modeller**

Çizelge 5.2’de verilen çalışmaların ilk 9 tanesi ileri ve tersine akışı birlikte modelleyen makaleler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bıyık ve diğerleri (2007), çalışmalarında Fleischmann (2000)’ın çalışmasında yer verdiği özel durumlar için genişletilebilecek temel model olan karışık tamsayılı doğrusal programlama modelini incelemişlerdir. Yazarlar ilgili bir örnekte modeli kullanmışlardır. Du ve Evans (2008), onarım görmek için servise dönen ürünlerin geri akışını konu edinen iki amaçlı bir model geliştirmişlerdir. Üreticinin satış sonrası hizmetleri için dış kaynak kullanımı yoluna gitmesi durumu incelenmiştir. Mutha ve Pokhanel (2008), çalışmalarında, dönen ürünlerin yeniden işleme merkezlerine denetleme veya parçalara ayrılma için gönderilmeden önce veri ambarlarında birleştirilmesi gerektiği

kabul edilmiştir. Ayrılan parçalar yeniden üretime veya yedek parça olarak ikincil pazarlara gönderilmektedir. Bu modüllerin geri dönüşümü ve imhası da gözönüne alınmadan tersine lojistik tasarımı için matematiksel model kurulmuştur. Cruz-Rivera ve Ertel (2008), çalışmalarında Meksika'daki ömrü tükenmiş taşıtların toplama ağı tasarımı yapmışlardır. Problem, kapasite kısıtı olmayan tesis yerleştirme problemi olarak modellenmiştir. Toplama yüzdesine bağlı olarak üç senaryo geliştirilmiştir ve her biri, sonucunda kaç tane tesisin hangi kapsama mesafesinde açılacağı ve mâliyetlerin ne olacağı belirlenmiştir. El-Sayed ve diğerleri (2008), çalışmalarında risk altında çok periyotlu çok katmanlı ileri-tersine lojistik ağ tasarım modeli geliştirilmiştir. Önerilen ağ yapısı, ileri yönde üç katman (tedârikçi, tesis, dağıtım merkezi) ve tersine yönde iki katman (demontaj ve yeniden dağıtım merkezi), talebin stokastik olduğu birinci müşteri bölgesi ve talebin deterministik olduğu ikinci müşteri (stokastik olduğu da düşünülebilir) bölgesini içerir. Toplam beklenen kârı enbüyüklemek için problem SMILP şeklinde formüle edilmiştir. Yongsheng ve Shouyang (2008), daha önceki çalışmalar genel olarak yeniden üretimi kapsayan çalışmalar olduğu için çalışmalarında onarım ve yeniden üretim seçeneklerinin eşzamanlı olarak düşünüldüğü tersine dağıtım ağı tasarımı çalışmışlardır. Dal-sınır algoritması ile çözdükleri karışık tamsayılı modeli doğrulamak için sayısal bir örneğe yer vermişlerdir. Gülsün ve diğerleri (2008), tersine lojistik ağlarında önemli kararlar olan uygun miktar ve merkezî geri dönüş merkezleri için uygun yerlerin belirlenmesinde Tavlama Benzetimi (TB) kullanarak yeni bir yaklaşım önerilmişlerdir. Modelin ve çözüm yönteminin açıklanması için sayısal örnek verilmiştir. Çalışma, Tavlama Benzetimi algoritmasının tersine lojistik ağı tasarımında kullanılan ilk çalışmadır. Lee ve Dong (2008), yaşam çevrimini tamamlamış bilgisayarların geri kazanımı için geliştirdikleri deterministik model ile ileri ve tersine akışı optimize etmeye çalışmışlardır. Modelin çözümü için sezgisel bir yöntem geliştiren yazarlar, sayısal analizlerle önerilen yöntemin geçerliliğini test etmişlerdir. Lee ve Dong (2009), belirsizliği modele yansıtabilmek için dinamik yerleştirme atama modelleri önermektedirler. Çok periyotlu tersine lojistik ağı tasarımı için deterministik model genişletilerek iki aşamalı stokastik programlama modeli geliştirmişlerdir. Önerilen yöntemde, yaklaşık çözüm veren sezgisel algoritmaları da sunmuşlardır. Geliştirilen stokastik modelin anlamlılığını ve önerilen çözüm yönteminin etkinliğini göstermek için sayısal örnek vermişlerdir.

### 5.3.2 Bağımsız modeller

Louwens ve diğerleri (1999), halı geri dönüşümünü ele alan bir çalışma yapmışlardır. Yazarlar halı malzemelerinin toplanması, yeniden işlenmesi ve yeniden dağıtımı için bir tesis yer seçimi ve atama problemi geliştirmişler ve modelin Avrupa ve ABD’de olmak üzere iki farklı uygulamasını yapmışlardır. Kim ve diğerleri (2006), üreticilerin tedârik parçaları için dış tedârikçiden gerekli parçaları sipariş ettiği veya dönen ürünlerin gerekli onarımını yaparak onları yeni koşullara getirerek elde ettiği iki seçeneği olan durumda tersine lojistikte yeniden kullanılabilir parçaların yeniden üretim sürecini tartışmıştır. Bu yeniden üretim ortamı için genel bir yapı sunulmuş ve toplam mâliyet kazancını enbüyükleyen matematiksel model önerilmiştir. Modelde her bir yeniden üretim tesisinde işlenecek parçaların miktarı ve taşıyon firmalardan satın alınacak parça sayısı belirlenmektedir. Duyarlılık analizi yapılmıştır. Logozar ve diğerleri (2006), tersine lojistik ilkelerine dayalı genel model geliştirmişlerdir. Bu model, alüminyum üretim fabrikasında belirli üretim birimleri arasındaki iç alüminyum atık taşımalarını azaltmayı amaçlamaktadır. Tersine lojistik, genellikle dış süreçlerde ele alınmıştır, çalışmada bu nedenle fabrika içi süreçlere tersine lojistik ilkeleri uygulanmıştır. Kara ve diğerleri (2007), çalışmalarında Sidney metropolitan bölgesinde ömrü tükenmiş âletleri toplamak için tersine lojistik ağı simülasyon modeli oluşturmuşlardır. Sistemin “ne-eğer” yapısı ile nasıl davrandığını anlama özelliğini sağlamış ve daha ayrıntılı analizler için hangi etmenlerin daha önemli olduğunu belirlemişlerdir. Bunun için duyarlılık analizini girdileri, sabit ve değişken taşıma mâliyetlerini, yükleme ve boşaltma zamanları ve stok mâliyetlerinin etkisini analiz etmek için kullanılmıştır. Gülsün ve diğerleri (2007), merkezî toplama merkezî yerleştirmeleri için gerekli sayı ve konumları belirleyen modeli genetik algoritmaları kullanarak çözmüşlerdir. Ağ tasarımı belirsizlik en önemli sorundur. Belirsizlikle baş eden yöntemler, araştırmacılara gerçekçi sonuçlar getirir. Stokastik programlama, belirsizliğin üstesinden gelen yeterli bir yaklaşımdır. Soner ve Onut (2007), çalışmalarında belirsizlik altında tersine tedârik zinciri ağ tasarımı ile ilgili bir örnek sunmuşlardır. Srivastava (2008), çok ürünlü çok katmanlı kâr enbüyükleyen tersine lojistik ve değer kazanım ağını modellemiştir. İki aşamalı hiyerarşik optimizasyon modelini kurmuştur. Kâğıt geri dönüşümünü ele alan bir çalışma; Pati ve diğerleri (2008) tarafından yapılmıştır. Yazarlar, atık kâğıtların geri dönüşümü için amaç programlama yaklaşımını kullanmıştır. Çalışmada çok ürün,

çok aşama ve çok tesisli bir yapı dikkate alınmıştır. Aras ve Aksen (2008), çalışmalarında tüketicilerden gelen kullanılmış ürünleri toplamak için toplama merkezlerini yerleştirme problemini ele almışlardır. Ürünlerin toplanması, tüketiciler için verilen özendiricilere (ekonomik) ve toplama yerlerinin uzaklıklarına bağlıdır. Dönen ürünler, kalitelerine göre sınıflara ayrılır ve dönüş tipi diye adlandırılır. Her dönüş tipi için farklı özendirici önerilir. Dönüş kârını arttırmak için toplama merkezlerini optimal yerleştiren ve dönüş tipine göre optimal özendirici değeri belirleyen karışık tamsayılı doğrusal olmayan tesis yerleştirme atama modeli oluşturulmuştur. Model NP zor olduğu için Tabu arama ve Fibonacci arama sezgisel yaklaşımlarını kullanmışlardır. Önerilen çözüm yönteminin performansını, hesaplamalı örnekte belirlemişlerdir.

Literatürde tersine lojistik ağı tasarımı konu edinen pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, son dönemlerde konuyla ilgili yapılmış olan çalışmalar incelenmiş ve genel özellikleri analiz edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmalar, ileri ve tersine akışı bağımsız ya da bütünleşik olarak modellemeleri, amaç fonksiyonu yapıları, örnek olay içerip içermemeleri gibi farklı özellikleri dikkate alınarak sınıflandırılmıştır.

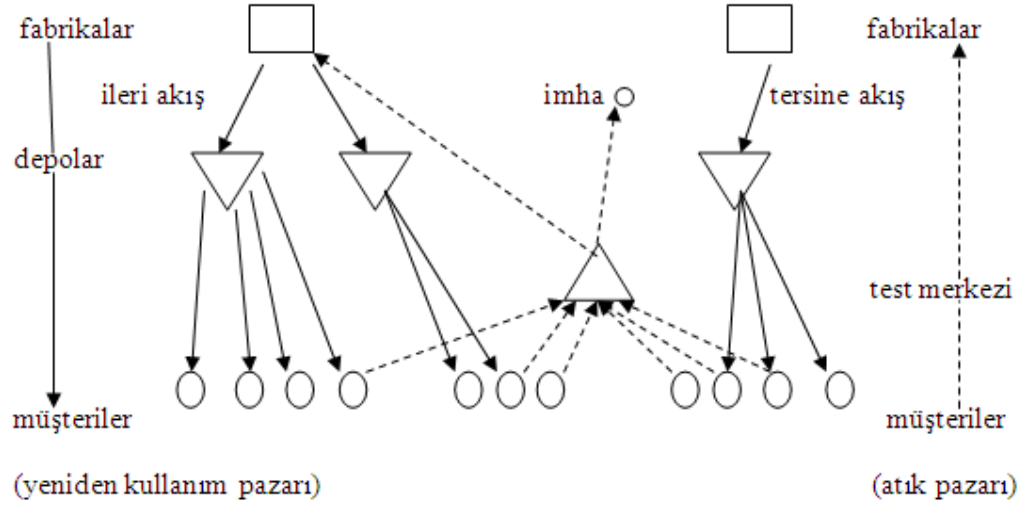
#### **5.4 Tersine Lojistik Ağı Tasarımı İçin Temel Tesis Yerleştirme Modeli**

Temel tesis yerleştirme modelleri karışık tamsayılı doğrusal programlama modelleridir. Lojistik ağ tasarımı problemlerinde karışık tamsayılı doğrusal programlama (MILP) tesis yerleştirme modelleri yaygın olarak yer almıştır. Literatürdeki çalışmalar kapasitesiz tesis yerleştirme modellerinden karışık kapasiteli çok katmanlı çok ürünlü modellere geçmişlerdir. Bununla beraber optimizasyon modellerinin birlikte kullanılması ile çok sayıda güçlü çözüm algoritmaları, hibrit modeller oluşturulmuştur (Dekker ve diğerleri, 2004).

Tersine lojistik ağı tasarımı nicel yaklaşımlar için MILP yerleştirme problemleri uygun bir başlangıç olarak kabul edilmektedir. Birçok araştırmacı MILP yerleştirme modellerini tersine lojistik çalışmalarına adapte etmiştir (Dekker ve diğerleri, 2004).

Geri kazanım ağları kullanılmış ürünlerin toplandığı atık pazarı ve geri kazanılan ürünlerin yeniden satıldığı yeniden kullanım pazarları arasındaki bağlantıyı sağlayan yapılarıdır. Bu tanım ile tersine lojistik ağın sınırları belirlenmiş olur. Bu sınırların yanında, seçme ve sınıflamanın yapıldığı demonte merkezleri, yeniden üretimin ve

yeni ürün üretiminin yapıldığı fabrikalar, dağıtım depoları dikkate alınmıştır. Toplanan ürünler için iki seçenek vardır: geri kazanım ve imha. Tek ürün tipi ile ağ yapısı üç kademedir oluşmaktadır. Test merkezleri, fabrikalar ve dağıtım depoları (Dekker ve diğerleri, 2004). Ağın genel yapısı şekil 5.2’ de görülmektedir (Guide ve diğerleri, 2001).



**Şekil 5.2:** Geri kazanım ağı modelinin yapısı.

Geri kazanımın belirli maksimum oranla sınırlandırıldığı yapı MILP ile modellenmiştir.

İndis kümesi

$I$  = Potansiyel fabrika yerleri kümesi

$J$  = Potansiyel depo yerleri kümesi

$K$  = Sabit müşteri yerleri kümesi

$L$  = Potansiyel test merkezi yerleri kümesi

Değişkenler

$Y_i^p$  =  $i$  fabrikasını açma göstergesi,  $i \in I$

$Y_j^h$  =  $j$  deposunu açma göstergesi,  $j \in J$

$Y_l^r$  =  $l$  test merkezini açma göstergesi,  $l \in L$

$X_{ij}^p$  =  $i$  fabrikasından  $j$  deposuna akan ürün miktarı

$X_{jk}^h$  = j deposundan k müşterisine akan ürün miktarı

$X_{kl}^c$  = k müşterisinden l test merkezine akan ürün miktarı

$X_{li}^r$  = l test merkezinden i fabrikasına akan ürün miktarı

$V_k$  = k müşterisinin karşılanmayan talep miktarı

$U_k$  = k müşterisinden kullanılmış ürün (atık ürün) tedarîği miktarı

Mâliyetler

$f_i^p$  = i fabrikasını açmanın yıllık sabit mâliyeti,  $i \in I$

$f_j^h$  = j deposunu açmanın yıllık sabit mâliyeti,  $j \in J$

$f_l^r$  = l test merkezini açmanın yıllık sabit mâliyeti,  $l \in L$

$C_{ij}^p$  = i fabrikasında birim üretim mâliyeti ve i fabrikasından j müşterisine birim nakliye mâliyeti toplamı

$C_{jk}^h$  = j deposunda birim elleçleme ve depolama mâliyeti ve j deposundan k müşterisine birim nakliye mâliyeti toplamı

$C_{kl}^c$  = k müşterisinden l test merkezine birim nakliye mâliyeti ve test, kontrol, imha etme mâliyeti toplamı

$C_{li}^r$  = l test merkezinden i fabrikasına birim ulaşım mâliyeti ile yeniden işleme mâliyeti eksi üretim mâliyeti toplamı

$C_k^b$  = k müşterisinin talebinin karşılanmaması birim ceza mâliyeti

$C_k^o$  = k müşterisinden ürünlerin geri toplanılmaması ceza mâliyeti

Parametreler

$d_k$  = k müşterisinin yıllık talebi,  $k \in K$

$u_k$  = k müşterisinden yıllık kullanılmış ürün dönüşü,  $k \in K$

$\gamma$  = ortalama geri kazanım başarısı

$p_i$  = i fabrikası yıllık kapasitesi,  $i \in I$

$h_j$  = j deposu yıllık kapasitesi,  $j \in J$

$r_l$  = l test merkezi yıllık kapasitesi,  $l \in L$

Tersine lojistik ağı tasarımı MILP modeli ile aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$\begin{aligned}
 \min \quad & \sum_{i \in I} f_i^p Y_i^p + \sum_{j \in J} f_j^h Y_j^h + \sum_{l \in L} f_l^r Y_l^r + \\
 & \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij}^p x_{ij}^p + \sum_{k \in K} (c_k^b v_k + \sum_{j \in J} c_{jk}^h x_{jk}^h) + \\
 & \sum_{k \in K} (c_k^o U_k + \sum_{l \in L} c_{kl}^c x_{kl}^c) + \sum_{l \in L} \sum_{i \in I} c_{li}^r x_{li}^r
 \end{aligned} \tag{5.1}$$

kısıtlar

$$\sum_{j \in J} x_{jk}^h + v_k = d_k \quad \forall k \in K \tag{5.2}$$

$$\sum_{l \in L} x_{kl}^c + U_k = u_k \quad \forall k \in K \tag{5.3}$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij}^p = \sum_{k \in K} x_{jk}^h \quad \forall j \in J \tag{5.4}$$

$$\sum_{l \in L} x_{li}^r \leq \sum_{j \in J} x_{ij}^p \quad \forall i \in I \tag{5.5}$$

$$\sum_{i \in I} x_{li}^r \leq \gamma \sum_{k \in K} x_{kl}^c \quad \forall l \in L \tag{5.6}$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij}^p \leq p_i Y_i^p \quad \forall i \in I \tag{5.7}$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij}^p \leq h_j Y_j^h \quad \forall j \in J \tag{5.8}$$

$$\sum_{k \in K} x_{kl}^c \leq r_l Y_l^r \quad \forall l \in L \tag{5.9}$$

$$Y_i^p, Y_j^h, Y_l^r \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in J, l \in L \tag{5.10}$$

$$X_{ij}^p, X_{jk}^h, X_{kl}^c, X_{li}^r, U_k, V_k \geq 0 \quad \forall i \in I, j \in J, k \in K, l \in L \tag{5.11}$$

(5.1) formülasyonu amaç fonksiyonunu ifâde etmektedir. Amaç fonksiyonu sırasıyla açık fabrikaların yıllık mâliyeti, açık depoların yıllık mâliyeti, açık test merkezlerinin yıllık mâliyeti, i fabrikasından j deposuna ürün üretme ve nakliye mâliyeti, k müşterisi talep mâliyeti, k müşterisi ürün geri toplama mâliyeti ve l test merkezinden i fabrikasına nakliye, yeniden işleme ve üretim mâliyetleri toplamını enküçüklemeyi amaçlar.

(5.2) kısıtı, tüm müşteriler için depolardan müşterilere olan yıllık ürün akışı ile karşılanamayan müşteri talebinin yıllık müşteri talebine eşit olması gerektiğini belirtir.

(5.3) kısıtı, müşterilerden test merkezlerine gelen kullanılmış ürün akışı ile müşterilerden toplanamayan atık ürün miktarının müşterilerden toplanan tüm kullanılmış ürün miktarına eşit olması gerektiğini belirtir.

(5.4) kısıtı, fabrikalardan depolara gelen ürün miktarının depolardan müşterilere gönderilen ürün miktarına eşit olması gerektiğini belirtir.

(5.5) kısıtı, test merkezlerinden fabrikalara gelen ürün miktarının fabrikalardan depolara giden ürün miktarına eşit veya ondan küçük olması gerektiğini belirtir.

(5.6) kısıtı, test merkezlerinden fabrikaya giden ürün miktarının müşterilerden test merkezlerine giden ürün miktarından eşit veya ondan küçük olması gerektiğini gösterir.

(5.7) kısıtı, depolardan fabrikaya giden yıllık ürün miktarının fabrikanın yıllık kapasitesinden eşit veya ondan küçük olması gerektiğini gösterir.

(5.8) kısıtı, fabrikalardan depolara giden yıllık ürün miktarının depoların yıllık kapasitesinden eşit veya ondan küçük olması gerektiğini gösterir.

(5.9) kısıtı, müşterilerden test merkezlerine olan yıllık ürün akış miktarının test merkezi kapasitelerine eşit veya ondan küçük olması gerektiğini gösterir.

(5.10) kısıtı, fabrika, depo ve test merkezlerinin açık olma veya açık olmama durumunu gösteren 0-1 tamsayı kısıtıdır.

(5.11) kısıtı ise fabrikalardan depolara, depolardan müşterilere, müşterilerden test merkezlerine, test merkezlerinden fabrikalara, karşılanmayan müşteri talebi ve toplanmayan kullanılmış ürün miktarının pozitif olma kısıtıdır.

Formülasyonun çözüm hızını arttırmak için aşağıdaki eşitsizlikler eklenebilir.

$$X_{jk}^h \leq \min(d_k, h_j) Y_j^h \quad \forall j \in J, k \in K \quad (5.12)$$

$$X_{kl}^c \leq \min(u_k, r_l) Y_l^r \quad \forall k \in K, l \in L \quad (5.13)$$

Model çok genel bir yapıya sahip olduğu için çok çeşitli tersine lojistik durumları için kullanılabilir.  $d_k$  ve  $u_k$  parametrelerinin farklı şekilde kullanılarak kapalı ve açık çevrim yapıları yansıtılabilir. Örneğin bazı müşteriler için  $d_k \cdot u_k > 0$  olması ile kapalı çevrim durumu karakterize edilebilir (Dekker ve diğerleri, 2004).

Formülasyon çoklu aşama tesis yerleştirme modellerinden çok farklılık göstermemektedir. Farklı olarak dikkat edilmesi gereken  $d_k$  ve  $u_k$  parametreleridir. Bu parametreler kullanılmış ürünün arz ve talep tarafındaki pazar durumlarını dengeleme ihtiyacını yansıtır. Farklı olarak düşünülen diğer eleman ise (5.6)' ile sağlanan ek bağımsızlık derecesidir. Böylece imha hacmi sabit bir oran yerine alt sınırla kısıtlanır, geri kazanım stratejisi ve ağ tasarımı eş zamanlı olarak eniyilenir. (Dekker ve diğerleri, 2004).

## **6. ATIK KIZARTMA YAĞLARI**

Atık yağlar basit bir çevre sorunu olarak görülmekte ve henüz değeri yeterince anlaşılmamış bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Yaygın olarak mutfaklarda ve makinalarda kullanılan yağlar kullanıldıktan sonra ekotoksik özellik göstererek ciddi tehlike oluşturmaktadır (Gezmiş ve diğerleri, 2008).

Kullanım alanlarına göre atık yağları aşağıdaki gibi sınıflandırabiliriz (Bitkisel ve Hayvansal Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği; Gezmiş ve diğerleri, 2008):

1. Bitkisel atık yağlar: Rafine sanayinden çıkan soap-stock'ları, tank dibi tortularını, kullanılmış kızartma yağları, çeşitli tesislerin yağ tutucularından çıkan yağları ve kullanım süresi geçmiş olan bitkisel yağları içerir.
2. Hayvansal atık yağlar: Gıda ihtiyacında kullanılmayan hayvansal yağlardan oluşur.
3. Atık madeni yağlar: Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği kapsamına giren atık motor ve sanayi yağlarıdır.

Atık yağlar lisanslı geri kazanım tesislerinde işlem gördükten sonra çeşitli sektörlerde yeniden kullanılabilmesi gibi, çimento tesisleri gibi yüksek sıcaklıklarda işlem yapan tesislerde yakıt olarak da kullanılabilir.

Çalışmanın izleyen kısmında atık kızartma yağlarının geri kazanım nedenleri, toplanması, geri kazanımda rol alan elemanlar, geri kazanım tesisleri ve geri kazanılan ürünlerin kullanım alanları incelenmiştir.

### **6.1 Atık Kızartma Yağları Geri Kazanımına Neden Olan Güçler**

Tersine lojistik etkinliklerinin; ekonomik nedenler, yasalar veya kurumsal sorumluluk gibi güçler tarafından gerçekleştirileceğini belirtmiştik. Atık kızartma yağlarının geri kazanım nedenlerini, kurumsal sorumluluk ve yasalar ile doğrudan ilgili olan çevresel nedenler, ekonomik nedenler ve yasalar olarak ele alabiliriz.

### 6.1.1 Atık kızırtma yağları geri kazanımında çevresel nedenler

Atık kızırtma yağlarının çevreye verdiği zararlar şunlardır:

1. Kanalizasyon şebekesine dökülen bitkisel yağlar, suların kirlilik yükünü arttırdığı gibi kanal borusu yüzeyine yapışarak kanal kesitinin zamanla daralıp tıkanmasına neden olur. Atık yağların atık suya karışması ile kirlilik daha geniş alana yayılır. Bitkisel atık yağların kanalizasyon şebekesine dökülmesi, evsel atık su kirliliğinin % 25'ini oluşturur (Öztürk, 2004; Alptekin ve Çanakçı, 2006).
2. Atık su arıtma tesislerinin kirlilik yükünü hızlı ve yoğun bir şekilde arttıran atık yağlar, işletme mâliyetini yükseltir. (Gezmiş ve diğerleri, 2008 ; Öztürk, 2004).
3. Atık yağların evsel atıklarla karıştırılması katı atık depolama sahalarında yangınlara sebep olmaktadır (Gezmiş ve diğerleri, 2008).
4. Suya döküldüğü zaman su yüzeyini kaplayan ve güneş ışığını engelleyen bitkisel atık yağlar, zamanla sudaki oksijenin tükenmesini hızlandırır ve canlı yaşamına zarar verir (Gezmiş ve diğerleri, 2008).
5. Yapılan araştırmalar 1 litre atık yağın, 1 milyon litre suyu kullanılamaz, 5 milyon litre suyu içilemez hale getirdiğini göstermektedir (Gezmiş ve diğerleri, 2008).

Bitkisel atık yağların tehlikesi Türkiye’de ancak 1998’de anlaşılmış ve 2872 sayılı çevre kanununa eklenen “ Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği” ile “Tehlikeli Atık” sınıfına girmiştir. Yönetmeliğe göre; atık üreticisi olarak tanımlanan, otel, motel, tatil köyleri, lokantalar, yemeklik yağ üreten fabrikalar, hazır yemek üretimi yapan işletmeler, ilgili yönetmelik esaslarına uygun olarak lisanslarını almış olan atık bertaraf tesislerinde insan sağlığı ve çevreye yönelik zararların en aza düşürüleceği yöntemlerle atık yağlarını bertaraf ettireceklerdir. Ancak günümüzde bu yönetmeliğin uygulanması yeterince denetlenmemektedir (Gezmiş ve diğerleri, 2008).

Atık kızırtma yağlarının çevreye verdiği zararlar yanında geri kazanım ile biyodizele dönüştürülmesi ile sağladığı yararlar da geri kazanım sürecinin itici gücü olmuştur. Biyodizel ile sağlanan yararlar şöyledir:

1. Sera gazı emisyonunda düşüş sağlanır. İklim değişimi konusunda Birleşmiş Milletler Çerçeve Konvensiyonuna ilişkin Kyoto Protokolüne ülkemiz de taraftır. Taraf olan ülkeler sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek amacıyla protokolde

Madde 3'e uygun olarak sayısallaştırılmış emisyon sınırlaması ve indirimini yerine getirmek amacıyla ulusal koşullara uygun olarak politika ve önlemler uygulayacak ve/veya geliştirecektir, denmiştir (Oktay ve diğerleri, 2007). Bu durumda atık kızırtma yağlarından biyodizel üretimi hem geri kazanım ile sulara ve dolayısıyla canlıya verilecek zararı önler hem de Kyoto Protokolüne uygun davranışı sağlar. Her bir ton biyodizel kullanılması halinde 3 ton karbondioksit emisyonu azalır (Gezmiş ve diğerleri, 2008). Bu orana göre atık kızırtma yağlarının biyodizel üretiminde kullanılması ile motorine göre atmosfere atılan sera gazı CO miktarı 900 bin ton azalacaktır (Öztürk, 2006).

2. Biyolojik olarak bozunabilirliği yüksektir. Biyolojik bozunma herhangi bir bileşimin toprakta mikrobiyal etkinlikler ile parçalanabilirliğidir. Biyodizel ve fosil dizeli için yapılan test sonuçları; petrol dizelinin 21 gün sonunda ancak % 72'sinin parçalanabildiğini, biyodizelin ise % 95'inin parçalanması için 21 günün yeterli olduğunu göstermiştir (Oktay ve diğerleri, 2007; Karaosmanoğlu, 2002).

3. Zararlı egzoz emisyonları azalır. Biyodizel kullanımı petrol dizeline kıyasla emisyonlarda önemli ölçekte düşüş sağlar. Biyodizel ve % 20 biyodizel içeren petrol dizeli kullanımı sonucu açığa çıkan emisyon değerleri karşılaştırmalı olarak Çizelge 6.1'de gösterilmiştir (Utlı, 2005; Oktay ve diğerleri, 2007; Karaosmanoğlu, 2002).

**Çizelge 6.1:** B20 ve B100 yakıtları emisyonlarının yüzde değerleri.

| <b>Emisyonlar</b>                 | <b>B20</b> | <b>B100</b> |
|-----------------------------------|------------|-------------|
| CO: Karbonmonoksit                | % -6.90    | % -34.50    |
| PM: Partikül Madde                | % -6.48    | % -32.41    |
| HF: Hidroflorik Asit              | % -3.10    | % -15.51    |
| SO <sub>x</sub> : Kükürt Oksitler | % -1.61    | % -8.03     |
| CH <sub>4</sub> : Metan           | % -0.51    | % -2.57     |
| NO <sub>x</sub> : Azot Oksitler   | % 2.67     | % 13.35     |
| HCl: Hidroklorik Asit             | % 2.71     | % 13.54     |
| HC: Hidrokarbonlar                | % 7.19     | % 35.96     |

4. Kanser yapıcı klorlu organik maddelerin egzozdan atmosfere atılmasının önlenmesi yanında egzozdan motorine göre kirletici atılması % 75 daha fazla önlenir (Öztürk, 2004).

5. Biyodizelin yapısında sülfür bulunmaz. Bundan dolayı egzozdan motorinin aksine kükürtdioksit atılmaz (Öztürk, 2004). Yakıtların içinde bulunan sülfür yanma sonucu havadaki nem ile birleşerek asit yağmurlarına neden olur (Alptekin ve Çanakçı, 2006).

6. Zehirli değildir. Biyodizel gıda yapımında kullanılan yağların bir türevi olarak düşünülebileceği için canlı metabolizmasına zararlı bir yapı içermez. Fareler üzerinde yapılan testler ağız yolu ile alındığında canlının her 1 kg vücut ağırlığı için 2.000 mg'a kadar biyodizel almasının hiç bir zehir etkisi yaratmadığını göstermiştir. Bu özelliği herhangi bir kaza durumunda nehire veya göllere biyodizel dökülmesinin su canlılarına zararının olmayacağını göstermektedir (Oktay ve diğerleri, 2007).

7. Motorun daha sessiz çalışmasını sağlaması ile gürültü kirliliğini önleyicidir.

### **6.1.2 Atık kızartma yağları geri kazanımında ekonomik nedenler**

Petrol ürünleri motorlu taşıt endüstrisinin temel enerji girdisidir. Dünya petrol kaynakları belirli bölgelerde toplanmıştır. Bu durum, siyasi ve ekonomik nedenlerden dolayı zaman zaman petrol krizlerine neden olmuştur. Petrolün belirli bir rezerve dayalı sonlu bir kaynak olması ile birlikte, termik motor teknolojisi petrole bağımlı gelişmiştir. Bu durumda kullanılan yakıtlara alternatif olarak yeni yakıtların araştırılıp varolan motor teknolojisinde değişiklik yapmadan ortaya konulması gerekli hale gelmiştir (Utlı, 2005).

Biyodizel üretimi için gerekli mâliyet unsurları ile ilgili çeşitli yüzdeler belirlenmiştir. Ortalama olarak gerekli mâliyetin % 84'ü hammadde olarak tarımsal ürünleri oluşturmaktadır (Bautista ve diğerleri, 2009). Bu konuda yapılan tüm çalışmalarda biyodizel ücretlerinin pahalı olmasının en büyük nedeni ham bitkisel yağların mâliyetleri olarak düşünülmektedir. Biyodizel üretiminde kullanılan ham bitkisel yağlar ayçiçeği, mısır, pamuk tohumu, yer fıstığı, soya, keten tohumu, fındık, susam, haşhaş, kolza, aspir, kenevir tohumundan elde edilmektedir (Utlı, 2005). Bu yüzden soya vb. yağların kullanılması ile elde edilen biyodizel yakıtlar motorinden daha pahalıdır. Amerika'da bir varil motorin fiyatı 1.21 \$ iken bir varil biyodizel fiyatı 2.22 \$'dır ( Issariyakul ve diğerleri, 2008 ). Biyodizel üretim mâliyetleri düşürülmesi gerekmektedir. Bitkisel yağlar dizel motorlarında kullanılamayacak kadar pahalıdır. Biyodizel yakıtlar daha çok petrolün bulunamadığı ya da yeterli olmadığı acil gereksinim durumlarında kullanılmaktadır (Alptekin ve Çanakçı,

2006). Bu durumda mâliyetleri düşürmek için uygulanabilecek en iyi yöntem, ham bitkisel yağlar yerine atık kızartma yağlarının kullanılmasıdır. Çünkü atık kızartma yağları ham bitkisel yağların mâliyetinin yarısına mâl olmaktadır (Encinar ve diğerleri, 2005; Predojevic, 2008 ). Yapılan araştırmalarda göz önüne alınmayan bir konu, atık kızartma yağlarının lojistik mâliyetlerinin azaltılması ile atık kızartma yağından üretilen biyodizel fiyatını önemli ölçüde azaltılacağıdır.

Yılda yaklaşık 300.000 ton bitkisel atık yağ ulusal ekonomiye kazandırılarak 300.000 ton biyodizel üretilir (Öztürk, 2004; Gezmiş ve diğerleri, 2008). Bu atık yağlar biyodizel üretiminde kullanıldığında yılda 480 milyon TL kazanç sağlanacaktır (Alptekin ve Çanakçı, 2006).

Ülkemiz petrolü en pahalı tüketen ülkelerden biridir. Dünyada petrol fiyatları artmakta ve petrol ihtiyacımızın yaklaşık % 88-92'si dış alımla karşılanmaktadır. Ülkemizde dizel motorlu araçlar, toplam araçlar içerisinde % 35,85'lik paya sahiptir. Bu nedenle her yıl yaklaşık 8,5 milyon ton dizel yakıt üretimi için petrol ithal edilmektedir. Bununla birlikte ülkemizde her yıl ortalama 1,85 milyon ton bitkisel kaynaklı atık kızartma yağı oluşmaktadır (Utlı, 2005). Yerli üretimden elde edilen hammaddenin kullanılmasıyla yüksek mâliyet oluşurken ithal edilen ham madde mâliyeti daha da arttırmaktadır.

### **6.1.3 Atık kızartma yağları geri kazanımında yasal nedenler**

Ülkemizde Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan “Bitkisel ve Hayvansal Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği” vardır. Bu yönetmeliğe göre:

Bitkisel ve hayvansal atık yağlar ile bu yağların işlenmesi sonucu oluşan atıkların çevreye zarar verecek şekilde depolanması, taşınması, doğrudan veya dolaylı bir biçimde yüzeysel sular ile yeraltı suyuna, denizlere, kanalizasyona, drenaj sistemleri ile toprağa verilmesi ve varolan düzenlemeler ile belirlenen limitleri aşarak hava kirliliğine neden olacak şekilde yakılması yasaktır.

Kullanılmış kızartmalık yağların doğrudan veya dolaylı olarak yemeklik yağlara, ham yağlara, mineral yağlara, büyük ve küçükbaş hayvanların yemlerine karıştırılması yasaktır. Bu yağlar ancak biyodizel üretim tesislerinde geri kazanım amacıyla kullanılabilir. Biyodizel üretimine uygun olmayan kullanılmış kızartmalık yağlar bertaraf edilir.

Bitkisel ve hayvansal atık yağların yarattığı çevresel kirlenme ve bozulmadan doğan zararlardan dolayı, atık yağ üreticileri, toplayıcıları, taşıyıcıları, geri kazanım ve bertarafçılar kusur koşulu aranmaksızın sorumludur. Bu faaliyetler sonucu oluşan zararlardan dolayı tazminat sorumluluğu saklıdır.

Ayda 30 kg ve üzerinde kullanılmış kızartma yağı üreten lokanta, yemek fabrikaları, otel, motel, yemekhaneler, fast-food zincirleri, turistik tesisler ve tatil köyleri ile diğer benzeri tesisler, atık yağlarının toplanması için geri kazanım tesisleriyle veya bunların yetkilendirecekleri toplayıcılarla yıllık sözleşme yapmakla yükümlüdürler. Bu yağların ücretsiz olarak geri kazanımcıya veya toplayıcılara teslim edilmesi esastır.

Bitkisel ve hayvansal atık yağların yönetiminden kaynaklanan her türlü çevresel zararın giderilmesi için yapılan harcamalar, kirleten öder prensibine göre atıkların yönetiminden sorumlu olan gerçek ve tüzel kişiler tarafından karşılanır.

“Bitkisel ve Hayvansal Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği” dışında biyodizel üretimi için de bir yönetmelik vardır. Bu yönetmelik şu şekildedir: Üretilen biyodizel TSE EN 14214 standartına uygun olmalıdır. Fakat şu anda Türkiye’de ölçüm yapılamamaktadır. Ve enerji verimliliği kanun tasarısı gereği yerli üretimden üretilen biyodizelin en az % 2 oranında fosil yakıtlara katılma zorunluluğu vardır (Oktay ve diğerleri, 2007).

Avrupa Birliğinin 2003/30/EC Direktifi 2005 sonunda piyasaya arz edilen fosil yakıtlarına % 2 oranında biyoyakıt konulması zorunluluğunu getirmiştir. Bu oranın; 2006 yılında % 2,75, 2007 yılında % 3,50, 2008 yılında % 4,25, 2009 yılında % 5,00, 2010 yılında % 5,75 olması hedeflenmektedir. Bu yüzden, 2005 yılı verilerine göre yılda 12 milyon ton motorin kullanan Türkiye'nin 2005 yılı verilerine göre 240 bin ton, 2006 yılı verilerine göre ise 330 bin ton biyodizeli ulaşımında kullanması gerekmektedir. 2010 yılına kadar ulaşımında kullanılan motorin miktarı değişmez ise 2010 yılında kullanılması gerekli biyodizel miktarı 690 bin ton olacaktır (Alptekin ve Çanakçı, 2006).

## 6.2 Atık Kızartma Yağları Geri Kazanımında Ne, Nasıl ve Kim

Atık kızartma yağları geri kazanım ağı yapısı oluştururken dikkat edilmesi gereken etkenler neyi geri kazanılmaya çalışıldığı, nasıl geri kazanıldığı ve geri kazanımda kimlerin rol aldığıdır.

### 6.2.1 Atık kızartma yağları geri kazanımında ne

Kızartmada kullanılan yağ yüzeyinde sıçrama yağın sıcaklığı parlama noktasına ( $320^{\circ}\text{C}$ ) ulaştığında başlar. Yağ parlama noktasından alevlenme noktasına hızlı şekilde ulaşılır ( $400^{\circ}\text{C}$ ). Böylece yağ yüzeyinde yanma başlar. Yanmış yağın yemeklerde kullanılması ve bu yağlarla yemek pişirme işlemi yapılması yanlıştır. (Mustafa Öztürk, 2006). Çünkü sağlığı tehdit etmektedir.

Kızartma işlemi boyunca üç temel bozunma reaksiyonu oluşur. Suyun neden olduğu hidroliz, oksijen ve ısıнын neden olduğu oksijen ve termal bozunma ve bu tepkimeler sonucu oluşan polimerizasyondur. Ayrıca yağ ile gıda bileşenleri arasında bozunma ürünlerinin oluşumuna neden olan başka tepkimeler de oluşmaktadır. Kızartma işlemi sürdürüldükçe bozunma ürünlerinin miktarlarında artış gözlenir. Bu nedenle, kızartmalık yağların kullanımdan çekilmesi amacıyla bazı sınır değerler kabul edilir (Çanakçı, 2008).

Tüm bozunma ürünleri polar karakterli maddeler olduğu için, oluşan bozunma tepkimelerinin miktarı hakkında sağlıklı değerlendirmeleri, kızartma yağlarının toplam polar madde içerikleri (TPM) verebilmektedir. Bu nedenle, kızartma yağlarının kullanımdan çekilmesi için TPM içerikleri sınırlayıcı değer olarak kabul edilir. Bazı ülkelerde asit sayısı, dumanlanma noktası, oksitlenme içeriği gibi ek ölçütlerde de kullanılmaktadır. Çizelge 6.2’ de bazı Avrupa ülkelerinin kızartma yağlarını kullanımdan çekme ölçütleri gösterilmiştir. Ülkemizde ise bu ölçütler Tarım ve Köyişleri Bakanlığı tarafından yayınlanan “Kızartma amacı ile kullanılan katı ve sıvı yağların kontrol kriterleri tebliği” ile TPM içeriği ve dumanlanma noktası olarak belirlenmiştir. Çizelge 6.3’ te ölçütler ve değerleri yer almaktadır (Çanakçı, 2008).

**Çizelge 6.2:** Bazı Avrupa ülkelerinin kızartma yağlarını kullanımdan çekme ölçütleri.

| Ülke       | Toplam Polar Madde (%) | Toplam Polimerik Madde (%) | Oksitlenme İçeriği (%) | Asit Sayısı | Dumanlanma Noktası | Yüksek Sıcaklık (°C) |
|------------|------------------------|----------------------------|------------------------|-------------|--------------------|----------------------|
| Fransa     | < 25                   |                            |                        |             |                    |                      |
| Avusturya  | < 27                   |                            | < 1                    | < 2.5       | < 170              | < 180                |
| Belçika    | < 25                   | < 10                       |                        | < 5         | < 170              | < 180                |
| Almanya    | < 24                   |                            | < 0.7                  |             |                    |                      |
| İspanya    | < 25                   |                            |                        |             |                    |                      |
| Macaristan | < 25                   |                            |                        |             |                    |                      |
| İtalya     | < 25                   |                            |                        |             |                    | < 180                |
| Hollanda   | < 27                   | < 16                       |                        | < 4.5       |                    |                      |
| Portekiz   | < 25                   |                            |                        |             |                    |                      |

**Çizelge 6.3:** Ülkemizde kızartma yağlarını kullanımdan çekme ölçütleri.

| Özellik            | Limit   |
|--------------------|---------|
| Polar Madde        | ≤ %25   |
| Dumanlanma Noktası | <170 °C |

#### 6.2.1.1 Atık kızartma yağlarından biyodizel elde edilmesi

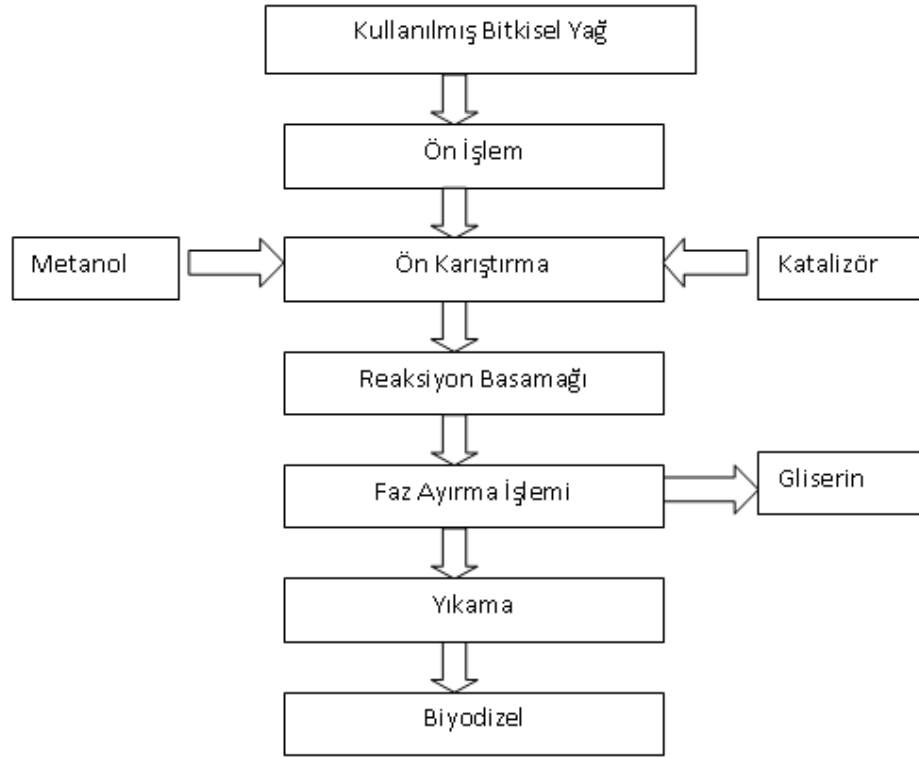
Biyodizel uzun zincirli yağ asitlerinin mono alkil esteri olması nedeni ile kimyasal olarak “yağ asiti metil ester” adıyla tanımlanmaktadır. Biyodizel; bitkisel (kolza, soya vb. bitkilerin) ya da hayvansal kökenli yağların bir katalizör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyonu sonucunda açığa çıkan, yakıt amaçlı ürünün adıdır. Şekil 6.1’de biyodizel üretimi gösterilmektedir (Utlı, 2005).

Atık kızartma yağına öncelikle kızartma artıklarından ve sudan ayrılması için ön işlem uygulanır. Tepkime öncesinde metanolün sudaki çözünürlüğü çok az olduğu için yağ, metanol ve katalizörün birbiriyle çok iyi karıştırılması gereklidir. Tepkime nükleofilik yer değiştirme tepkimesidir. Gliserin, metanol ile yer değiştirir ve yağ asidi metil ester oluşur.

Üretim için gerekli hammaddeler: Su içeriğinden ayrılmış, akışkan duruma gelmiş atık bitkisel kızartma yağı.

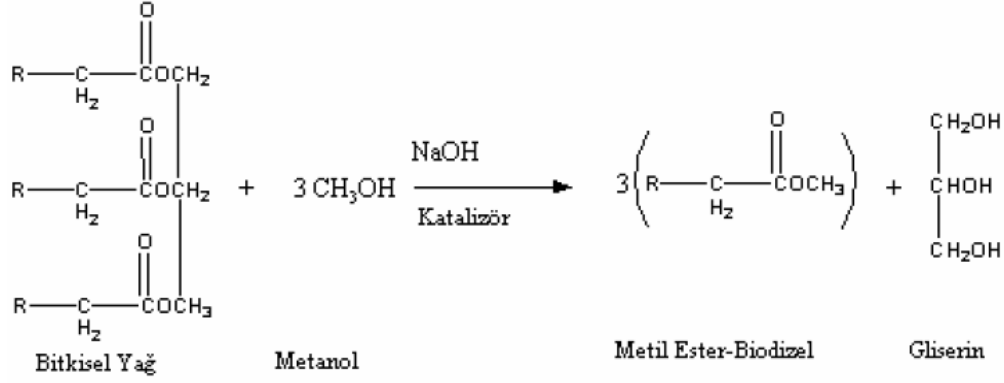
Katkı Maddeleri: Metanol (%99 saflıkta), KOH %90-%92, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> %95-%97, saf su.

Ürün: Biyodizel, ham gliserin.



**Şekil 6.1:** Biyodizel üretimi aşamaları.

Herhangi amaçla kullanılmış 20 lt' lik atık kızartma yağı işlem başlamadan önce 600-800 °C' ye kadar ısıtılır. Daha sonra elekten geçirilerek içinde bulunan (kızartma vb.) atıkları ayrıştırılır. İkinci işlemde 20 litre atık kızartma yağı için gerekli olan 4 litrelik (% 20) metil alkol bir kaba konup içerisine 160 gram potasyum hidroksit (katalizör olarak) katılarak tamamen çözününceye kadar karıştırılır. Bu sırada 20 lt yağ da 700 °C' de hazır durumdadır. İkinci aşamada hazırlanan metil ester 700 °C civarındaki atık yağ üzerine dökülerek karıştırılır. 8 saat beklendikten sonra oluşan gliserin dibe çöker. Üst tarafta kalan biyodizel kısmı alınır. Yıkama işlemi ile biyodizel içinde asılı kalan gliserin taneciklerinin tümüyle alınması sağlanır. Tepkime sonunda gliserin fazının ayrılması tam olarak gerçekleştirilir. (Utlı, 2005; Çanakçı ve Özsezen, 2005; Encinar ve diğerleri, 2005). Yukarıda sözedilen yöntem, Transesterifikasyon yöntemi olarak adlandırılmıştır. Şekil 6.2' de bu yöntem ile atık kızartma yağlarından biyodizel üretimi kimyasal denklemi yer almaktadır (Alptekin ve Çanakçı, 2008; Çanakçı ve Özsezen, 2005; Oktay ve diğerleri, 2007).



**Şekil 6.2 : Biyodizel üretim tepkimesi.**

### 6.2.2 Atık kızartma yağları geri kazanımında nasıl ve kim

Bu bölümde Türkiye’de uygulanan atık kızartma yağı toplanması ve geri kazanımında izlenen yol ve rol alan elemanlardan bir arada sözedilecektir. Daha sonra atık kızartma yağları geri kazanımı için yeni bir tersine lojistik ağ yapısı önerilecektir.

#### 6.2.2.1 Türkiye’de varolan durum

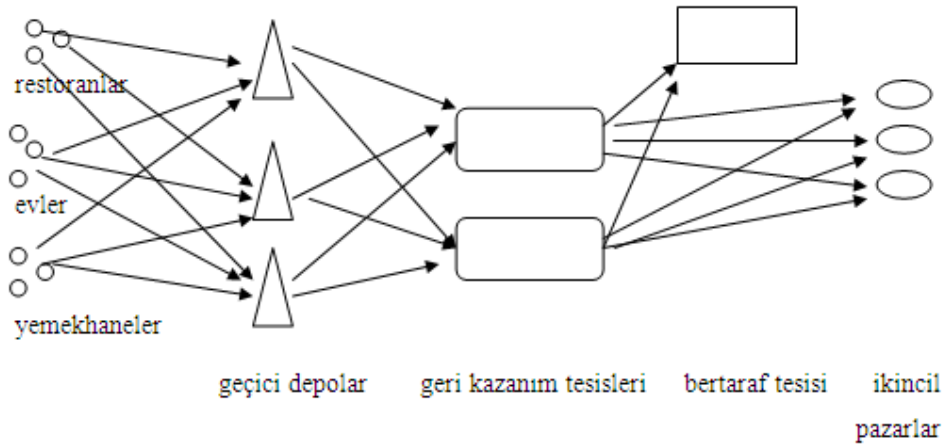
Türkiye’de Bitkisel ve Hayvansal Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği, 2004 yılında resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Atık kızartma yağlarının toplanması son 5 yıldır yapılmaktadır. Dönem dönem biyodizele olan talebin artması ile toplama işi daha fazla yapılmış ve konu ile ilgili işletmeler açılmıştır. Biyodizel üretiminde açığa çıkan gliserin, sabun ve hayvan yemi sanayisine satılarak gelir elde edilmekte iken, sabun sektöründe kullanılması Sağlık Bakanlığı tarafından ve hayvan yemi sektöründe kullanılması Tarım Bakanlığı tarafından yasaklanmıştır. Ancak gliserin, boya ve patlayıcı madde endüstrisinde kullanılabilir. Biyodizele 2008 yılında getirilen 0,72 TL olan ÖTV vergisi bu alanda çalışan toplama ve geri kazanım firmalarının yavaş yavaş sektörden çekilmesine neden olmaktadır. Bu aşamada düşünülmesi gereken biyodizel üretim mâliyetlerinin azaltılmasıdır. Bunun da yolu atık kızartma yağı kullanma, atık kızartma yağlarından üretilen biyodizel için atık kızartma yağı taşıma mâliyetlerini azaltma, ÖTV’yi yeniden belirleme ve biyodizelin dizel ile harmanlama oranının artırılmasıdır. Çalışmada biyodizel üretim mâliyetlerini azaltma ve atık kızartma yağlarının geri kazanımı için teşviği arttırmada önemli bir etmen olan taşıma mâliyetlerini azaltan tersine lojistik ağ yapısı incelenecektir.

Türkiye’de “Atık Bitkisel ve Hayvansal Yağların Kontrolü Yönetmeliği” ne göre atık bitkisel yağ üreticisi, faaliyetleri sırasında ayda 30 kg ve üzerinde bitkisel atık yağ oluşmasına neden olan, kaynağın bilinmemesi durumunda ise bu tür atıkları mülkiyetinde bulunduran gerçek ve tüzel kişiler olarak kabul edilmişlerdir. Bu tanım içerisinde oteller, yemekhaneler, hazır yemek üretimi yapan firmalar, yemeklik bitkisel yağ üreten firmalar, restoranlar vb. bulunmaktadır. Yönetmeliğe göre yemeklik bitkisel yağ üreticileri açığa çıkan atık yağı lisanslı araçlarla geri kazanım ve bertaraf tesislerine göndermekle yükümlüdür. Atık bitkisel yağ üreticileri de açığa çıkan atık yağları lisanslı geri kazanım ve bertaraf tesisine göndermekle yükümlüdürler. Kullanılmış kızartmalık yağ toplayıcıları, geri kazanım tesisleriyle sözleşme yapmakla, geçici depolama izni almakla, lokanta, yemek fabrikaları, otel, motel, yemekhaneler, fast-food zincirleri, turistik tesisler ve tatil köyleri gibi toplama noktalarına biriktirme bidon ve konteynerlerini temin etmekle, boşaltılan taşıma araçlarını, bidon ve konteynerleri her seferinde temizlemekle, temizlenmeyen biriktirme kaplarını toplama noktalarına dağıtmamakla yükümlüdürler. Atık yağ geri kazanım tesisi ise bakanlıktan atık yağ toplama ve işleme lisansı almakla, işlem sonucu açığa çıkan atıkların bertarafını sağlamakla yükümlüdürler.

Tüm bu yükümlülükler ışığında söyleyebiliriz ki atık kızartma yağlarının geri kazanımında tüm mâliyetleri atık geri kazanım tesisleri üstlenmektedir. Halbuki atık motor yağları vb. atıkların geri toplanmasında mâliyetleri üretici firmalar üstlenmektedir. Mâliyetlerin geri kazanım tesislerince karşılanması biyodizel üretimi mâliyetini arttırarak motorin ile rekabeti düşürmektedir.

Varolan durumda, oluşan atıklar restoran, ev, yemekhane vb. atık kızartma yağı oluşan yerlerde geri kazanım tesisi tarafından temin edilen saklama kaplarında tutulmaktadır. Belirli seviyeye ulaştığında geri kazanım firması ile anlaşmalı olan toplayıcı firmaya telefon edilmekte ve atık kızartma yağı kaynağından alınmaktadır. Kaynağından alınan atık kızartma yağı, oluşturulan geçici depolarda biriktirilmektedir. 1 Ocak 2008 tarihinden itibaren tüm evlerden belediyeler tarafından atık yağ toplama zorunluluğu yasal duruma getirilmiştir. Ancak birçok belediyede henüz uygulanmamaktadır. Geri kazanım firmalarının anlaşmalı olduğu belediyeler de toplayıcı kurum olarak görev yapmakta ve oluşan mâliyetler geri kazanım tesisi tarafından ödenmektedir. Toplama yapan belediyeler geri kazanım tesisi tarafından oluşturulan geçici depoları kullanmaktadırlar.

Geçici depolarda biriktirilen atık kızartma yağları bu depolarda en fazla 6 ay tutulmaktadır. Daha büyük kapasitedeki araçlarla geri kazanım tesislerine getirilmektedirler. Geri kazanım tesislerinde işlem gören atık kızartma yağları biyodizele dönüşmektedir. Dönüşüm esnasında gliserin açığa çıkmaktadır. 10 ton atık kızartma yağından 10 ton biyodizel ve 1 ton gliserin oluşmaktadır. Oluşan gliserinin yeterli tetkikler ve kontrol yapılmadığı için hayvan yemi ve sabun üretiminde kullanımı yasaklanmıştır. Bu yüzden oluşan ham gliserinin boya ve patlayıcı madde endüstrisine satıldığı düşünülmektedir. 10 ton atık kızartma yağından % 2 oranında 0,2 ton kontamine atık ve % 1 oranında 0,1 ton süreç atık oluşmaktadır. Oluşan atıklar Türkiye'nin tek atık bertaraf tesisi olan İZAYDAŞ'ta bertaraf edilmektedir. Bertaraf mâlîyetleri geri kazanım tesisi tarafından sağlanmaktadır. Şekil 6.3'te varolan atık kızartma yağı tersine lojistik ağı görülmektedir.



**Şekil 6.3:** Varolan atık kızartma yağı tersine lojistik ağı.

Biyodizele getirilen yüksek ÖTV'den dolayı kurulu birçok tesis çalışmamaktadır. Halen çalışan iki geri kazanım tesisi vardır. Bunlar Kolza geri kazanım tesisi ve Ezici geri kazanım tesisidir. Kolzanın anlaşmalı olduğu atık kızartma yağı toplama şirketi Palmiye taşımacılık, Ezicinin anlaşmalı olduğu atık kızartma yağı toplama şirketi ise Ulusal ve Albiyobir taşımacılık firmalarıdır.

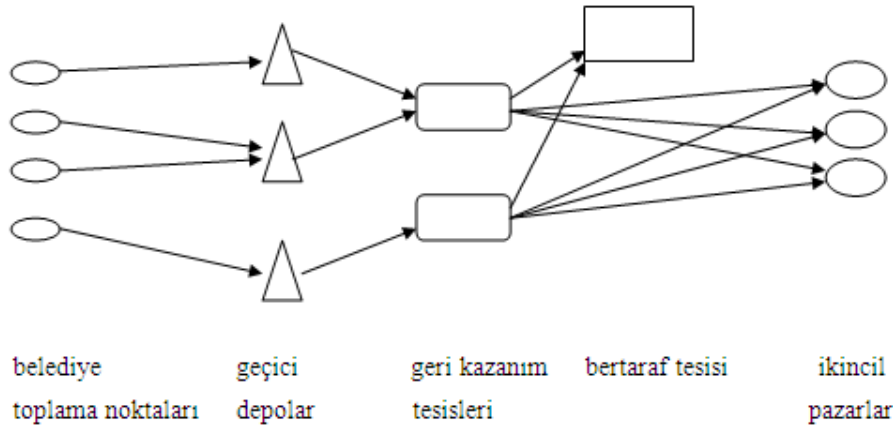
#### 6.2.2.2 Önerilen atık kızartma yağı tersine lojistik ağı yapısı

Atık kızartma yağının taşıma, işleme ve bertaraf mâliyetlerinin geri kazanım şirketleri tarafından karşılanması biyodizel mâliyetinin artmasına ve dizel ile rekabet edememesine neden olmaktadır. Birçok alanda geri kazanımdan üretim firmaları sorumlu olmakta iken atık bitkisel yağ geri kazanımında yemeklik bitkisel yağ üreten firmalar salt üretimde oluşan atık bitkisel yağları ilgili geri kazanım ve bertaraf kurumlarına vermekle yükümlü olmuşlardır. Atık motor yağlarının geri kazanım ve bertaraf tersine lojistik ağı yapısında görülen modelin atık kızartma yağları tersine lojistik yapısına uygulanması önerilmektedir. Atık motor yağları geri kazanımında oluşan atık motor yağlarını tüm motor yağı üretici firmaları tarafından yetki devri verilen ve kâr amacı gütmeyen bir kuruluş olan PETDER tarafından toplanmaktadır. Türkiye'nin her yerinde oluşan atık motor yağları salt PETDER'e teslim edilmektedir. PETDER, topladığı atık motor yağlarını en yakın geri kazanım ya da bertaraf tesisine vermekle sorumludur. PETDER tarafından toplanan yağlar, geri kazanım ve bertaraf tesislerinde ek yakıt olarak kullanılmaktadır. Bu yüzden PETDER topladığı yağları anlaşmalı olduğu geri kazanım ve bertaraf tesisine taşıma ve hizmet ücreti karşılığında vermektedir. Elde edilen gelir ile PETDER giderlerinin bir kısmı karşılanır. Geri kalan kısmı ise PETDER'e yetki devrinde bulunan motor yağı üretici şirketleri tarafından pazar payları oranında karşılanır.

Bu yapının atık kızartma yağı geri kazanım ağına uygulanmasının aşağıdaki gibi olması önerilmektedir. “Kirleten öder” düşüncesi ile Türkiye’de yemekli yağ üretimi yapan ya da dış ülkelerden ithal edilen yağların üreticileri, atık kızartma yağlarının geri toplanması ve geri kazanım veya bertarafından sorumlu olmalıdırlar. Bu durumda hepsinin yetki devrinde bulunacağı tek bir kurum, dernek ya da vakıf oluşturulmalıdır. Bu kurum kâr amacı gütmeyen ve salt atık kızartma yağlarını toplama yönetmeliklerine uygun şekilde toplayarak sistemin toplam mâliyetini enazlayacak şekilde geri kazanım tesisine taşıma ve hizmet bedeli ile satmalıdır. Giderlerin % 50’si buradan gelecek gelirle, % 50’ si de kuruma yetki devri veren atık yemeklik yağ üreticileri tarafından pazar payları oranında karşılanmalıdır. Tüm belediyelerin atık kızartma yağı toplanmasında aktif olması sağlanmalıdır. Belediyeler tarafından toplanan atık kızartma yağları il belediyelerince oluşturulan atık kızartma yağı toplama depolarında biriktirilmelidir. Belediyelerde ek hizmet gideri oluşturacak olan bu yapılanma çevre temizlik vergisine yansıtılabilir. Böylece

vatandaşlarımızın konuya daha ilgili olması sağlanmış olunur. Bu durumda, taşıma kurumu belediyelerin toplama noktalarından geri kazanım tesislerine kadar olan kısımdaki taşımadan sorumlu olacaktır. Geri kazanım tesisi de biyodizel üretimi sonucu oluşan atıkların imhası için bertaraf tesisine nakliye ve bertaraf mâliyeti ile üretilen biyodizelin pazarlara nakliyesinden sorumlu olacaktır.

Böylece geri kazanım tesisleri atık kıyartma yağlarının toplanması mâliyetlerinin kurum tarafından etkin bir taşıma yapılması ve yarısının üretici firmalar tarafından ödenmesi ile hammadde temin mâliyetinde ciddi düşüş yakalayacaktır bu da biyodizel fiyatlarında düşüşe neden olacak ve dizel ile rekâbet edebilirliği arttıracaktır. Şekil 6.4’de önerilen atık kıyartma yağı tersine lojistik ağı görülmektedir.



**Şekil 6.4:** Önerilen atık kıyartma yağı tersine lojistik ağı.

Biyodizel üretimine etki eden mâliyet kalemleri yüzdeleri ham bitkisel yağ kullanıldığı takdirde Alternatif Biyoyakıtlar Birliği tarafından Çizelge 6.4’deki gibi belirlenmiştir. Hammadde mâliyeti, atık kıyartma yağ kullanılması ile % 50 azalacaktır. Ülkemizde lojistik faaliyetleri sektörden sektöre değişmekle birlikte ürün fiyatının % 20’sini oluşturduğu kabul edilmektedir (Tanyaş, 2008). Yâni, geri kazanım tesislerine gelen atık kıyartma yağ mâliyetinin % 20’sini lojistik mâliyetleri oluşturmaktadır. Toplama işlemi mâliyetinin yarısının geri kazanım tesisi tarafından karşılanması ile lojistik mâliyetler % 10 azalacaktır. Bu durumda ham bitkisel yağlar yerine atık kıyartma yağı kullanılması ve önerilen sistem ile toplama yapılması durumunda hammadde mâliyetinin % 60 azalacağı öngörülmektedir.

**Çizelge 6.4:** Biyodizelin mâliyet yapısı.

| <b>Biyodizelin Mâliyet Yapısı (%)</b> |     |
|---------------------------------------|-----|
| Hammadde                              | 84  |
| Kimyasallar                           | 7   |
| Su / Elektrik                         | 4   |
| Sabit giderler                        | 5   |
| TOPLAM                                | 100 |



## **7. DÜNYADA ATIK KIZARTMA YAĞLARI UYGULAMALARI**

Atık yağ potansiyeli birçok ülkede araştırılmış ve açığa çıkan atık yağ miktarının önemli miktarlarda olduğu saptanmıştır. 2002 yılından önce tüm bu atık yağlar özellikle hayvan yemi katkısı olarak ticarî amaçla toplanmakta ve kullanılmaktadır. Atık yağların hayvan yemi üretiminde katkı maddesi olarak kullanılması deli dana hastalığının ortaya çıkması ve besin zinciri yoluyla insan sağlığına zarar vermesi nedeniyle Avrupa’da ve ardından Türkiye’de yasaklanmıştır. Bu ticarî pazar ortadan kalkınca, bu alanda kullanılan atık yağlar çevre kirliliğine neden olmaya başlamıştır. Bu nedenle atık yağların güvenli şekilde bertaraf ettirilmesi gerekmektedir. Atık kızırtma yağları ile ilgili ABD ve Avrupa’da yapılan birçok uygulama vardır. Bunlardan bazıları üzerinde durulacaktır (Çanakçı, 2008).

### **7.1 ABD Örneği**

South Carolina’da metropolitan şehirlerde yer alan yaklaşık 12.000 lisanslı lokantanın yılda 100 milyon lt. atık yağ ürettiği, South Carolina Eyalet Çevre ve Sağlık Birimi tarafından belirlenmiştir. Bu yağlar, anlaşmalı atık yağ toplayıcıları tarafından ücretsiz olarak toplanmakta veya standartları sağlayan kısmı, litresi 24-30 \$ arası fiyattan satın alınmaktadır. Bu atık yağlar eyaletin en büyük biyodizel üreticilerinden biri olan Southeast Biodiesel tarafından biyodizel üretiminde kullanılmaktadır. ABD’de soya yağından sonra en çok kullanılan biyodizel hammaddesi, lokanta atık yağlarıdır (Erika Hartwig ve Travis Moore, 2006).

Valley Proteins/Carolina By-Products; Pennsylvania, Maryland, Virginia, North Carolina, South Carolina, Tennessee, ve Texas olmak üzere 7 eyalette 12 fabrikası bulunan bir atık yağ toplama şirkettir. Bu şirket, yapılan anlaşmalar çerçevesinde, lokanta kapasitesine uygun konteynerleri temin etmektedir. Belirli periyotlarla ve müşteri gereksinimleri doğrultusunda atık yağlar toplanmaktadır. Konteynerlerin taşınması ve boşaltılması, belirlenen yasa ve yönetmeliklere uygun olarak yapılmaktadır. Toplanan atık bitkisel yağlar standartlara uygunsa, ilgili fabrikada biyodizele dönüştürülmektedir (Çanakçı, 2008).

RWA Resource Recovery; Aralık 2006 tarihinden itibaren New York'ta atık yağ toplayan lisanslı bir şirket olup, sigortalı araçlarıyla, ücretsiz olarak atık yağ üreticilerinden belirli periyotlarla yağlarını almayı garanti etmektedir. Yapılan anlaşmalar çerçevesinde, atık yağ üreticilerine uygun hacimli konteynerler sağlanmakta ve toplanan yağların tümü biyodizele dönüştürülmektedir. Bu eyalette, ürettiği atık yağı bir toplayıcıya teslim ettiğini belgelemeyen şirketlere eyalet hükümeti tarafından ek vergilendirme (Waste disposal fee-city tax) getirilmesi de düşünülmektedir. Aynı zamanda bu eyalette kızırtma amaçlı kullanılan bitkisel yağların iki defadan fazla kullanılmaması önerilmektedir (Çanakçı, 2008).

## 7.2 Avrupa Örneği

Avrupa ülkelerinde kullanılan yağların türleri ve miktarları 2000 yılında yapılan bir araştırma ile belirlenmiştir. Avrupa'da yaklaşık olarak 17 milyon ton yağ tüketilmekte ve bu miktar her yıl % 2 oranında artmaktadır. Aynı çalışmada her bir Avrupa ülkesinde tüketilen yağ türleri ve yüzde oranları da belirlenmiştir. Çizelge 7.1'de tüketilen yağlar ve yüzdeleri gösterilmiştir. Atık yağların insan sağlığına, çevreye ve ekonomiye olan etkileri üzerinde oldukça duyarlı olan Avrupa ülkeleri, olabildiğince fazla miktarda atık yağlarını toplamaya başlamışlardır. Atık yağların toplanması ile örnek olması için, aşağıda bazı ülkelerin uygulamaları verilmektedir (Çanakçı, 2008).

**Çizelge 7.1:** Avrupa ülkelerinde tüketilen yağlar ve yüzdeleri.

| Yağlar            | Tüketim miktarı (Mt) | Tüketim yüzdesi (%) |
|-------------------|----------------------|---------------------|
| Soya              | 1,94                 | 11,40               |
| Ayçiçeği          | 2,15                 | 12,60               |
| Kolza             | 2,68                 | 15,70               |
| Zeytin            | 1,70                 | 10,00               |
| Palmiye           | 2,05                 | 12,10               |
| Palmiye-çekirdeği | 0,44                 | 2,60                |
| Hindistancevizi   | 0,68                 | 4,00                |
| Hayvansal yağlar  | 1,51                 | 8,90                |
| Domuz yağı        | 1,42                 | 8,30                |
| Restoran yağı     | 1,36                 | 8,00                |
| Diğer             | 1,11                 | 6,50                |
| Toplam            | 17,00                | 100,00              |

**Almanya:** Almanya'da 60 civarında atık yağ toplama, arıtma, ve değerlendirme (işleme) şirketi vardır. Bu ülkede atık yağlar için 50-200 lt. arasında değişen hacimde plastik ve metal kap kullanılmaktadır. Toplama aralığı 1 hafta ile 2 ay arasında değişmektedir.

**Fransa:** Fransa'da yıllık toplanan kullanılmış kızartmalık yağ miktarı 35000 ton/yıl'dır. Ülke genelinde toplam atık yağların % 90'ını toplayan 6 tane olmak üzere 15 civarında atık yağ toplayıcısı bulunmaktadır. Atık yağları toplama için 1-200 lt. arasında değişen hacimde kaplar kullanılmaktadır. Yüksek potansiyele sahip lokanta ve endüstriyel şirketlerden yağlar toplanmakta, küçük kapasiteli işyerleri ve evlerden ise atık yağ toplanması yapılmamaktadır.

**Belçika:** Belçika'da toplanan atık kızartma yağı miktarı 50000 ton/yıl'dır. Belçika'da atık yağlar, diğer ülkelerdeki gibi toplanmaktadır. Yerel yönetimler evlerdeki atık yağların toplanmasını denetlemektedir. Bunun için mahallelerde kapı kapı gezen toplayıcılar varolmakla birlikte, bölgesel atık toplama merkezleri de bulunmaktadır.

**Avusturya:** Avusturya, atık bitkisel yağların toplanmasında oldukça ileri bir durumdadır. Bu ülkede % 100 atık yağ kullanarak uluslararası standartlara uygun biyodizel üretimine 1995 yılında başlamıştır. Ayrıca Avusturya'da, atık yağları bitkisel yağlarla % 10 oranında harmanlayarak biyodizel üretiminde kullanan tesisler de vardır. Çizelge 7.2'de görüldüğü gibi atık yağlardan biyodizel üretimi 5 yılda 50 kat artmıştır. Ürettiği biyodizelin % 80'ini Almanya ve İtalya'ya ihraç eden Avusturya'da 10 adet ticarî biyodizel tesisi bulunmaktadır. Bu tesislerden 3 tanesi atık bitkisel yağları biyodizele dönüştürebilen tesislerdir. Avusturya'da 660 civarında atık yağ toplayıcısı varolup her biri yaklaşık olarak yılda ortalama 20 ton atık yağ toplamaktadır. Lokanta ve endüstriyel kuruluşlardan toplanılan bu yağlar için 60-220 lt. arasında değişen hacimde plastik ve metal konteynerler kullanılmaktadır. Evlerde oluşan atık yağların toplanması için ise 3 lt. hacimli kaplar evlere dağıtılarak, bu kaplar dolduğunda mahallelerde belirli bölgelere kurulan atık toplama merkezlerindeki ısıtıcı tanklara boşaltılması istenmektedir (Sigurd Schober ve Martin Mittelbach, 2005).

**Çizelge 7.2:** Avusturya’da atık yağlardan üretilen yıllık biyodizel üretim miktarı.

| Yıl  | Yıllık üretim (ton/yıl) |
|------|-------------------------|
| 1995 | 100                     |
| 1996 | 300                     |
| 1997 | 500                     |
| 1998 | 2.500                   |
| 1999 | 3.000                   |
| 2000 | 5.000                   |

Avusturya’nın Graz şehrinde çalışan otobüslerde % 100 atık yağlardan üretilen biyodizel kullanılmaktadır. 1994 yılında test amaçlı 2 araçla başlayan 3 yıl süreli biyodizel denemelerin olumlu sonuç vermesi ile, 2005 yılında bu şehirde % 100 atık yağ biyodizeli kullanan araç sayısı 139’a yükselmiştir. (Sigurd Schober ve Martin Mittelbach, 2005).

## 8. ÖNERİLEN GERİ KAZANIM AĞI YAPISI İLE İLGİLİ ÖRNEK

Türkiye’deki atık kıyartma yağı geri kazanım sistemi için önerilen ağ yapısı MILP ile modellenecektir. Amaç, “Varolan geri kazanım tesisleri ile birlikte potansiyel tesis yerleri belirleyerek, nerelerde tesis açılmalı ? Varolan geçici depolar ile birlikte potansiyel geçici depo yerleri belirleyerek nerelerde geçici depo açılmalı ? Hangi geçici depoya nerelerden ne kadar atık kıyartma yağı gelmeli ? Geçici depolardan atık kıyartma yağı hangi geri kazanım tesisine ne kadar gitmeli ? Geri kazanım tesislerinde elde edilen biyodizel hangi pazarlara ne kadar satılmalı ve geri kazanım tesislerinden elde edilen imha edilecek ürün hangi imha tesisine gitmeli ?” gibi soruları yanıtlayan, kârı enbüyükleyen bir sistem oluşturmaktır.

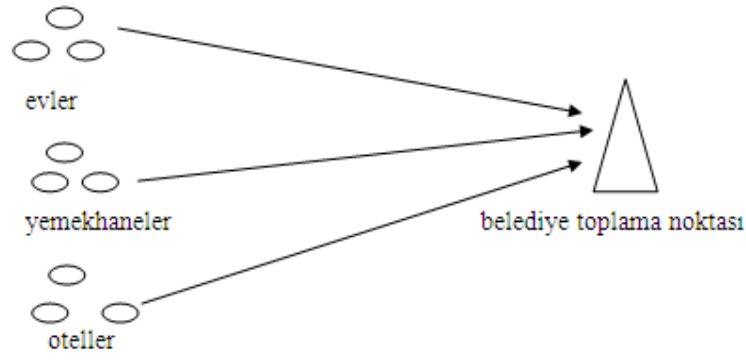
Bu amaçla literatürde yaygın olarak kullanılan karışık tamsayılı doğrusal programlama (MILP) kullanılarak GAMS optimizasyon programı ile çözülecektir.

Yemeklik bitkisel yağ üreticileri, toplama kurumu aracılığı ile her ilde bir tane olması öngörülen belediye toplama noktalarından geri kazanım tesislerine kadar sorumludur. Ancak biyodizelin fiyatını düşürmek istediğimiz için geri kazanım tesislerinden bertaraf tesislerine ve ikincil pazarlara olan lojistik de modelde dikkate alınmıştır.

Sistemde temel olarak 3 akış oluşmaktadır. Bunlar belediye toplama noktalarından toplama kurumunun geçici depo noktalarına olan akış, geçici depo noktalarından geri kazanım tesislerine olan akış ve geri kazanım tesislerinden imha tesislerine ve ikincil pazarlara olan akıştır.

### 8.1 Atık Kıyartma Yağlarının Belediye Toplama Noktasına Kadar Toplanması

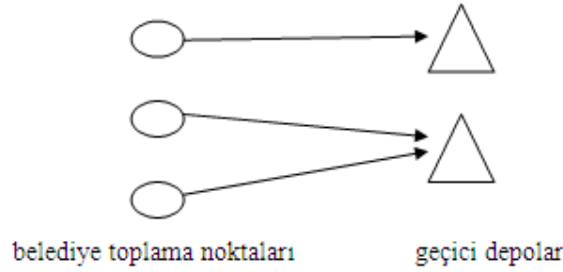
Atık bitkisel yağların şehir içinde evlerden, otellerden, yemekhanelerden vb. toplanmasından belediyeler sorumludur. Durum Şekil 8.1’de gösterilmiştir. Üreticiler belediye toplama noktalarından itibaren sorumludur. Önerilen ağda her ilde belediye toplama noktalarından bir tane olacağı varsayılmaktadır. Bu durumda toplam 81 belediye toplama noktası olacağı düşünülmektedir.



**Şekil 8.1:** Belediye toplama noktalarına kadar ürün akışı.

### 8.2 Belediye Toplama Noktasından Geçici Depoya Sevkiyat

Üreticiler belediyeler tarafından oluşturulmuş her ilde bir tane olması önerilen toplama noktalarından itibaren sorumludurlar. Bu sorumluluğu yetkilendirilmiş toplama kurumu, bu noktalardan toplanan atık bitkisel yağı alarak kendi geçici depolarına taşırlar. Durum ile ilgili akış Şekil 8.2’de görülmektedir.

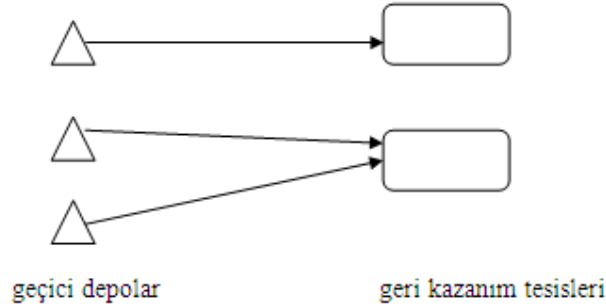


**Şekil 8.2:** Belediye toplama noktalarından geçici depolara ürün akışı.

### 8.3 Geçici Depo Noktasından Geri Kazanım Tesisine Sevkiyat

Varolan sistemde varolan geçici depolama yerlerinde atık bitkisel yağlar en fazla 6 ay depolanır. Böylece bu geçici depoya diğer illerden gelen atık bitkisel yağlar ile birlikte depolandıktan sonra geri kazanım tesislerine aktarılırlar. Önerilen sistemde de geçici depolar bu atık bitkisel yağların konsolidasyonu için kullanılırlar. Büyük miktarlarda yükün tek seferde taşınması, taşıma mâliyetlerini azaltır. Varolan geçici depoların yanında potansiyel depo alanları belirlenmiş ve kapasiteleri hakkında tahminde bulunulmuştur. Bunun yanında varolan geri kazanım tesislerine de ek olarak potansiyel geri kazanım tesisleri konumları belirlenmiş ve kapasite

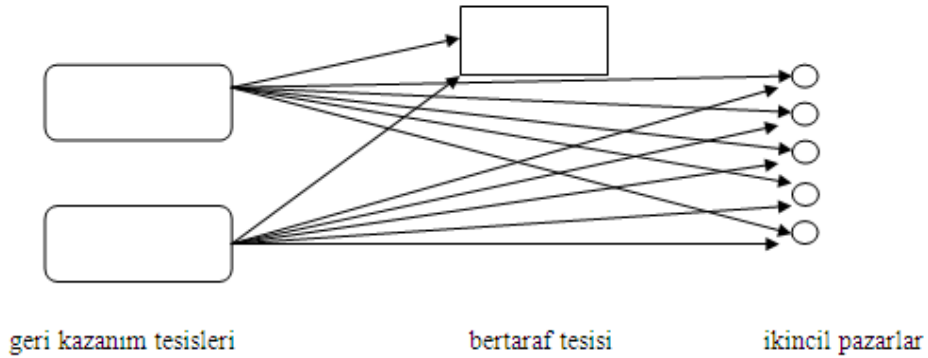
varsayımında bulunulmuştur. Geçici depo noktalarından geri kazanım tesislerine sevkiyat Şekilde 8.3'teki gibidir.



**Şekil 8.3:** Geçici depolardan geri kazanım tesislerine ürün akışı.

#### 8.4 Geri Kazanım Tesisinden İkincil Pazara ya da Bertaraf Tesisine Sevkiyat

Geri kazanım tesislerinde atık bitkisel yağlar genellikle transesterifikasyon yöntemleri ile biyodizele dönüştürülür. İşlem sırasında meydana gelen tehlikeli atık olan kontamine atıklar ve süreç atıkları (filtre, toprak, yağ tortusu) imha için bertaraf tesislerine gönderilir. Üretilen biyodizel ve gliserin ise ikincil pazarlara satılır. 1 lt. atık bitkisel yağdan 1 lt. biyodizel elde edilir. 1lt. atık bitkisel yağdan ise % 3 oranında tehlikeli atık ve % 10 gliserin oluşur. Durum Şekil 8.4'teki gibidir.



**Şekil 8.4:** Geri kazanım tesislerinden ikincil pazarlara ya da bertaraf tesisine ürün akışı.

#### 8.5 Modelin Oluşturulması

##### 8.5.1 Modelin amacı

Modelin amacı atık kızartma yağlarından elde edilen biyodizel ve gliserin geliri ile belediyelere ait toplama noktalarından ikincil malzeme pazarlarına ve bertaraf

tesislerine kadar atık kıyartma yağların taşınması sürecinde açığa çıkan mâliyetler arasındaki farkı enbüyükleyerek, arzu edilen atık bitkisel yağ toplama ve işleme miktarını gerçekleştirecek geçici depo, geri kazanım tesisi konumlarını ve ürün akışlarını en uygun şekilde belirlemektir. Burada söz konusu olan mâliyetler; taşıma mâliyeti, işleme mâliyeti, yeni tesisler ve geçici depolar için sabit mâliyetler ve bertaraf mâliyetleridir.

### 8.5.2 Model parametrelerinin belirlenmesi

Kurulacak olan modelin güvenilir sonuçlar vermesi için parametrelerin belirlenmesi önemlidir. Uygulamaya konu olan sektörün verileri kayıt alma konusundaki yetersizliğinden dolayı bilgiler, yapılan görüşmeler neticesinde şekillendirilmiştir.

Temel olarak belirlenmesi gereken parametreler şu şekildedir:

- Açığa çıkan ve geri kazanılması arzu edilen atık kıyartma yağı miktarı
- Atık kıyartma yağı ile ilgili veriler
  - Atık kıyartma yağlarının ton\*km taşıma mâliyetlerinin belirlenmesi
  - Oluşan biyodizelin ton gelirlerinin belirlenmesi
  - Oluşan gliserinin ton gelirlerinin belirlenmesi
  - Oluşan biyodizelin ton\*km taşıma mâliyetinin belirlenmesi
  - Oluşan gliserinin ton\*km taşıma mâliyetinin belirlenmesi
  - Oluşan zararlı madde ton imha giderinin belirlenmesi
  - Oluşan zararlı madde ton\*km taşıma mâliyetinin belirlenmesi
- Geçici depolama noktalarının özellikleri
  - Geçici depolama noktası konum kümelerinin belirlenmesi
  - Geçici depolama noktalarının kapasitelerinin belirlenmesi
  - Geçici depolama noktalarının yıllık sabit mâliyetlerinin belirlenmesi
- Geri kazanım tesislerinin özellikleri
  - Geri kazanım tesisi konum kümelerinin oluşturulması
  - Geri kazanım tesislerinin kapasitelerinin belirlenmesi
  - Geri kazanım tesisinin yıllık sabit mâliyet ve işleme mâliyetinin belirlenmesi
- İkincil pazarlarının konum ve kapasitelerinin belirlenmesi
- Zararlı malzeme bertaraf tesislerinin konum ve kapasitelerinin belirlenmesi

### 8.5.2.1 Açığa çıkan ve geri kazanılması istenen atık kızartma yağı miktarı

Geri kazanım ağ yapılarının en önemli özelliklerinden biri belirsizliktir. Stratejik karar olan tersine lojistik ağ yapısı, belirsiz bilgiler üzerine inşa edilir. En büyük belirsizlik de açığa çıkması beklenen atık kızartma yağı miktarıdır. Bu yağların ne zaman hangi miktarlarda açığa çıkacağı da bir diğer belirsizliktir.

Açığa çıkması beklenen atık kızartma yağı miktarı yemek alışkanlıkları ile yakından ilgilidir. Her ilde açığa çıkan atık kızartma yağı miktarı ise sanayileşme, nüfus ve turizm etmenlerinden etkilenmektedir. Çalışmada Türkiye genelinde açığa çıkan ve toplanabilen atık kızartma yağı miktarlarının her ilin sosyo-ekonomik gelişmişliklerinin ve nüfusun her kategorideki % oranı dikkate alınarak açığa çıktığı tahmin edilen ve toplanabilen atık kızartma yağı miktarları belirlenmiştir. Çizelge 8.1’de Türkiye’deki sosyo-ekonomik gelişmişlik indeksine göre kademeli il grupları görülmektedir (Aktan, 2002).

**Çizelge 8.1:** DPT araştırmasına göre Türkiye’de sosyo-ekonomik gelişmişlik indeksine göre kademeli il grupları.

| 1. Derece Gelişmiş İller | 2. Derece Gelişmiş İller | 3. Derece Gelişmiş İller | 4. Derece Gelişmiş İller | 5. Derece Gelişmiş İller |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| İstanbul                 | Eskişehir                | Bilecik                  | Kastamonu                | Tunceli                  |
| Ankara                   | Antalya                  | Edirne                   | Çorum                    | Adıyaman                 |
| İzmir                    | Tekirdağ                 | Zonguldak                | Giresun                  | Kars                     |
| Kocaeli                  | Adana                    | Çanakkale                | Artvin                   | Gümüşhane                |
| Bursa                    | İçel                     | Isparta                  | Erzincan                 | Bayburt                  |
|                          | Muğla                    | Manisa                   | Sivas                    | Batman                   |
|                          | Aydın                    | Uşak                     | Aksaray                  | Mardin                   |
|                          | Balıkesir                | Konya                    | Kahramanmaraş            | Van                      |
|                          | Kırklareli               | Gaziantep                | Bartın                   | Siirt                    |
|                          | Kayseri                  | Hatay                    | Tokat                    | Iğdır                    |
|                          | Denizli                  | Sakarya                  | Çankırı                  | Hakkari                  |
|                          |                          | Bolu                     | Sinop                    | Bitlis                   |
|                          |                          | Burdur                   | Ordu                     | Ardahan                  |
|                          |                          | Kırıkkale                | Erzurum                  | Bingöl                   |
|                          |                          | Kütahya                  | Diyarbakır               | Ağrı                     |
|                          |                          | Nevşehir                 | Yozgat                   | Şırnak                   |
|                          |                          | Elazığ                   | Şanlıurfa                | Muş                      |
|                          |                          | Trabzon                  | Yalova                   | Kilis                    |
|                          |                          | Samsun                   | Karabük                  |                          |
|                          |                          | Kırşehir                 |                          |                          |
|                          |                          | Rize                     |                          |                          |
|                          |                          | Malatya                  |                          |                          |
|                          |                          | Amasya                   |                          |                          |
|                          |                          | Karaman                  |                          |                          |
|                          |                          | Afyon                    |                          |                          |
|                          |                          | Osmaniye                 |                          |                          |
|                          |                          | Düzce                    |                          |                          |
|                          |                          | Niğde                    |                          |                          |

DPT'nin hazırladığı sosyo-ekonomik sınıflandırmadan yararlanarak önce her kategori için toplanan ve açığa çıktığı tahmin edilen atık kıyartma yağı yıllık miktarları belirlenmiştir. Buna göre 1. derece gelişmiş iller toplanan ve açığa çıktığı tahmin edilen yıllık miktarın % 49'unu, 2. derece iller % 25'ini, 3. derece iller % 20'sini, 4.derece iller % 5'ini ve 5. derece iller % 1'ini oluştursun.

Varolan durumda toplanan yıllık atık kıyartma yağı 7.000 tondur. Ancak her yıl üretilen atık kıyartma yağı, Çevre ve Orman Bakanlığı'nın tahminlerinden yola çıkarak 300.000 tondur. Varolan durumda 7.000 tonun % 49'u olan 3.430 ton birinci derece gelişmiş illerden, % 25'i olan 1.750 ton ikinci derece gelişmiş illerden, % 20'si olan 1.400 ton üçüncü derece gelişmiş illerden, % 5'i olan 350 ton dördüncü derece gelişmiş illerden ve % 1'i olan 70 ton bitkisel atık yağ ise beşinci derece gelişmiş illerden toplanmaktadır. İl bazındaki miktarları belirleyebilmek için her ilde ikâmet eden nüfus oranında toplanan miktarlar dağıtılmıştır. İllerin ikâmet eden nüfusa göre toplam nüfus içindeki yüzdeleri Çizelge 8.2'de yer almaktadır. Oluştugu tahmin edilen yıllık 300.000 ton atık kıyartma yağının toplanması ve geri kazandırılması durumunda atık kıyartma yağı miktarları birinci derece iller için 147.000 ton, ikinci derece iller için 75.000 ton, üçüncü derece iller için 60.000 ton, dördüncü derece iller için 15.000 ton ve beşinci derece iller için ise 3.000 ton olacaktır. Çizelge A.1'de mevcut durumda her ilden toplanan atık kıyartma yağı miktarları ve Çizelge A.5'te her ilde oluştuğu tahmin edilen atık kıyartma yağı miktarları gösterilmiştir.

#### **8.5.2.2 Taşıma mâliyetlerinin belirlenmesi**

Belediye depolarından geçici depolara atık bitkisel yağların taşınmasını sağlayan araçlar 1,5 ton kapasiteli araçlardır. Geçici depolardan geri kazanım tesislerine atık yağları taşıyan araçlar 15 ton kapasiteli araçlardır. Tüm araçlar için kilometre başına taşıma mâliyeti 1,5 TL olarak belirlenmiştir. Bu durumda toplama noktalarından geçici depolara taşıma mâliyeti km\*ton başına 1 TL olarak belirlenmiştir. Geçici depolardan geri kazanım tesislerine taşıma mâliyeti km\*ton başına 0,1 TL olarak belirlenmiştir.

**Çizelge 8.2:** İkâmet eden nüfusa göre kategorilerdeki yüzdelere.

| 1. Derece<br>Gelişmiş<br>İller | 2. Derece<br>Gelişmiş<br>İller | 3. Derece<br>Gelişmiş<br>İller | 4. Derece<br>Gelişmiş<br>İller | 5. Derece<br>Gelişmiş<br>İller |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| İstanbul<br>(%50)              | Eskişehir<br>(%6)              | Bilecik<br>(%2)                | Kastamonu<br>(%3)              | Tunceli<br>(%1)                |
| Ankara<br>(%18)                | Antalya<br>(%15)               | Edirne<br>(%3)                 | Çorum<br>(%5)                  | Adıyaman<br>(%9)               |
| İzmir<br>(%15)                 | Tekirdağ<br>(%6)               | Zonguldak<br>(%4)              | Giresun<br>(%4)                | Kars<br>(%5)                   |
| Kocaeli<br>(%7)                | Adana<br>(%16)                 | Çanakkale<br>(%3)              | Artvin<br>(%2)                 | Gümüşhane<br>(%2)              |
| Bursa<br>(%10)                 | İçel<br>(%13)                  | Isparta<br>(%3)                | Erzincan<br>(%2)               | Bayburt<br>(%1)                |
|                                | Muğla<br>(%7)                  | Manisa<br>(%8)                 | Sivas<br>(%6)                  | Batman<br>(%8)                 |
|                                | Aydın<br>(%8)                  | Uşak<br>(%2)                   | Aksaray<br>(%3)                | Mardin<br>(%12)                |
|                                | Balıkesir<br>(%9)              | Konya<br>(%2)                  | Kahramanmaraş<br>(%10)         | Van<br>(%16)                   |
|                                | Kırklareli<br>(%3)             | Gaziantep<br>(%10)             | Bartın<br>(%2)                 | Siirt<br>(%5)                  |
|                                | Kayseri<br>(%10)               | Hatay<br>(%8)                  | Tokat<br>(%6)                  | Iğdır<br>(%3)                  |
|                                | Denizli<br>(%7)                | Sakarya<br>(%5)                | Çankırı<br>(%2)                | Hakkari<br>(%4)                |
|                                |                                | Bolu<br>(%2)                   | Sinop<br>(%2)                  | Bitlis<br>(%5)                 |
|                                |                                | Burdur<br>(%2)                 | Ordu<br>(%7)                   | Ardahan<br>(%2)                |
|                                |                                | Kırıkkale<br>(%2)              | Erzurum<br>(%8)                | Bingöl<br>(%4)                 |
|                                |                                | Kütahya<br>(%4)                | Diyarbakır<br>(%14)            | Ağrı<br>(%8)                   |
|                                |                                | Nevşehir<br>(%2)               | Yozgat<br>(%5)                 | Şırnak<br>(%7)                 |
|                                |                                | Elazığ<br>(%3)                 | Şanlıurfa<br>(%15)             | Muş<br>(%6)                    |
|                                |                                | Trabzon<br>(%5)                | Yalova<br>(%2)                 | Kilis<br>(%2)                  |
|                                |                                | Samsun<br>(%7)                 | Karabük<br>(%2)                |                                |
|                                |                                | Kırşehir<br>(%2)               |                                |                                |
|                                |                                | Rize<br>(%2)                   |                                |                                |
|                                |                                | Malatya<br>(%4)                |                                |                                |
|                                |                                | Amasya<br>(%2)                 |                                |                                |
|                                |                                | Karaman<br>(%2)                |                                |                                |
|                                |                                | Afyon<br>(%4)                  |                                |                                |
|                                |                                | Osmaniye<br>(%3)               |                                |                                |
|                                |                                | Düzce<br>(%2)                  |                                |                                |

### **8.5.2.3 Yararlı ürün gelirlerinin belirlenmesi**

Atık kızartma yağlarından transesterifikasyon süreci sonunda biyodizel ve gliserin oluşmaktadır. Bunun dışında kontamine atıklar ve diğer imha edilmesi gereken zararlı maddeler oluşur. 1 lt. ham bitkisel yağın taşıma mâliyeti içinde olmak üzere hammadde mâliyeti 2 TL/lt dir. Önerilen sistem ile hammadde mâliyetinde % 60 azalma öngörülmektedir. Bu durumda 1 lt atık kızartma yağı toplama mâliyeti 0,80 TL'dir. ÖTV ise 0,72 TL'dir. İşleme katılacak 0,2 litre alkol 0,15 TL ve işletme gideri 0,30 TL olmak üzere üretilen biyodizel mâliyeti 1,97 TL dir. Bu durumda biyodizelin satış fiyatı 2 TL/lt olarak kabul edilmiştir. 1 lt atık kızartma yağının geri kazanımı ile 0,1 lt ham gliserin oluşmaktadır. Ham gliserinin satış fiyatı 400\$/ton olarak belirlenmiştir. (1\$=1,5 TL) olarak kabul edildiğinde, ham gliserin satış fiyatı 600 TL/ton'dur. Ham gliserin boya ve patlayıcı madde sektöründe kullanılmaktadır. Kozmetik ve hayvan yemi üretiminde kullanılması, ilgili bakanlıklarca yasaklanmıştır.

### **8.5.2.4 Yararlı ürün taşıma mâliyetlerinin belirlenmesi**

Yararlı malzeme taşıma mâliyetleri de kilometre\*ton başına 0,1 TL olarak belirlenmiştir.

### **8.5.2.5 Zararlı malzeme bertaraf giderlerinin belirlenmesi**

Biyodizel oluşumu sırasında açığa çıkan ve bertaraf edilmeye gönderilen zararlı maddeler iki sınıfta ele alınır. Birincisi kontamine atıklar olarak adlandırılan ve kullanım süresi geçmiş olan ürünler, dökülmüş, niteliği bozulmuş ya da yanlış kullanıma mâruz kalmış olan maddelerden oluşan atıklardır. İkinci sınıfı ise kirliliğin önlenmesi amacı ile kullanılan süreç kalıntıları (yıkama çamurları, filtre tozları, kullanılmış filtreler) oluşturmaktadır. Türkiye'de atık imhasının yapıldığı tek kurum olan İZAYDAŞ'ta atıklar bertaraf edilmektedir. İZAYDAŞ'ın atıkların bertarafı için mâliyetlerine bakılarak, kontamine atıkların bertaraf mâliyeti 400 €/ton'dur. (1€ = 2 TL) olarak kabul edilmiştir. Bu durumda kontamine atıkların bertaraf mâliyeti 800 TL/ton'dur. Süreç kalıntılarının bertaraf mâliyeti ise 600 €/ton, yâni 1.200 TL/ton'dur. 1 ton atık bitkisel yağdan 0,03 ton imha edilmesi gereken atık oluşmaktadır. Oluşan atıkların 2/3'ü kontamine olmuş atıklardan, 1/3'ü süreç

atıklarından oluşmaktadır. Bu durumda 1 ton atık bitkisel yağın geri kazanılması ile 0,02 ton'unu kontamine olmuş atıkları ve 0,01 ton'unu ise süreç atıkları oluşturur.

#### **8.5.2.6 Zararlı malzeme taşıma mâliyetlerinin belirlenmesi**

Zararlı malzemelerin taşıma mâliyetleri kilometre\*ton başına 1 TL olarak belirlenmiştir.

#### **8.5.2.7 Geçici depoların özelliklerinin belirlenmesi**

Varolan olan sistemde her geri kazanım tesisi, sözleşme yaptığı nakliye kurumu aracılığı ile atık bitkisel yağları toplayarak nakliye şirketinin geçici depolarında tutmaktadır. Önerilen sistemde ise, tüm üreticilerin yetki devri verdiği ve geri kazanım tesislerinin hiç bir şekilde kendilerine kadar olan taşıma sürecinden sorumlu olmadığı bir sistemdir. Önerilen sistem için geçici depo alanları varolan taşıyıcıların geçici depoları olan ve Çevre ve Orman Bakanlığı'nca lisans verilmiş olan 8 geçici depolama alanı ile kalkınma öncelikli iller potansiyel geçici depo konumları olarak kabul edilmiştir.

#### **Geçici depo noktalarının konum kümelerinin oluşturulması**

Varolan geçici depolama noktalarına kalkınmada öncelikli iller potansiyel geçici depolama noktaları olarak eklenmiştir. Bu durumda geçici depolama noktalarına ait konum kümeleri şu şekildedir:

Varolan geçici depo konumları şunlardır: Trabzon, Gaziantep, Muğla, Antalya, Ankara, İstanbul, Kayseri, Kocaeli.

Potansiyel geçici depo konumları şu şekilde belirlenmiştir: Adıyaman, Ağrı, Aksaray, Amasya, Ardahan, Artvin, Bartın, Batman, Bayburt, Bingöl, Bitlis, Çanakkale, Çankırı, Çorum, Diyarbakır, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Giresun, Gümüşhane, Hakkari, Iğdır, Kahramanmaraş, Karabük, Karaman, Kars, Kastamonu, Kırıkkale, Kırşehir, Kilis, Malatya, Mardin, Muş, Nevşehir, Niğde, Ordu, Osmaniye, Rize, Samsun, Siirt, Sinop, Sivas, Şanlıurfa, Şırnak, Tokat, Tunceli, Van, Yozgat, Zonguldak (<http://www.dpt.gov.tr/bgyu/koy/koy68-99.html>).

#### **Geçici depo noktalarının kapasitelerinin belirlenmesi**

Tek bir ürün söz konusu olduğu için depoların kapasitesi ürün miktarı ile tanımlanabilir. Geçici depolar bulundukları konumlara göre kapasitesi belirlenen depolardır. Bu depoların günlük kapasiteleri; Batı için 90 ton, Orta için 60 ton Doğu

için ise 30 ton'dur. Ancak depoların  $\frac{3}{4}$ 'ünün kullanılması gerektiğinden, kullanılabilir kapasite olarak Batı geçici deposu 68 ton, orta geçici deposu 45 ton ve doğu deposu 23 ton kapasitelidir. Batı depoları Marmara bölgesi, Ege bölgesi ve Akdeniz Bölgesinde kurulan depolardır. Orta depoları Karadeniz ve İç Anadolu bölgelerinde kurulan depolardır. Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu bölgesinde kurulan depolar ise doğu depolarıdır. Çizelge 8.3'te potansiyel geçici depo konumlarının depo tipleri ve kapasiteleri gösterilmiştir.

**Çizelge 8.3:** İllere göre tanımlı olan geçici depo tipleri ve kapasiteleri.

| İller         | Depo Tipi | Günlük kapasite | Yıllık kapasite |
|---------------|-----------|-----------------|-----------------|
| 1.Trabzon     | Orta      | 45 ton          | 11.700          |
| 2.Gaziantep   | Doğu      | 23 ton          | 5.980           |
| 3.Muğla       | Batı      | 68 ton          | 17.680          |
| 4.Antalya     | Batı      | 68 ton          | 17.680          |
| 5.Ankara      | Orta      | 45 ton          | 11.700          |
| 6.İstanbul    | Batı      | 68 ton          | 17.680          |
| 7.Kayseri     | Orta      | 45 ton          | 11.700          |
| 8.Kocaeli     | Batı      | 68 ton          | 17.680          |
| 9.Adıyaman    | Doğu      | 23 ton          | 5.980           |
| 10.Ağrı       | Doğu      | 23 ton          | 5.980           |
| 11.Aksaray    | Orta      | 45 ton          | 11.700          |
| 12.Amasya     | Orta      | 45 ton          | 11.700          |
| 13.Ardahan    | Doğu      | 23 ton          | 5.980           |
| 14.Artvin     | Orta      | 45 ton          | 11.700          |
| 15.Bartın     | Orta      | 45 ton          | 11.700          |
| 16.Batman     | Doğu      | 23 ton          | 5.980           |
| 17.Bayburt    | Orta      | 45 ton          | 11.700          |
| 18.Bingöl     | Doğu      | 23 ton          | 5.980           |
| 19.Bitlis     | Doğu      | 23 ton          | 5.980           |
| 20.Çanakkale  | Batı      | 68 ton          | 17.680          |
| 21.Çankırı    | Orta      | 45 ton          | 11.700          |
| 22.Çorum      | Orta      | 45 ton          | 11.700          |
| 23.Diyarbakır | Doğu      | 23 ton          | 5.980           |
| 24.Elazığ     | Doğu      | 23 ton          | 5.980           |
| 25.Erzincan   | Doğu      | 23 ton          | 5.980           |
| 26.Erzurum    | Doğu      | 23 ton          | 5.980           |
| 27.Giresun    | Orta      | 45 ton          | 11.700          |
| 28.Gümüşhane  | Orta      | 45 ton          | 11.700          |
| 29.Hakkari    | Doğu      | 23 ton          | 5.980           |
| 30.Iğdır      | Doğu      | 23 ton          | 5.980           |
| 31.Maraş      | Batı      | 68 ton          | 17.680          |
| 32.Karabük    | Orta      | 45 ton          | 11.700          |
| 33.Karaman    | Orta      | 45 ton          | 11.700          |
| 34.Kars       | Doğu      | 23 ton          | 5.980           |
| 35.Kastamonu  | Orta      | 45 ton          | 11.700          |
| 36.Kırıkkale  | Orta      | 45 ton          | 11.700          |
| 37.Kırşehir   | Orta      | 45 ton          | 11.700          |

**Çizelge 8.3 (devam):** İllere göre tanımlı olan geçici depo tipleri ve kapasiteleri.

| İller        | Depo Tipi | Günlük kapasite | Yıllık kapasite |
|--------------|-----------|-----------------|-----------------|
| 38.Kilis     | Doğu      | 23 ton          | 5.980           |
| 39.Malatya   | Doğu      | 23 ton          | 5.980           |
| 40.Mardin    | Doğu      | 23 ton          | 5.980           |
| 41.Muş       | Doğu      | 23 ton          | 5.980           |
| 42.Nevşehir  | Orta      | 45 ton          | 11.700          |
| 43.Niğde     | Orta      | 45 ton          | 11.700          |
| 44.Ordu      | Orta      | 45 ton          | 11.700          |
| 45.Osmaniye  | Orta      | 45 ton          | 11.700          |
| 46.Rize      | Orta      | 45 ton          | 11.700          |
| 47.Samsun    | Orta      | 45 ton          | 11.700          |
| 48.Siirt     | Doğu      | 23 ton          | 5.980           |
| 49.Sinop     | Orta      | 45 ton          | 11.700          |
| 50.Sivas     | Orta      | 45 ton          | 11.700          |
| 51.Şanlıurfa | Doğu      | 23 ton          | 5.980           |
| 52.Şırnak    | Doğu      | 23 ton          | 5.980           |
| 53.Tokat     | Orta      | 45 ton          | 11.700          |
| 54.Tunceli   | Doğu      | 23 ton          | 5.980           |
| 55.Van       | Doğu      | 23 ton          | 5.980           |
| 56.Yozgat    | Doğu      | 23 ton          | 5.980           |
| 57.Zonguldak | Orta      | 45 ton          | 11.700          |

#### **Geçici depoların sabit mâliyetlerinin belirlenmesi**

Sistemin önemli mâliyet noktalarından biri de geçici depolardır. Depolardaki temel mâliyet unsuru sabit mâliyettir. Depoların Türkiye’de değişik bölgelerde oluşturulma mâliyetleri farklı olacaktır. Bu nedenle Batı, Orta ve Doğu olmak üzere 3 tip depo kategorisi belirlenmiştir. Sabit mâliyetler Çizelge 8.4’teki veriler ışığında belirlenmiştir:

**Çizelge 8.4:** Geçici depo hesaplamasında kullanılan birim mâliyetler (TL).

| Mâliyet kalemleri                      | Batı   | Orta   | Doğu   |
|----------------------------------------|--------|--------|--------|
| Arsa satın alma (metrekare)            | 100    | 65     | 35     |
| Ofis (metrekare)                       | 200    | 200    | 200    |
| Yönetici                               | 2.000  | 1.800  | 1.500  |
| Güvenlikçi                             | 700    | 700    | 700    |
| İşçi                                   | 700    | 700    | 700    |
| Forklift (adet)                        | 36.000 | 36.000 | 36.000 |
| Tank (adet)                            | 18.000 | 18.000 | 18.000 |
| IT donanım yazılım (adet)              | 2.000  | 2.000  | 2.000  |
| Kantar (adet)                          | 10.000 | 10.000 | 10.000 |
| Yıllık sabit enerji gideri (metrekare) | 0,96   | 0,96   | 0,96   |
| Yıllık sabit ofis gideri (metrekare)   | 10     | 10     | 10     |

Yıllık Sabit Mâliyet; Amortisman giderleri, Yıllık sabit enerji gideri, Yıllık sabit ofis gideri ve yönetim giderlerinin toplamı ile hesaplanmıştır.

Amortisman Giderleri = Arsa satınalma mâliyeti/30 + Ofis yapım mâliyeti/30 + Ekipman/10

olarak hesaplanmıştır.

Arsa satınalma mâliyeti; Batı, Orta ve Doğu depolarında farklılık göstermektedir. Arsanın amortismanı 30 yıl olarak alınmıştır. Buna göre 3 tip depo için oluşması gereken sabit mâliyetler, Çizelge 8.5'teki gibidir.

**Çizelge 8.5:** Arsa satınalma mâliyetleri.

|      | Alan (m <sup>2</sup> ) | Arsa mâliyeti (TL) |
|------|------------------------|--------------------|
| Batı | 1000                   | 100.000            |
| Orta | 600                    | 39.000             |
| Doğu | 300                    | 10.500             |

Her geçici depoda bir ofis vardır. Batı geçici depoları için ofise ayrılan alanın 80 m<sup>2</sup>, orta geçici depoları için ofise ayrılan alanın 60 m<sup>2</sup> ve doğu geçici depoları için ofise ayrılan alanın ise 40 m<sup>2</sup> olması plânlanmaktadır. Ofisin amortismanı olarak 30 yıl alınmıştır. Ofis yapım mâliyetleri, bulundukları konumlara göre Çizelge 8.6'daki gibidir.

**Çizelge 8.6:** Ofis yapım mâliyetleri.

|      | Ofis alanı (m <sup>2</sup> ) | Ofis yapım mâliyeti (TL) |
|------|------------------------------|--------------------------|
| Batı | 80                           | 16.000                   |
| Orta | 60                           | 12.000                   |
| Doğu | 40                           | 8.000                    |

Yıllık sabit enerji gideri ofiste harcanan elektrik gideri olarak düşünülmüştür. Çizelge 8.7'de geçici depo türlerine göre yıllık sabit enerji giderleri gösterilmiştir.

**Çizelge 8.7:** Sabit enerji gideri (TL).

|      | Alan (m <sup>2</sup> ) | Sabit enerji gideri (TL) |
|------|------------------------|--------------------------|
| Batı | 1000                   | 960                      |
| Orta | 600                    | 576                      |
| Doğu | 300                    | 288                      |

Yıllık sabit ofis giderlerinin hesaplanmasında ofiste harcanan su, telefon, dokümantasyon, temizlik gibi çeşitli sabit mâliyetler dikkate alınarak bir mâliyet oluşturulmuştur. Yıllık sabit ofis giderleri Çizelge 8.8'de görüldüğü gibidir:

**Çizelge 8.8:** Sabit ofis gideri.

|      | Alan (m <sup>2</sup> ) | Yıllık sabit ofis gideri (TL) |
|------|------------------------|-------------------------------|
| Batı | 1000                   | 1.500                         |
| Orta | 600                    | 1.000                         |
| Doğu | 300                    | 700                           |

Yönetim giderleri ise her depoda mutlaka olması gereken en az bir çevre mühendisi ve güvenlikçi dikkate alınarak hesaplanmıştır. Geçici depolar için yıllık geçici depo yönetim giderleri Çizelge 8.9'daki gibidir:

**Çizelge 8.9:** Yönetim giderleri.

|      | Yönetici | Güvenlik elemanı | Yönetim giderleri (TL) |
|------|----------|------------------|------------------------|
| Batı | 1        | 2                | 3.400                  |
| Orta | 1        | 2                | 3.200                  |
| Doğu | 1        | 2                | 2.900                  |

Her depoda en az bir tane forklift, bir tane kantar, yönetici için IT donanım ve yazılımı kullanılacaktır. Her geçici depoda Batı depolarında 3 tane 30 ton kapasiteli tank, orta depolarında 2 tane 30 ton kapasiteli tank, doğu depolarında 1 tane 30 ton kapasiteli tank bulunmalıdır. Belediyelerden gelen atık bitkisel yağlar geçici depolarda bu tankların içine boşaltılacaklardır. Tüm ekipmanların amortismanları 10 yıl olarak belirlenmiştir. Depo türlerine göre kullanılması beklenen ekipmanlar ise Çizelge 8.10 'da görüldüğü gibidir.

**Çizelge 8.10:** Geçici depolarda kullanılan ekipmanlar.

|      | Forklift | IT | Kantar | Tank |
|------|----------|----|--------|------|
| Batı | 2        | 1  | 1      | 3    |
| Orta | 1        | 1  | 1      | 2    |
| Doğu | 1        | 1  | 1      | 1    |

Bu durumda oluşan toplam geçici ekipman mâliyeti ise Çizelge 8.11'deki gibidir.

**Çizelge 8.11:** Toplam geçici depo ekipman mâliyeti.

|      | Toplam geçici depo ekipman mâliyeti (TL) |
|------|------------------------------------------|
| Batı | 138.000                                  |
| Orta | 84.000                                   |
| Doğu | 66.000                                   |

Geçici depolardaki işçi sayıları, Batı depoları için 8, Orta depolarında 5 ve Doğu depolarında 3 olarak belirlenmiştir. Bu durumda geçici depolara göre işçi sayıları ve

işçilerin yıllık mâliyetleri Çizelge 8.12'deki gibi, bu mâliyet verileri ışığında depoların yıllık sabit mâliyetleri ise Çizelge 8.13'teki gibi belirlenmiştir.

**Çizelge 8.12: Geçici depolardaki işçi sayısı ve işçi mâliyetleri.**

|      | <b>İşçi sayısı</b> | <b>Yıllık işçi mâliyetleri (TL)</b> |
|------|--------------------|-------------------------------------|
| Batı | 8                  | 67.200                              |
| Orta | 5                  | 42.000                              |
| Doğu | 3                  | 25.200                              |

**Çizelge 8.13: Geçici depoların amortisman giderleri ve yıllık sabit mâliyetleri.**

|      | <b>Amortisman giderleri (TL)</b> | <b>Yıllık sabit mâliyet (TL)</b> |
|------|----------------------------------|----------------------------------|
| Batı | 17.667                           | 90.727                           |
| Orta | 10.100                           | 56.876                           |
| Doğu | 7.217                            | 36.305                           |

#### **8.5.2.8 Geri kazanım tesislerinin özelliklerinin belirlenmesi**

Geçici depolardaki atık bitkisel yağlar salt Çevre ve Orman Bakanlığı'ndan lisanslı sistemin toplam kârını enbüyükleyen geri kazanım tesisine götürülecektir. Geri kazanım tesislerinin yıllık kapasiteleri yapılan görüşmeler ışığında tahmin edilerek çalışmada yer almaktadır.

#### **Geri kazanım tesislerinin konum kümelerinin oluşturulması**

Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından atık bitkisel yağlardan biyodizel elde etme lisansına sahip olan firmalara göre geri kazanım tesislerinin konum kümeleri belirlenmiştir. Çizelge 8.14'te tesislerin konumlarına ve kapasitelerine yer verilmektedir. Tesis kapasiteleri Ezici Biyodizel ile yapılan görüşmeler ışığında belirlenen tahmini değerlerdir.

**Çizelge 8.14: Varolan geri kazanım tesis kapasiteleri.**

| <b>Konum</b> | <b>Kapasite (ton/yıl)</b> |
|--------------|---------------------------|
| Adana        | 20.000                    |
| Balıkesir    | 10.000                    |
| Gaziantep    | 18.000                    |
| İstanbul     | 30.000                    |
| Kocaeli      | 40.000                    |
| Kastamonu    | 14.000                    |
| Tekirdağ     | 20.000                    |

Potansiyel geri kazanım tesisi konumları ise kalkınmada öncelikli iller olarak belirlenmiştir. Bu illerde kurulan tesis kapasiteleri 10.000 ton/yıl kabul edilmiştir.

### **Geri kazanım tesislerinin sabit ve işleme mâliyetinin belirlenmesi**

Türkiye’deki atık bitkisel yağlardan biyodizel üreten tesislerin kapasiteleri genellikle 10.000 ton/yıl olup 30.000 ton/yıl olanlar da vardır. Avrupa’da ise bu değeri 100.000 ton/yıl olan tesisler vardır. 700 m<sup>2</sup> kapalı alanı ve 350 m<sup>2</sup> de açık alanı olan biyodizel tesisinin kurulum ve işletme vb. mâliyeti yaklaşık 50 ton/günlük kapasitesi olan tesis için 600.000 TL civarındır (Oktay ve diğerleri, 2007). Yılda 13.000 ton kapasiteli tesisin kurulum mâliyeti 600.000 TL’dir. Konumlandığımız tesislerin kapasiteleri ortalaması 20.000 ton/yıl’dır. 20.000 ton/yıl kapasiteli tesisin kurulum mâliyetinin 13.000 ton kapasiteli tesisin kurulum mâliyetinin % 30 daha fazlası olduğunu kabul edersek. Türkiye’de ortalama bir tesis olarak kabul edilebilecek olan 20.000 ton/yıl kapasiteli bir tesis için kurulum mâliyeti 780.000 TL olarak kabul edilmiştir.

1 lt atık bitkisel yağın işlenme mâliyeti 1,17 TL’dir. Bu durumda 1 ton atık bitkisel yağın işlenme mâliyeti 1.170 TL’dir.

Geri kazanım tesisinde ortalama olarak 2 mühendis, 2 güvenlik görevlisi, 15 işçi bulunmaktadır. Çalışanların işletmeye maliyetleri Çizelge 8.15’te gösterilmektedir.

**Çizelge 8.15:** Geri kazanım tesisi mâliyet kalemleri.

|                    | <b>Mâliyet (TL)</b> |
|--------------------|---------------------|
| Mühendis           | 2.000               |
| Güvenlik görevlisi | 700                 |
| İşçi               | 700                 |

Bu durumda çalışan yıllık mâliyeti 190.800 TL’dir.

Yıllık enerji gideri 5.000 TL olarak belirlenmiştir.

Yıllık su faturası, dökümantasyon, ofis giderleri vb. gider 4.000 TL olarak belirlenmiştir.

Tesisin amortismanı 30 yıl olarak kabul edilmiştir.

Bu durumda tesisin yıllık sabit mâliyeti 225.800 TL’dir.

Geri kazanım tesisinin yıllık sabit mâliyeti ve işleme mâliyeti Çizelge 8.16’da gösterildiği gibidir.

**Çizelge 8.16:** Geri kazanım tesisi yıllık sabit ve işleme mâliyeti.

|                        | <b>Kapasite<br/>(ton/yıl)</b> | <b>Yıllık sabit mâliyet (TL)</b> | <b>İşleme mâliyeti<br/>(TL/ton)</b> |
|------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Geri kazanım<br>tesisi | 20.000                        | 225.800                          | 1.170                               |

Varolan tesislerin ve önerilen tesislerin yıllık sabit mâliyetlerinin kabul edilen değerleri Çizelge 8.17’de görülmektedir.

**Çizelge 8.17:** Varolan geri kazanım tesislerinin kapasiteleri ve yıllık sabit mâliyetleri.

| <b>Konum</b> | <b>Kapasite (ton/yıl)</b> | <b>Yıllık sabit mâliyetler (TL)</b> |
|--------------|---------------------------|-------------------------------------|
| 1.Adana      | 20.000                    | 225.800                             |
| 2.Balıkesir  | 10.000                    | 101.610                             |
| 3.Gaziantep  | 18.000                    | 203.220                             |
| 4.İstanbul   | 30.000                    | 316.120                             |
| 5.Kocaeli    | 40.000                    | 496.440                             |
| 6.Kastamonu  | 14.000                    | 135.480                             |
| 7.Tekirdağ   | 20.000                    | 225.800                             |

Kalkınmada öncelikli iller olarak düşünülen geri kazanım tesisi yıllık sabit maliyetleri 101.610 TL olarak belirlenmiştir.

#### **8.5.2.9 İkincil pazarların konumlarının belirlenmesi**

Geri kazanım tesisinde atık bitkisel yağlardan elde edilen biyodizelin Avrupa’da pek çok ülkede motorine belirli yüzdelerde katılarak kullanılması zorunludur. Pek çok AB ülkesinde üretilen biyodizel, kamu araçlarında ve okul servislerinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada geri kazanım tesislerinde üretilen biyodizelin AB uyum süreci içinde olduğumuz gözönünde bulundurularak motorini piyasaya dağıtan akaryakıt dağıtım tesislerine satılacağı düşünülecektir. Biyodizel üretimi için bir yönetmelik vardır. Ve enerji verimliliği yasa tasarısı gereği yerli üretimden üretilen biyodizelin en az % 2 oranında motorine katılma zorunluluğu vardır. Elde edilen ham gliserinin ise boya ve patlayıcı madde endüstrisine satıldığı düşünülmektedir. Bu durumda biyodizel ve ham gliserin için ikincil pazar konumları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

Biyodizel pazar konumları: İstanbul, Kocaeli, Bursa, İzmir, Ankara, Trabzon, Gaziantep, Antalya, Diyarbakır, Erzincan ve Nevşehir.

Ham gliserin pazar konumları: İstanbul, Kocaeli, Bursa, İzmir, Ankara, Çanakkale, Hatay, Siirt, Rize, Kayseri ve Eskişehir.

#### 8.5.2.10 Zararlı malzeme bertaraf tesislerinin konumlarının belirlenmesi

Geri kazanım tesislerinde meydana gelen tehlikeli atıkların imha edildiği Türkiye'deki tek tesis İZAYDAŞ'tır. İZAYDAŞ Türkiye'de oluşan tüm atıkların bertarafını yapmaktadır. Bu tesis yalnızca atık kızırtma yağından oluşan atıkların bertarafı ile ilgilenmediği için ilgili kapasite ve mâliyetlere ulaşmak olanaklı olmamıştır. İmha tesisi olarak tek tesis olan İZAYDAŞ kullanılmıştır.

#### 8.5.2.11 Modelin kurulması

##### İndisler

$i$  : Belediye toplama noktaları ( $i=1,2,..., 81$ )

$j$  : Geçici depo noktaları ( $j=1,2,...,57$ )

$k$  : Geri kazanım tesisi noktaları ( $k=1,2,..., 56$ )

$m$  : Zararlı malzeme bertaraf tesisi noktaları ( $m=1$ )

$bp$  : Biyodizel pazar noktaları ( $bp=1,2,...,11$ )

$gp$  : Gliserin pazar noktaları ( $gp=1,2,...,11$ )

##### Sabitler

$BO$  : Geri kazanım işlemi ile oluşan biyodizel oranı / 1 /

$GO$  : Geri kazanım işlemi ile oluşan gliserin oranı / 0,1 /

$KO$  : Geri kazanım işlemi ile oluşan kontamine atık oranı / 0,02 /

$PO$  : Geri kazanım işlemi ile oluşan süreç atık oranı / 0,01 /

$GDTM$  : Belediye toplama noktalarından geçici depolara taşıma mâliyeti  
/1 (TL / km\*ton) /

$GKTM$  : Geçici depolardan geri kazanım tesislerine taşıma mâliyeti  
/ 0,1 (TL / km\*ton) /

$BTM$  : Biyodizel taşıma mâliyeti / 0,1 (TL / km\*ton) /

$GTM$  : Gliserin taşıma mâliyeti / 0,1 (TL / km\*ton) /

$KTM$  : Kontamine atık taşıma mâliyeti / 1 (TL / km\*ton) /

$PTM$  : Süreç atık taşıma mâliyeti / 1 (TL / km\*ton) /

$BGE$  : Biyodizelden elde edilen gelir / 2.000 (TL / ton) /

$GGE$  : Gliserinden elde edilen gelir /600 (TL / ton) /

$KGI$  : Kontamine atık bertaraf mâliyeti / 800 (TL / ton) /

$PGI$  : Süreç atık bertaraf mâliyeti / 1.200 (TL / ton) /

$GKIM$  : Geri kazanım tesisi işleme mâliyeti / 1.170 (TL / ton) /

$x$  : En fazla geçici depo sayısı / 57 /

$y$  : En fazla geri kazanım tesisi sayısı / 56 /

### **Parametreler**

$BT_i$  :  $i$  . belediye toplama noktasındaki atık kızartma yağı miktarı (ton/yıl)

$KAGD_j$  :  $j$  . geçici depo kapasitesi (ton/yıl)

$KAGK_k$  :  $k$  . geri kazanım tesisi kapasitesi (ton/yıl)

$MSBTGD_{ij}$  :  $i$  . belediye toplama noktası ile  $j$  . geçici depo arasındaki mesafe (km)

$MSGDGK_{jk}$  :  $j$  . geçici depo ile  $k$  . geri kazanım tesisi arasındaki mesafe (km)

$MSGKBT_{km}$  :  $k$  . geri kazanım tesisi ile  $m$  . bertaraf tesisi arasındaki mesafe (km)

$MSGKBP_{kbp}$  :  $k$  . geri kazanım tesisi ile  $bp$  . biyodizel pazarı arasındaki mesafe (km)

$MSGKGP_{kgp}$  :  $k$  . geri kazanım tesisi ile  $gp$  . gliserin pazarı arasındaki mesafe (km)

### **Karar değişkenleri**

$M1_{ij}$  :  $i$  . belediye toplama noktasından  $j$  . geçici depoya giden ürün miktarı (ton/yıl)

$M2_{jk}$  :  $j$  . geçici depodan  $k$  . geri kazanım tesisine giden ürün miktarı (ton/yıl)

$M3_{kbp}$  :  $k$  . geri kazanım tesisinden  $bp$  . biyodizel pazarına giden biyodizel miktarı  
(ton/yıl)

$M4_{kgp}$  :  $k$  . geri kazanım tesisinden  $gp$  . gliserin pazarı giden gliserin miktarı  
(ton/yıl)

$M5_{km}$  :  $k$  . geri kazanım tesisinden  $m$  . bertaraf tesisine giden kontamine atık miktarı  
(ton/yıl)

$M6_{km}$  :  $k$  . geri kazanım tesisinden  $m$  . bertaraf tesisine giden süreç atık miktarı  
(ton/yıl)

$B1_j$  :  $j$  . geçici depodaki ürün miktarı (ton/yıl)

$B2_k$  :  $k$  . geri kazanım tesisindeki ürün miktarı (ton/yıl)

$B3_k$  :  $k$  . geri kazanım tesisindeki biyodizel miktarı (ton/yıl)

$B4_k$  :  $k$  . geri kazanım tesisindeki gliserin miktarı (ton/yıl)

$B5_k$  :  $k$  . geri kazanım tesisindeki kontamine atık miktarı (ton/yıl)

$B6_k$  :  $k$  . geri kazanım tesisindeki süreç atık miktarı (ton/yıl)

$B7_m$  :  $m$  . bertaraf tesisindeki kontamine atık miktarı (ton/yıl)

$B8_m$  :  $m$  . bertaraf tesisindeki süreç atık miktarı (ton/yıl)

$B9_{bp}$  :  $bp$  . biyodizel pazarındaki biyodizel miktarı (ton/yıl)

$B10_{gp}$  :  $gp$  . gliserin pazarındaki gliserin miktarı (ton/yıl)

$dv_j$  :  $j$  . geçici depo olma ya da olmama durumu (1/0)

$tv_k$  :  $k$  . geri kazanım tesisi olma ya da olmama durumu (1/0)

## Model

### Amaç

$$\begin{aligned} \text{Enb } z = & \sum_k B3_k * BGE + \sum_k B4_k * GGE \\ & - \sum_i \sum_j M1_{ij} * MSBTGD_{ij} * GDTM - \sum_j \sum_k M2_{jk} * MSGDGK_{jk} * GKTM \\ & - \sum_k \sum_{bp} M3_{kbp} * MSGKBP_{kbp} * BTM - \sum_k \sum_{gp} M4_{kgp} * MSGKGP_{kgp} * GTM \\ & - \sum_k \sum_m M5_{km} * MSGKBT_{km} * KTM - \sum_k \sum_m M6_{km} * MSGKBT_{km} * PTM \\ & - \sum_j \sum_k M2_{jk} * GKIM - \sum_j GDSM_j * dv_j - \sum_k GKSM_k * tv_k \\ & - \sum_k B5_k * KGI - \sum_k B6_k * PGI \end{aligned} \quad (8.1)$$

## Kısıtlar

Ürün akış kısıtları

$$\sum_j M1_{ij} = BT_i, i = 1, \dots, 81 \quad (8.2)$$

$$\sum_i M1_{ij} = B1_j, j = 1, \dots, 57 \quad (8.3)$$

$$\sum_j M2_{jk} = B2_k, k = 1, \dots, 56 \quad (8.4)$$

$$\sum_k M2_{jk} = B1_j, j = 1, \dots, 57 \quad (8.5)$$

$$B2_k * BO = B3_k, k = 1, \dots, 56 \quad (8.6)$$

$$B2_k * GO = B4_k, k = 1, \dots, 56 \quad (8.7)$$

$$\sum_{bp} M3_{kbp} = B3_k, k = 1, \dots, 56 \quad (8.8)$$

$$\sum_{gp} M4_{kgp} = B4_k, k = 1, \dots, 56 \quad (8.9)$$

$$B2_k * KO = B5_k, k = 1, \dots, 56 \quad (8.10)$$

$$B2_k * PO = B6_k, k = 1, \dots, 56 \quad (8.11)$$

$$\sum_k M3_{kbp} = B9_{bp}, bp = 1, \dots, 11 \quad (8.12)$$

$$\sum_k M4_{kgp} = B10_{gp}, gp = 1, \dots, 11 \quad (8.13)$$

$$\sum_m M5_{km} = B5_k, k = 1, \dots, 56 \quad (8.14)$$

$$\sum_m M6_{km} = B6_k, k = 1, \dots, 56 \quad (8.15)$$

$$\sum_k M5_{km} = B7_m, m = 1 \quad (8.16)$$

$$\sum_k M6_{km} = B8_m, m = 1 \quad (8.17)$$

Kapasite kısıtları

$$B1_j \leq KAGD_j * dv_j, j = 1, \dots, 57 \quad (8.18)$$

$$B2_k \leq KAGK_k * tv_k, k = 1, \dots, 56 \quad (8.19)$$

Maksimum depo ve tesis sayısı

$$\sum_j dv_j \leq x \quad (8.20)$$

$$\sum_k tv_k \leq y \quad (8.21)$$

Tamsayı kısıtı

$$dv_i, tv_k \in \{0, 1\} \quad (8.22)$$

Negatif olmama kısıtı

$$\text{Diğerleri} \geq 0 \quad (8.23)$$

(8.1) denklemi amaç fonksiyonudur. Amaç fonksiyonu, tüm sistemden elde edilen kârı enbüyüklemektir. Kâr, geri kazanım ile oluşan biyodizel ve gliserin gelirlerinden sistemde oluşan taşıma, işleme, geçici depo ve tesislerin sabit mâliyetleri, zararlı malzeme bertaraf giderleri çıkartılarak tanımlanmıştır.

(8.2) kısıtı, i toplama noktasından tüm j geçici depolarına giden ürün miktarının i toplama noktasındaki ürün miktarına denkliğini gösteren kısıttır.

(8.3) kısıtı, j geçici deposuna tüm i toplama noktalarından gelen ürün miktarının geçici depodaki ürün miktarına denk olması kısıtıdır.

(8.4) kısıtı, k geri kazanım tesisine tüm j geçici depolarından gelen ürün akış miktarının k geri kazanım tesisindeki ürün miktarına denk olması kısıtıdır.

(8.5) kısıtı, j geçici deposundan tüm k geri kazanım tesislerine olan ürün akış miktarının j deposundaki ürün miktarına denk olması kısıtıdır.

(8.6) kısıtı, tüm k geri kazanım tesislerindeki ürün miktarının BO ürün oranı ile elde edilen biyodizel ürün miktarının k geri kazanım tesisindeki biyodizel ürün miktarına denkliği kısıtıdır.

(8.7) kısıtı, tüm k geri kazanım tesislerindeki ürün miktarının GO ürün oranı ile elde edilen gliserin ürün miktarının k geri kazanım tesisindeki gliserin ürün miktarına denkliği kısıtıdır.

(8.8) kısıtı, tüm k geri kazanım tesisindeki biyodizel ürünün pazarlara olan akış miktarının k geri kazanım tesisindeki biyodizel ürün miktarına denk olması kısıtıdır.

(8.9) kısıtı, tüm k geri kazanım tesisindeki gliserin ürünün pazarlara olan akış miktarının k geri kazanım tesisindeki gliserin ürün miktarına denk olması kısıtıdır.

(8.10) kısıtı, tüm k geri kazanım tesislerindeki ürün miktarının KO kontamine atık oranı ile elde edilen kontamine atık miktarının k geri kazanım tesisindeki kontamine atık miktarına denkliği kısıtıdır.

(8.11) kısıtı, tüm k geri kazanım tesislerindeki ürün miktarının PO süreç atık oranı ile elde edilen süreç atık miktarının k geri kazanım tesisindeki süreç atık miktarına denkliği kısıtıdır.

(8.12) kısıtı, tüm k geri kazanım tesislerinden bp pazarına gönderilen biyodizel miktarının bp pazarındaki biyodizel ürün miktarına denkliği kısıtıdır.

(8.13) kısıtı, tüm k geri kazanım tesislerinden gp pazarına gönderilen gliserin miktarının gp pazarındaki gliserin miktarına denkliği kısıtıdır.

(8.14) kısıtı, tüm k geri kazanım tesislerinden m imha tesisine gönderilen kontamine atık miktarının k geri kazanım tesisindeki kontamine atık miktarına denk olması kısıtıdır.

(8.15) kısıtı, tüm k geri kazanım tesislerinden m imha tesisine gönderilen süreç atık miktarının k geri kazanım tesisindeki süreç atık miktarına denk olması kısıtıdır.

(8.16) kısıtı, tüm k geri kazanım tesisinden m imha tesisine gönderilen kontamine atık miktarının m imha tesisindeki kontamine atık miktarına denk olması kısıtıdır.

(8.17) kısıtı, tüm k geri kazanım tesisinden m imha tesisine gönderilen süreç atık miktarının m imha tesisindeki süreç atık miktarına denk olması kısıtıdır.

(8.18) kısıtı, j geçici deposundaki ürün miktarının depo kapasitesine eşit ya da küçük olmasıdır.

(8.19) kısıtı, k geri kazanım tesisindeki ürün miktarının geri kazanım tesisi kapasitesine eşit ya da küçük olmasıdır.

(8.20) kısıtı, mevcut olması istenen maksimum geçici depo sayısı ile ilgili kısıttır.

(8.21) kısıtı, mevcut olması istenen maksimum geri kazanım tesisi sayısı ile ilgili kısıttır.

(8.22) kısıtı, geçici depo ve geri kazanım tesislerinin açılıp açılmaması gerektiğini gösteren 0-1 tamsayı kısıtıdır.

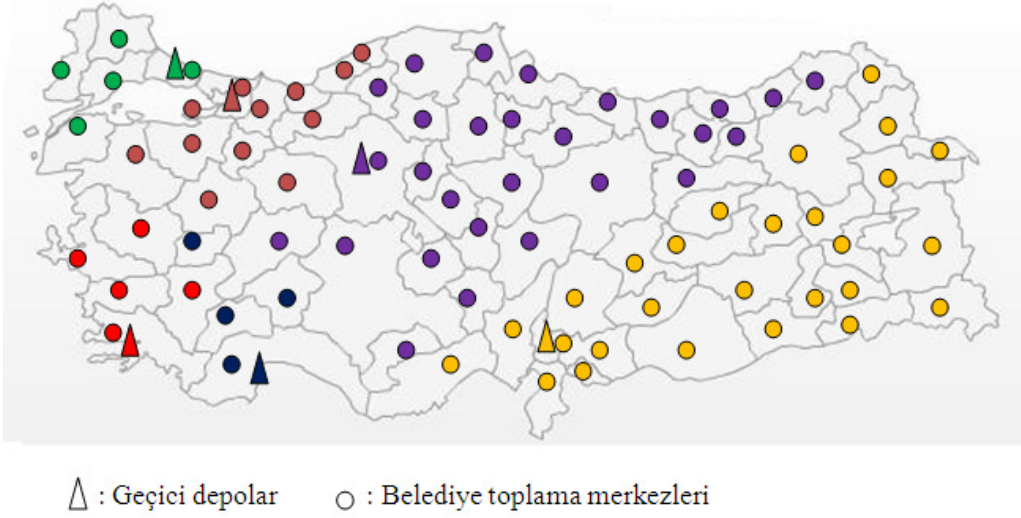
(8.23) kısıtı, diğer tüm değişkenler için negatif olmama kısıtıdır.

Model pazar kapasiteleri ve bertaraf tesisi kapasitelerini de içerecek şekilde genişletilebilir.

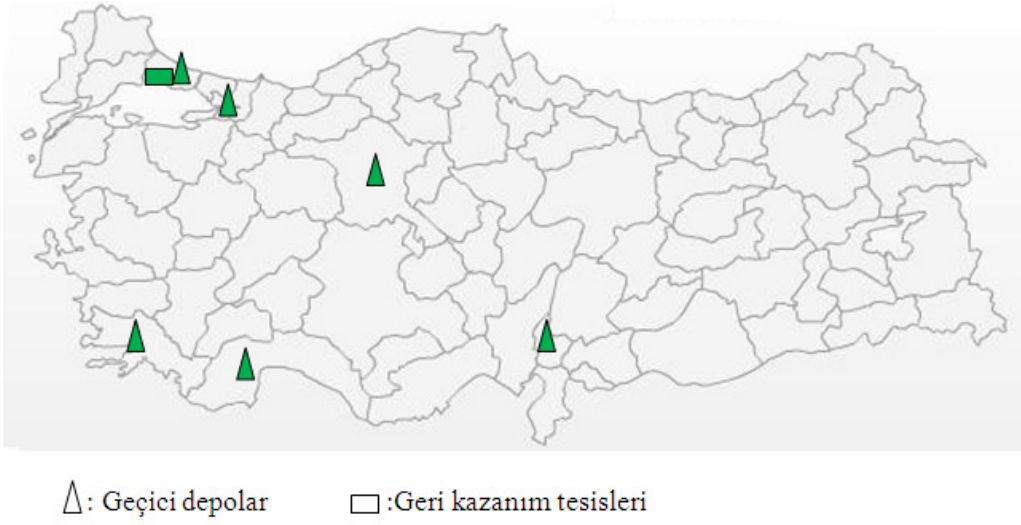
#### **8.5.2.12 Modelin sonuçları ve değerlendirilmesi**

Model şimdiki toplanan atık kıyartma yağı miktarı ve tahmin edilen atık kıyartma yağı miktarı gözönüne alınarak 5 senaryo için çalıştırılmıştır. Her senaryo için belirlenen kapasiteler, yıllık sabit mâliyetler ve taşıma mâliyetleri doğrultusunda sistemin kârını enbüyükleyecek şekilde bulunması gereken geçici depo yerleri, geri kazanım tesislerinin yerleri ile geçici depolara hangi belediye toplama noktalarından yıllık ne kadar atık kıyartma yağı geleceği, hangi geçici deponun hangi geri kazanım tesisine ne kadar atık kıyartma yağı göndereceği belirlenmiştir. Pazar kapasiteleri sınırsız tutulmakla birlikte hangi geri kazanım tesisinin hangi pazara ne kadar ürün sunması gerektiği belirlenmiştir.

Senaryo 1, varolan durumda toplanan atık kıyartma yağı miktarı dikkate alınarak oluşturulmuştur. Senaryo 1 için amaç fonksiyon değeri 3.981.508,89 TL olarak belirlenmiştir. Sistem kârının en iyi olduğu durumda Muğla, Antalya, Ankara, İstanbul, Kocaeli ve Osmaniye’de geçici depoların açılmasının en uygun sonucu verdiği ortaya çıkmıştır. Varolan lisanslı geri kazanım tesislerinden salt İstanbul’dakinin çalışması ile sistem kârı enbüyüklenmektedir. Veriler doğrultusunda elde edilen biyodizel ve gliserin salt İstanbul pazarına satılmaktadır. Oluşan kontamine ve süreç atıklar tek imha tesisi olan İZAYDAŞ’a gönderilmektedir. Şekil 8.5’te Senaryo 1’in en iyi çözümü için karar verilen geçici depolar ve bu geçici depolara atanan belediye toplama noktaları gösterilmiştir. Şekil 8.6’da ise Senaryo 1’in en iyi çözümü için karar verilen geri kazanım tesisi ve bu tesise atanan geçici depolar yer almaktadır. Şekil 8.7’de Senaryo 1 için karar verilen geri kazanım tesisi ile ikincil pazarlar ve imha tesisi konumları gösterilmiştir. Şekillerde kullanılan aynı renkler birimler arasındaki atamaları göstermektedir.



**Şekil 8.5:** Senaryo 1 için geçici depolar ve geçici depolara atanan belediye toplama noktaları.



**Şekil 8.6:** Senaryo 1 için geri kazanım tesisi ve geri kazanım tesisine atanan geçici depolar.



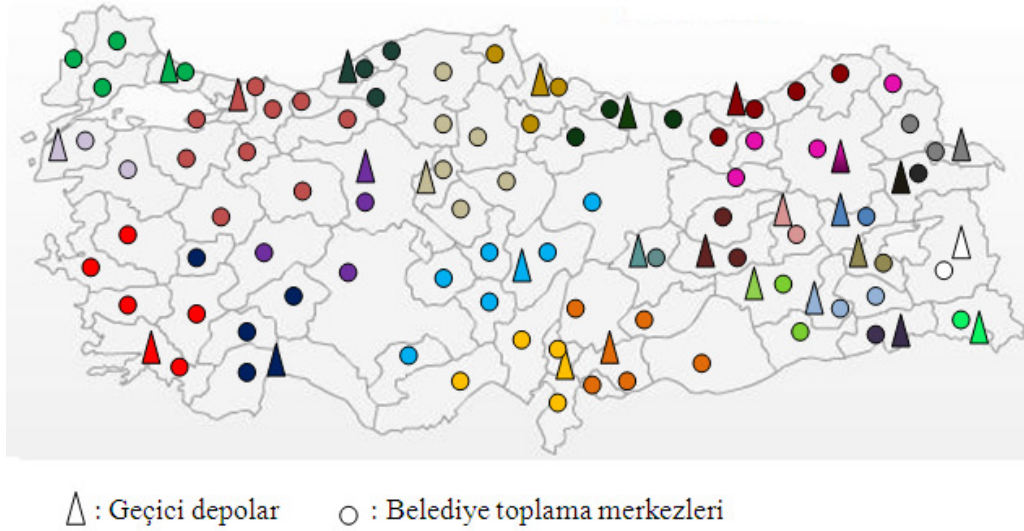
- : Geri kazanım tesisleri      ◇ : Biyodizel pazarları  
⊕ : Bertaraf tesisleri      ○ : Gliserin pazarları

**Şekil 8.7:** Senaryo 1 için ikincil pazarlar ve ikincil pazarlara atanan geri kazanım tesisi ve bertaraf tesisi.

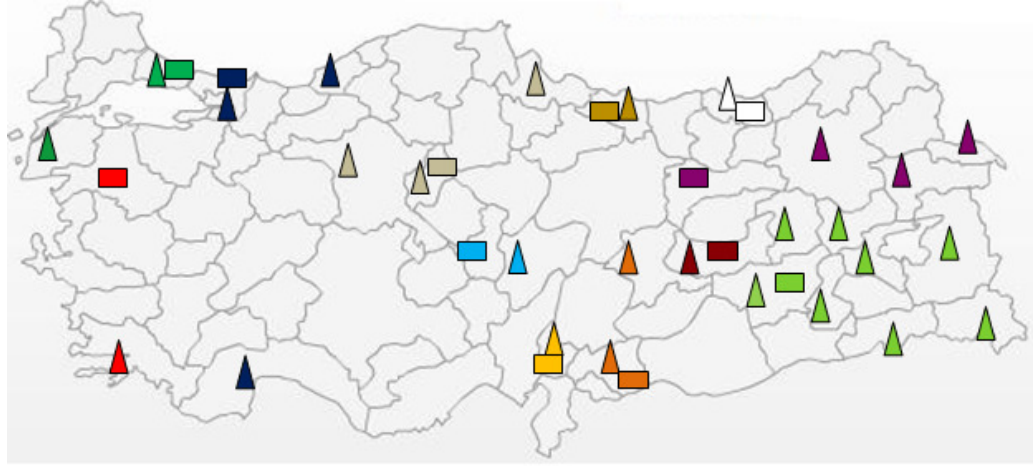
Senaryo 1 için illerden toplanan atık kızartma yağı miktarları EK A.1’de, en iyi çözüm için açılması gereken geçici depolar ve bu depolara atanan iller, illerden depolara gelen atık kızartma yağı miktarları, geçici depoların kullanılan kapasiteleri ve kullanılmayan kapasiteleri EK B.1’ de, açılması gereken geri kazanım tesisleri ve bu tesislere atanan geçici depolar, geçici depolardan gelen atık kızartma yağı miktarları, geri kazanım tesislerinin kullanılan kapasiteleri ve kullanılmayan kapasiteleri EK C.1’de, geri kazanım tesislerinden biyodizel pazarlarına giden ürün miktarları EK D.1’de, geri kazanım tesislerinden gliserin pazarlarına giden ürün miktarları EK E.1’de, geri kazanım tesislerinden bertaraf tesisi İZAYDAŞ’a giden kontamine ve süreç atık miktarları EK F.1’de gösterilmiştir.

Senaryo 2, tahmin edilen atık kızartma yağı miktarı olan 300.000 ton yağın %10’ unun toplanması durumu düşünülerek oluşturulmuştur. Senaryo 2 için illerde olduğu tahmin edilen atık kızartma yağı miktarları EK A.2’de gösterilmiştir. Senaryo 2’ nin GAMS de çözülmesi ile amaç fonksiyon değeri 19.457.431,81 TL olarak belirlenmiştir. Sistemin kârının enbüyüklediği durumda varolan lisanslı geçici depolar Trabzon, Gaziantep, Muğla, Ankara, Antalya, İstanbul, Kayseri ve Kocaeli çalışması gerektiği ve bunların yanında Ağrı, Batman, Bingöl, Bitlis, Çanakkale, Diyarbakır, Elazığ, Erzurum, Hakkari, Iğdır, Kırıkkale, Malatya, Muş, Ordu, Osmaniye, Samsun, Şırnak, Van ve Zonguldak’ta geçici depoların açılması

gerektiği sonucuna varılmıştır. Varolan geri kazanım tesisleri arasında Balıkesir, İstanbul, Kocaeli ve Gaziantep olarak belirlenmiş ve Diyarbakır, Elazığ, Erzincan, Kırıkkale, Nevşehir, Ordu, Osmaniye ve Trabzon'da geri kazanım tesisleri açılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Senaryo 2 dikkate alındığında biyodizel pazarı olarak İstanbul, Kocaeli, Bursa, Ankara, Trabzon, Gaziantep Diyarbakır, Erzincan ve Nevşehir, gliserin pazarı olarak ise İstanbul, Kocaeli, Bursa, Ankara, Hatay, Siirt, Rize ve Kayseri olması uygun bulunmuştur. şekil 8.8'de Senaryo 2'in en iyi çözümü için karar verilen geçici depolar ve bu geçici depolara atanan belediye toplama noktaları gösterilmiştir. şekil 8.9'da ise Senaryo 2'in en iyi çözümü için karar verilen geri kazanım tesisleri ve bu tesislere atanan geçici depolar yer almaktadır. şekil 8.10'da Senaryo 2 için karar verilen geri kazanım tesisleri ile ikincil pazarlar ve imha tesisi konumları gösterilmiştir. şekillerde kullanılan aynı renkler birimler arasındaki atamaları göstermektedir.

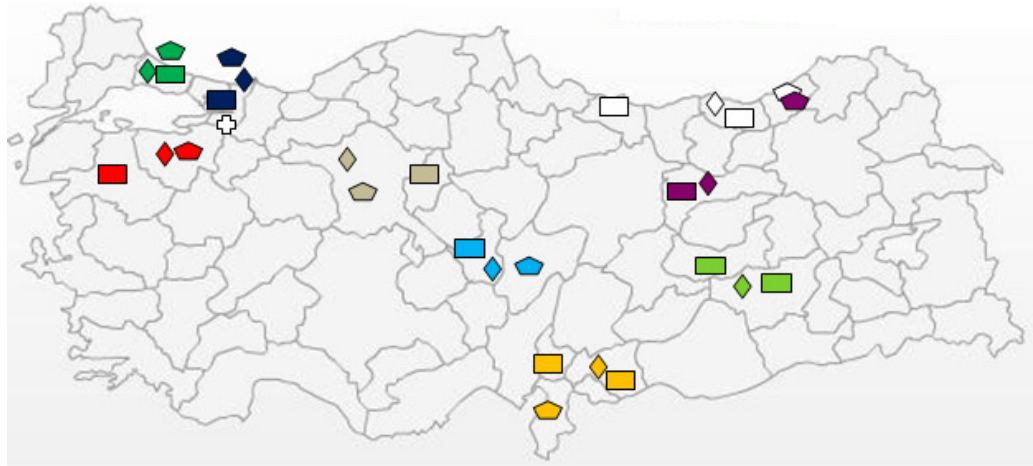


**şekil 8.8:** Senaryo 2 için geçici depolar ve geçici depolara atanan belediye toplama noktaları.



△ : Geçici depolar      □ : Geri kazanım tesisleri

**Şekil 8.9:** Senaryo 2 için geri kazanım tesisi ve geri kazanım tesisine atanan geçici depolar.



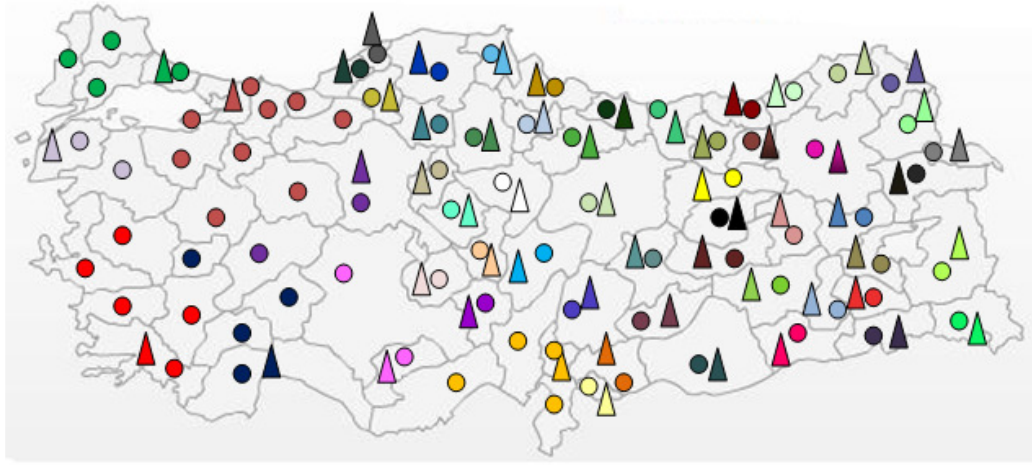
□ : Geri kazanım tesisleri      ◇ : Biyodizel pazarları  
 ⊕ : Bertaraf tesisleri      ⬡ : Gliserin pazarları

**Şekil 8.10:** Senaryo 2 için ikincil pazarlar ve ikincil pazarlara atanan geri kazanım tesisi ve bertaraf tesisi.

Senaryo 2'in en iyi çözümü için açılması gereken geçici depolar ve bu depolara atanan iller, illerden depolara gelen atık kızartma yağı miktarları, geçici depoların kullanılan kapasiteleri ve kullanılmayan kapasiteleri EK B.2' de, açılması gereken geri kazanım tesisleri ve bu tesislere atanan geçici depolar, geçici depolardan gelen atık kızartma yağı miktarları, geri kazanım tesislerinin kullanılan kapasiteleri ve kullanılmayan kapasiteleri EK C.2'de, geri kazanım tesislerinden biyodizel pazarlarına giden ürün miktarları EK D.2'de, geri kazanım tesislerinden gliserin

pazarlarına giden ürün miktarları EK E.2’de, geri kazanım tesislerinden bertaraf tesisi İZAYDAŞ’a giden kontamine ve süreç atık miktarları EK F.2’de gösterilmiştir.

Senaryo 3, tahmin edilen atık kızartma yağı miktarı olan 300.000 ton yağın %20’ sinin toplanması durumu düşünülerek oluşturulmuştur. Senaryo 3 için illerde olduğu tahmin edilen atık kızartma yağı miktarları EK A.3’de gösterilmiştir. Senaryo 3’ ün GAMS de çözülmesi ile amaç fonksiyon değeri 40.398.891,62 TL olarak belirlenmiştir. Sistemin kârının enbüyüklendiği durumda önerilen tüm geçici depoların açılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Varolan geri kazanım tesisleri arasında Balıkesir, Gaziantep, İstanbul ve Kocaeli olarak belirlenmiş, bunların yanında Aksaray, Bingöl, Çankırı, Diyarbakır, Elazığ, Erzincan, Giresun, Kahramanmaraş, Kırıkkale, Kırşehir, Nevşehir, Ordu, Osmaniye ve Trabzon geri kazanım tesislerinin açılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Senaryo 3 dikkate alındığında İzmir ve Diyarbakır dışında tüm biyodizel pazarlarına ürün gönderilmektedir. İzmir, Çanakkale ve Eskişehir dışında tüm gliserin pazarlarına ürün gönderilmektedir. Şekil 8.11’de Senaryo 3’ün en iyi çözümü için karar verilen geçici depolar ve bu geçici depolara atanan belediye toplama noktaları gösterilmiştir. Şekil 8.12’de ise Senaryo 3’ün en iyi çözümü için karar verilen geri kazanım tesisleri ve bu tesislere atanan geçici depolar yer almaktadır. Şekil 8.13’de Senaryo 3 için karar verilen geri kazanım tesisleri ile ikincil pazarlar ve imha tesisi konumları gösterilmiştir. Şekillerde kullanılan aynı renkler birimler arasındaki atamaları göstermektedir.



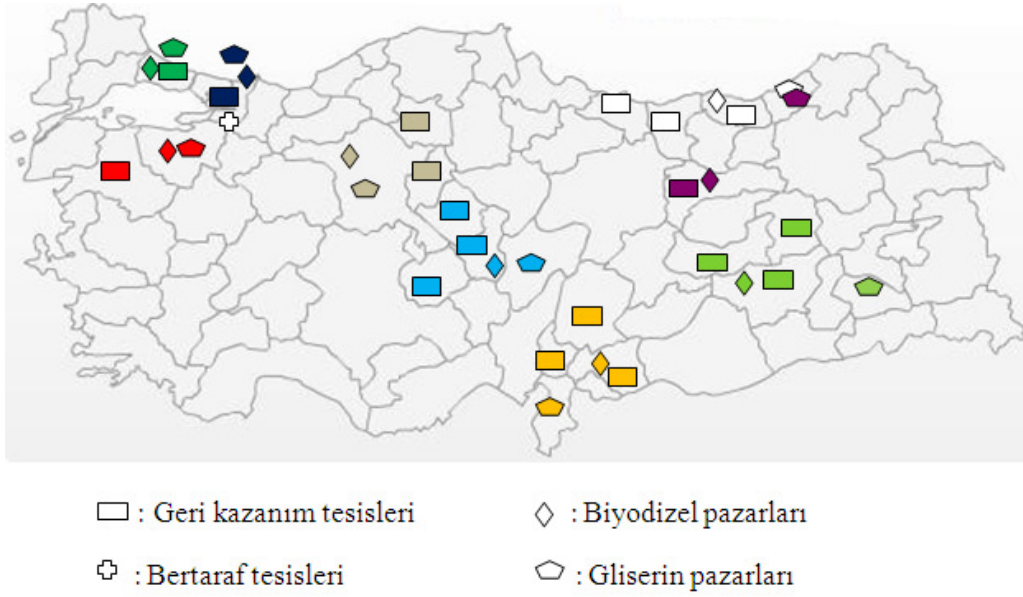
△ : Geçici depolar      ○ : Belediye toplama merkezleri

**Şekil 8.11:** Senaryo 3 için geçici depolar ve geçici depolara atanan belediye toplama noktaları.



△ : Geçici depolar      □ : Geri kazanım tesisleri

**Şekil 8.12:** Senaryo 3 için geri kazanım tesisi ve geri kazanım tesisine atanan geçici depolar.

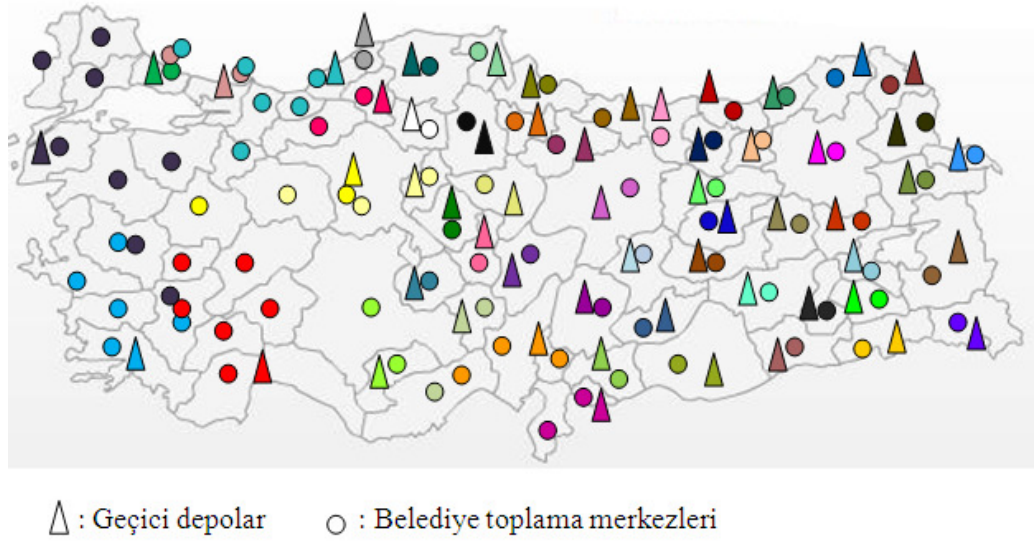


**Şekil 8.13:** Senaryo 3 için ikincil pazarlar ve ikincil pazarlara atanan geri kazanım tesisi ve bertaraf tesisi.

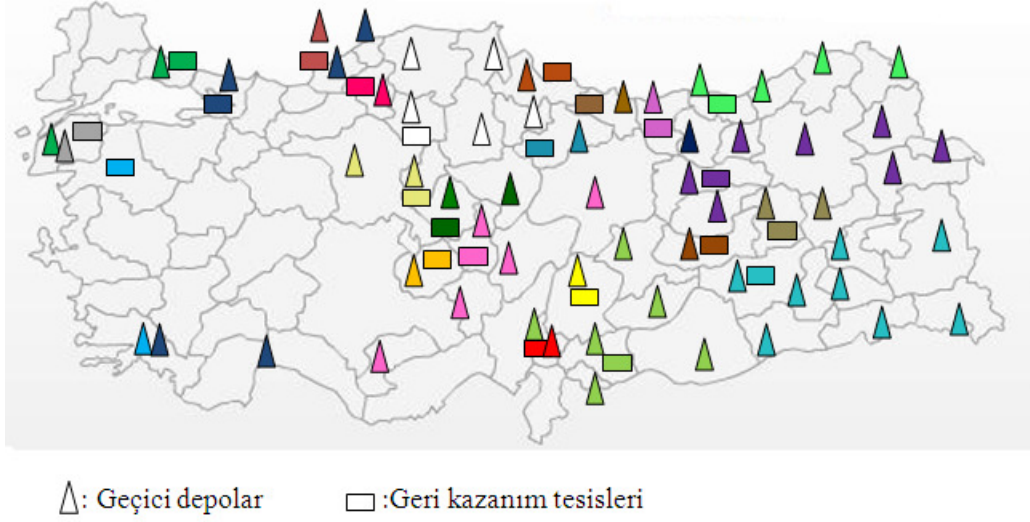
Senaryo 3'ün en iyi çözümü için açılması gereken geçici depolar ve bu depolara atanan iller, illerden depolara gelen atık kıyartma yağı miktarları, geçici depoların kullanılan kapasiteleri ve kullanılmayan kapasiteleri EK B.3' de, açılması gereken geri kazanım tesisleri ve bu tesislere atanan geçici depolar, geçici depolardan gelen atık kıyartma yağı miktarları, geri kazanım tesislerinin kullanılan kapasiteleri ve kullanılmayan kapasiteleri EK C.3'de, geri kazanım tesislerinden biyodizel pazarlarına giden ürün miktarları EK D.3'de, geri kazanım tesislerinden gliserin pazarlarına giden ürün miktarları EK E.3'de, geri kazanım tesislerinden bertaraf tesisi İZAYDAŞ'a giden kontamine ve süreç atık miktarları EK F.3'de gösterilmiştir.

Senaryo 4 tahmin edilen atık kıyartma yağı miktarı olan 300.000 ton yağın %50' sinin toplanması durumu düşünülerek oluşturulmuştur. Senaryo 4 için illerde olduğu tahmin edilen atık kıyartma yağı miktarları EK A.4'de gösterilmiştir. Senaryo 4' ün GAMS de çözülmesi ile amaç fonksiyon değeri 101.705.841,20 TL olarak belirlenmiştir. Sistemin kârının enbüyüklendiği durumda önerilen tüm geçici depoların açılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Varolan geri kazanım tesisleri arasında Balıkesir, Gaziantep, İstanbul ve Kocaeli olarak belirlenmiş, bunların yanında Aksaray, Bingöl, Çanakkale, Çankırı, Diyarbakır, Elazığ, Erzincan, Giresun, Kahramanmaraş, Karabük, Kırıkkale, Kırşehir, Nevşehir, Ordu, Osmaniye, Samsun, Tokat, Trabzon ve Zonguldak geri kazanım tesislerinin açılması gerektiği sonucuna

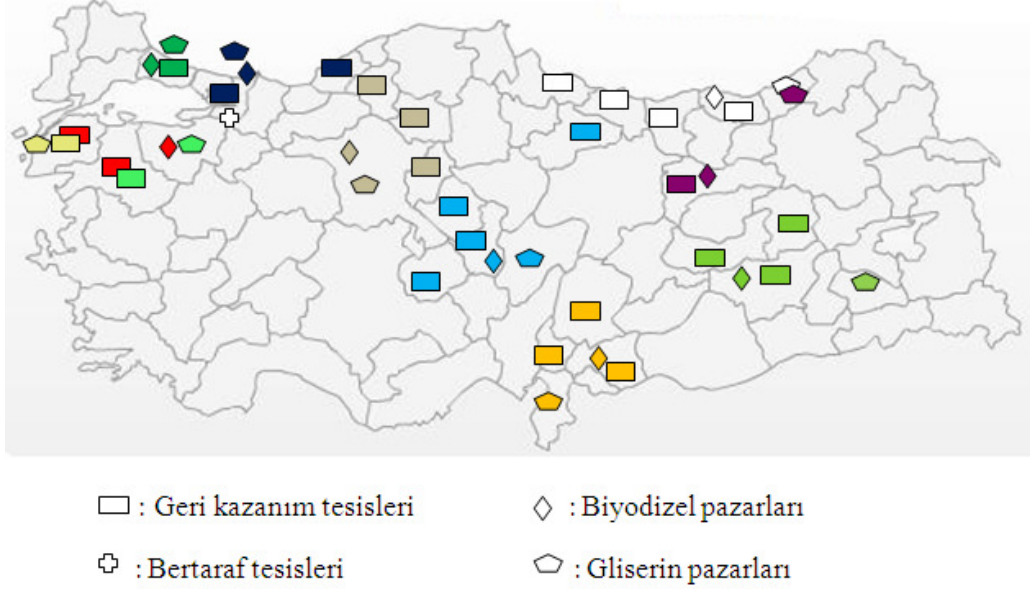
varılmıştır. Senaryo 4 dikkate alındığında İzmir ve Antalya dışında tüm biyodizel pazarlarına ürün gönderilmektedir. İzmir ve Eskişehir dışında tüm gliserin pazarlarına ürün gönderilmektedir. Şekil 8.14'te Senaryo 4'ün en iyi çözümü için karar verilen geçici depolar ve bu geçici depolara atanan belediye toplama noktaları gösterilmiştir. Şekil 8.15'te ise Senaryo 4'ün en iyi çözümü için karar verilen geri kazanım tesisleri ve bu tesislere atanan geçici depolar yer almaktadır. Şekil 8.16'da Senaryo 4 için karar verilen geri kazanım tesisleri ile ikincil pazarlar ve imha tesisi konumları gösterilmiştir. Şekillerde kullanılan aynı renkler birimler arasındaki atamaları göstermektedir.



**Şekil 8.14:** Senaryo 4 için geçici depolar ve geçici depolara atanan belediye toplama noktaları.



**Şekil 8.15:** Senaryo 4 için geri kazanım tesisi ve geri kazanım tesisine atanan geçici depolar.

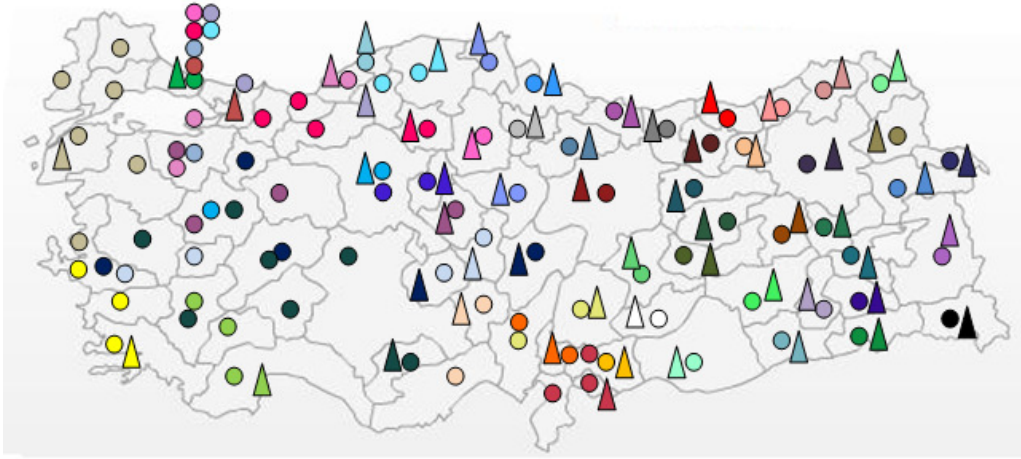


**Şekil 8.16:** Senaryo 4 için ikincil pazarlar ve ikincil pazarlara atanan geri kazanım tesisi ve bertaraf tesisi.

Senaryo 4'ün en iyi çözümü için açılması gereken geçici depolar ve bu depolara atanan iller, illerden depolara gelen atık kızartma yağı miktarları, geçici depoların kullanılan kapasiteleri ve kullanılmayan kapasiteleri EK B.4' de, açılması gereken geri kazanım tesisleri ve bu tesislere atanan geçici depolar, geçici depolardan gelen atık kızartma yağı miktarları, geri kazanım tesislerinin kullanılan kapasiteleri ve kullanılmayan kapasiteleri EK C.4'de, geri kazanım tesislerinden biyodizel pazarlarına giden ürün miktarları EK D.4'de, geri kazanım tesislerinden gliserin

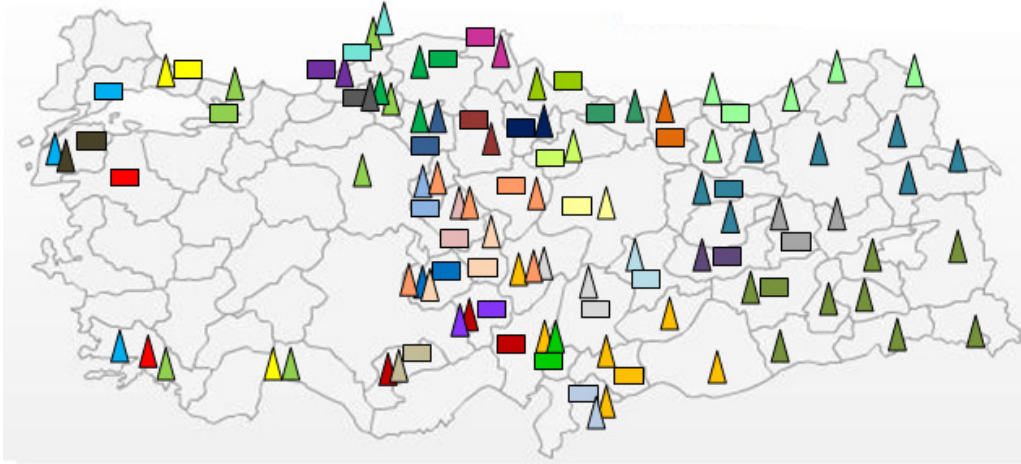
pazarlarına giden ürün miktarları EK E.4’de, geri kazanım tesislerinden bertaraf tesisi İZAYDAŞ’a giden kontamine ve süreç atık miktarları EK F.4’de gösterilmiştir.

Senaryo 5 tahmin edilen atık kızartma yağı miktarı olan 300.000 ton yağın % 100’ünün toplanması durumu düşünülerek oluşturulmuştur. Senaryo 5 için illerde olduğu tahmin edilen atık kızartma yağı miktarları EK A.5’de gösterilmiştir. Senaryo 5’ in GAMS de çözülmesi ile amaç fonksiyon değeri 178.420.233,3 TL olarak belirlenmiştir. Sistemin kârının enbüyüklendiği durumda önerilen tüm geçici depoların açılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Mevcut geri kazanım tesislerinin hepsinin açık olması gerektiği bunların yanında Aksaray, Amasya, Bartın, Bingöl, Çanakkale, Çankırı, Çorum, Diyarbakır, Elazığ, Erzincan, Giresun, Kahramanmaraş, Karabük, Karaman, Kırıkkale, Kırşehir, Kilis, Malatya, Nevşehir, Niğde, Ordu, Osmaniye, Samsun, Sinop, Sivas, Tokat, Trabzon, Yozgat ve Zonguldak geri kazanım tesislerinin açılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Senaryo 5 dikkate alındığında İzmir ve Antalya dışında tüm biyodizel pazarlarına ürün gönderilmektedir. İzmir ve Eskişehir dışında tüm gliserin pazarlarına ürün gönderilmektedir. Şekil 8.17’de Senaryo 5’in en iyi çözümü için karar verilen geçici depolar ve bu geçici depolara atanan belediye toplama noktaları gösterilmiştir. Şekil 8.18’de ise Senaryo 5’in en iyi çözümü için karar verilen geri kazanım tesisleri ve bu tesislere atanan geçici depolar yer almaktadır. Şekil 8.19’da Senaryo 5 için karar verilen geri kazanım tesisleri ile ikincil pazarlar ve imha tesisi konumları gösterilmiştir. Şekillerde kullanılan aynı renkler birimler arasındaki atamaları göstermektedir.



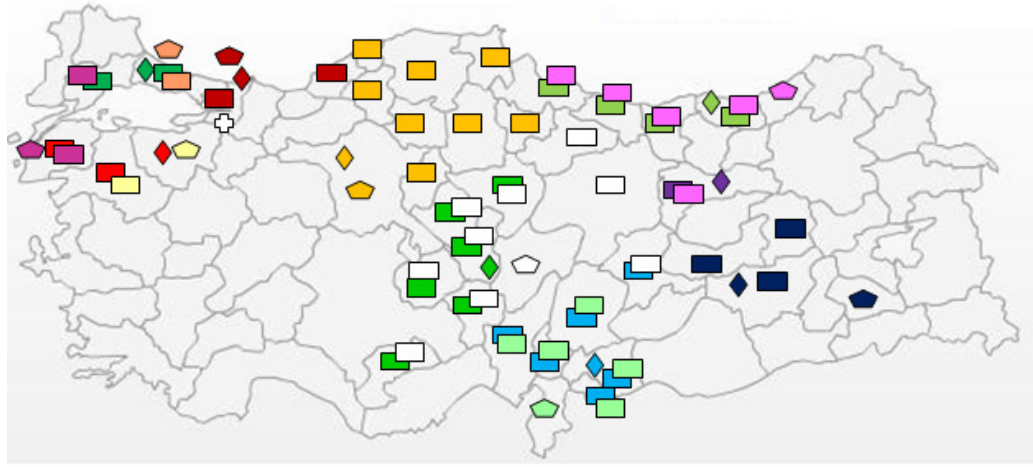
△ : Geçici depolar      ○ : Belediye toplama merkezleri

**Şekil 8.17:** Senaryo 5 için geçici depolar ve geçici depolara atanan belediye toplama noktaları.



△ : Geçici depolar      □ : Geri kazanım tesisleri

**Şekil 8.18:** Senaryo 5 için geri kazanım tesisi ve geri kazanım tesisine atanan geçici depolar.



- |                            |                         |
|----------------------------|-------------------------|
| □ : Geri kazanım tesisleri | ◇ : Biyodizel pazarları |
| ⊕ : Bertaraf tesisleri     | ⬠ : Gliserin pazarları  |

**Şekil 8.19:** Senaryo 5 için ikincil pazarlar ve ikincil pazarlara atanan geri kazanım tesisi ve bertaraf tesisi.

Senaryo 5'in en iyi çözümü için açılması gereken geçici depolar ve bu depolara atanan iller, illerden depolara gelen atık kıyartma yağı miktarları, geçici depoların kullanılan kapasiteleri ve kullanılmayan kapasiteleri EK B.5' de, açılması gereken geri kazanım tesisleri ve bu tesislere atanan geçici depolar, geçici depolardan gelen atık kıyartma yağı miktarları, geri kazanım tesislerinin kullanılan kapasiteleri ve kullanılmayan kapasiteleri EK C.5'de, geri kazanım tesislerinden biyodizel pazarlarına giden ürün miktarları EK D.5'de, geri kazanım tesislerinden gliserin pazarlarına giden ürün miktarları EK E.5'de, geri kazanım tesislerinden bertaraf tesisi İZAYDAŞ'a giden kontamine ve süreç atık miktarları EK F.5'de gösterilmiştir.

Çizelge 8.18'de tüm senaryolar için açılması gereken geçici depo ve geri kazanım tesisi sayıları, ürün gönderilen biyodizel ve gliserin pazarı sayıları gösterilmiştir. Çizelge 8.19'da tüm senaryolar için amaç fonksiyon değerleri gösterilmiştir.

**Çizelge 8.18:** Tüm senaryolar için geçici depo, geri kazanım tesisi, biyodizel ve gliserin pazarı sayısı.

|                            | Senaryo 1 | Senaryo 2 | Senaryo 3 | Senaryo 4 | Senaryo 5 |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Geçici depo sayısı         | 6         | 27        | 57        | 57        | 57        |
| Geri kazanım tesisi sayısı | 1         | 12        | 18        | 23        | 36        |
| Biyodizel pazarı sayısı    | 1         | 9         | 9         | 9         | 9         |
| Gliserin pazarı sayısı     | 1         | 8         | 8         | 9         | 9         |

**Çizelge 8.19:** Tüm senaryolar için amaç fonksiyon değerleri.

| Senaryolar | Amaç fonksiyon değerleri |
|------------|--------------------------|
| Senaryo 1  | 3.981.508,89             |
| Senaryo 2  | 19.457.431,81            |
| Senaryo 3  | 40.398.891,62            |
| Senaryo 4  | 101.705.841,20           |
| Senaryo 5  | 178.420.233,30           |

## 9. SONUÇ

Artan çevre problemleri ile birlikte önem kazanmaya başlayan tersine lojistik, ürün geri dönüşleri ve yasalar gibi birçok itici gücün etkisi ile uygulamacıları ve akademisyenleri tersine lojistik kavramı üzerinde çalışmaya yönlendirmiştir. Tersine lojistik bilimsel bir alan olarak, Amerika, İspanya, Almanya gibi birçok ülkede yıllardır bilinmekte ve uygulanmaktadır. Ancak, Türkiye’de tersine lojistik hâlâ yeni ve üzerinde çalışılması gereken bir kavramdır. Tersine lojistik ağı tasarımı problemi tersine lojistik kavramının önemli kısmını oluşturmaktadır. Başarılı tersine tedârik zinciri yönetimine sahip olan şirketler ekonomik kazancın yanında yeşil imaj oluşturarak rekâbet gücünü arttıracaktır. Bu durumda, tersine lojistik ağların tasarlanması stratejik bir öneme sahiptir.

Çalışmada ilk olarak, tersine lojistik kavramının nasıl tanımlandığı; tersine lojistiğe neden olan güçlerin neler olduğu; tersine lojistik etkinliklerinin neler olduğu; kimlerin, ne zaman, nasıl rol üstlendiği gibi konulara açıklık getirilmiştir. Tersine lojistiğin önündeki engellerden, tersine tedârik zinciri kavramından ve yeşil lojistik ile ilişkisinden bahsedilmiştir. Daha sonra, tersine lojistik ağı türlerinden bahsedilerek, tersine lojistik ağları için temel bir model olan karışık tamsayılı doğrusal programlama modeli aktarılmıştır.

Çalışmada üzerinde durulan alan atık kıyartma yağları geri kazanım sistemidir. Geri toplanan atık kıyartma yağları biyodizele dönüştürülmektedir. Biyodizel üretimi, Amerika gibi birçok ülkede üzerinde önemle durulan bir konudur. Ancak, Türkiye’de üretimi yüksek üretim mâliyetleri ve yanlış vergi politikaları yüzünden durma noktasındadır. Atık kıyartma yağlarının kullanılması ve lojistik mâliyetlerin düşürülmesi ile üretiminin artacağı düşünülmüştür. Bu nedenle, Türkiye’de atık kıyartma yağlarının tersine lojistiğinde ne, neden, kim ve nasıl sorularına cevap aranmıştır. Varolan durum görüşmeler yapılarak incelenmiş ve yeni bir atık kıyartma yağı toplama sistemi önerilmiştir. Dünya’daki atık kıyartma yağı toplama ve atık kıyartma yağlarından biyodizel üretimi çalışmaları hakkında bilgi verilmiştir.

Tersine lojistik ağı tasarımı kapsamında en uygun geçici depoların, geri kazanım tesislerinin, bertaraf tesislerinin, ikincil pazarların yerinin seçimi problemi, belediye toplama noktalarından geçici depolara, geçici depolardan geri kazanım tesislerine, geri kazanım tesislerinden ikincil pazarlara ve imha tesislerine gönderilecek ürün miktarlarının seçimi gibi önemli kararların verilmesi söz konusudur. Bu anlamda tersine lojistik ağı tasarımı problemi hem bir yer seçimi hem de bir atama problemidir.

Bu çalışma kapsamında tersine lojistik ağı tasarımı için temel bir model olan karışık tamsayılı doğrusal programlama kullanılmıştır. Bu model ile yukarıda sözü edilen kararlar atık kıyartma yağı geri kazanımı için alınmaya çalışılmıştır. Model GAMS optimizasyon programı ile çözülmüştür.

Modelde, Türkiye'deki her ilde bir belediye toplama noktası olduğu düşünülmüştür. Her ilde oluşacak atık kıyartma yağı miktarı o ilin sosyo-ekonomik gelişmişlik düzeyi ve nüfus bilgileri dikkate alınarak oluşturulmuştur. Bu durumda, 5 senaryo incelenmiştir. Senaryolar varolan sistemle toplanan atık kıyartma yağı miktarı ve oluştuğu tahmin edilen atık kıyartma yağı miktarının % 10, % 20, % 50 ve % 100'ü dikkate alınarak oluşturulmuştur. Modeldeki amaç, atık kıyartma yağlarının geri kazanımı ile elde edilecek gelir ile belediye toplama noktalarından imha tesislerine ve ikincil pazarlara kadar olan süreçte meydana gelen giderler arasındaki farkı enbüyükleyecek en iyi akışları sağlamaktır. Toplanan atık kıyartma yağı miktarları arttıkça sistemin kârı artmaktadır.

Uygulama kapsamında elde edilen veriler belirsizlik içermektedir. Bu belirsizliklerin modele yansıtılabilmesi için bulanık sayılar kullanılabilir ya da stokastik modeller oluşturulabilir.

Her ilde oluşması beklenen atık kıyartma yağı miktarları, geri kazanım merkezinde meydana gelen atık oranları gibi verilere karar vericiler ile görüşülerek karar verilmiştir. Böyle bir yol izlenmesinin nedeni, elde yeterince geçmiş verinin bulunmamasıdır. Yeterince veri elde edildiğinde, bu oranların ne kadar olduğunun belirlenmesi için çeşitli istatistiksel tekniklerden faydalanılabilir. İleride verilerin daha güvenilir olması ile birlikte gerçek koşullara daha uygun sonuçlar veren ağ tasarımlarının yapılması mümkün olabilecektir.

Model, elde bulundurma mâliyeti, pazar talepleri, ceza mâliyetleri ve çok dönemli bir yapı düşünülerek geliştirilebilir. Bu durumda karışık tamsayılı doğrusal programlama modeli doğrusal olmayan bir yapıya dönüşecektir. Çözümü için genetik algoritmalar gibi sezgisel yöntemler kullanılabilir.



## KAYNAKLAR

- Alptekin, E., & Çanakçı, M., 2006: Biyodizel ve Türkiye’deki durumu, *Mühendis ve Makine*, **561**, 57-64.
- Alptekin, E., & Çanakçı M., 2008: Farklı hammaddelerden üretilen metil ester ve gliserinin bazı özelliklerinin belirlenmesi, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, **23**, 549-556.
- Alvarez-Gil, M. J., Berrone, P., Husillos, F. J., & Lado, N., 2007: Reverse logistics, stakeholders' influence, organizational slack, and managers' posture, *Journal of Business Research*, **60**, 463-473.
- Aras, N., & Aksen, D., 2008: Locating collection centers for distance- and incentive dependent returns, *Int. J. Production Economics*, **111**, 316-333.
- Bautista, L. F., Vicente, G., Rodrı’guez, R., & Pacheco, M., 2009: Optimisation of FAME production from waste cooking oil for biodiesel use, *Biomass and Bioenergy*, In pres.
- Bıyık, G., Gülsün, B., & Özgen, D., 2007: A mixed integer linear programming model for reverse logistics network design problem, *International Logistics and Supply Chain Congress’2007*, November 8-9,2007, İstanbul, Türkiye.
- Büyüközkan, G., & Vardaloğlu, Z., 2008: Yeşil tedarik zinciri yönetimi, *Lojistik Dergisi*, **8**, 66-73.
- Cruz-Rivera, R., & Ertel, J., 2008: Reverse logistics network design for the collection of End-of-Life vehicles in Mexico, *European Journal of Operational Research*, In pres.
- Çanakçı, M., & Özsezen, A. N., 2005: Evaluating waste cooking oils as alternative diesel fuel, *G. Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, **18**, 81-91.
- Çanakçı, M., 2008: Kullanılmış kızartmalık yağlarla ilgili Dünya’daki uygulamalar, *Recycling Industry*, **6**, 74-79.
- Dekker, R., Fleischmann, M., Inderfurth, K., & Wassenhove, L.N.V., 2004: Reverse logistics, *Springer –Verlag*, Heidelberg.
- Demirel, H. Ö., & Gökçen, H., 2008: Geri kazanımlı imalat sistemleri için lojistik ağı tasarımı: literatür araştırması, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, **23-4**, 903-912.
- Du, F., & Evans, G. W., 2008: A bi-objective reverse logistics network analysis for post-sale service, *Computers & Operations Research*, **35**, 2617-2634.
- El-Sayed, M., Afia, N., & El-Kharbotly, A., 2008: A stochastic model for forward–reverse logistics network design under risk, *Computers & Industrial Engineering*, In press.

- Encinar, J. M., Gonzlez, J. F., & Rodrguez-Reinares, A.,** 2009: Biodiesel from used frying oil. Variables affecting the yields and characteristics of the biodiesel, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, **44**, 5491-5499.
- Erol, İ., Velioglu, M. N., & Şerifoğlu, F. S.,** 2008: AB uyum yasaları ve sürdürülebilir kalkınma bağlamında tersine tedarik zinciri yönetimi: Türkiye'ye yönelik araştırma fırsatları ve önerileri, *İktisat, İşletme ve Finans Dergisi*, **244**, 86-106.
- Fleischmann, M., Krikke, H. R., Dekker, R., & Flapper, S. D. P.,** 2000: A characterisation of logistics networks for product recovery, *Omega*, **28**, 653-666.
- Fleishmann, M.,** 2001: Reverse logistics network structures and design, *The Carnegie Bosch Institute International Conference on Closed-Loop Supply Chains' 2001*, May 31- June 2, Pittsburg, Pennsylvania.
- Fleischmann, M., Nunen, J., & Grave, B.,** 2002: Integrating closed-loop supply chains and spare parts management at IBM, *ERASMUS RESEARCH INSTITUTE OF MANAGEMENT*.
- Gezmiş, C. T., Oktay, Y., & Şahiner, E. B.,** 2008 : Gizli tehlike atık yağlar, *Fatih Üniversitesi III. Çevre Sorunları Kongresi*, **2**, 470-475.
- Goggin, K., & Browne, J.,** 2000: Towards a taxonomy of resource recovery from end-of-life products, *Computers in Industry*, **42**, 177-191.
- Gungor, A., & Gupta, S. M.,** 1999: Issues in environmentally conscious manufacturing and product recovery: A survey, *Computers and Industrial Engineering*, **36**, 811-853.
- Guide, V. D. R., & Wassenhove, L. N. V.,** 2001: Business aspects of closed-loop supply chains, *The Carnegie Bosch Institute International Conference on Closed-Loop Supply Chains' 2001*, May 31- June 2, Pittsburg, Pennsylvania.
- Gülsün, B., Tuzkaya, G., & Bildik, E.,** 2008: Reverse logistics network design: a simulated annealing approach, *Journal of Engineering and Natural Sciences*, **26**, 68-80.
- Hartwig, E., & Moore, T.,** 2006: An assessment of the restaurant grease collection and rendering industry in South Carolina, *Southern States Energy Board*.
- Issariyakul, T., Kulkarni, M. G., Meher, L. C., Dalai, A. K., & Bakhshi, N. N.,** 2007: Biodiesel production from mixtures of canola oil and used cooking oil, *Chemical Engineering Journal*, **140**, 77-85.
- Kara, S., Rugrungruang, F., & Kaebernick, H.,** 2007: Simulation modelling of reverse logistics networks, *Int. J. Production Economics*, **106**, 61-69.
- Karaçay, G.,** 2005: Tersine lojistik: kavram ve işleyiş, *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, **14-1**, 317-332.
- Kim, K., Song, I., Kim, J., & Jeong, B.,** 2006: Supply planning model for remanufacturing system in reverse logistics environment, *Computers & Industrial Engineering*, **51**, 279-287.

- Kumar, S., & Putnam, V.,** 2008: Cradle to cradle: Reverse logistics strategies and opportunities across three industry sectors, *Int. J. Production Economics*, **115**, 305-315.
- Lee, D., & Dong, M.,** 2008: A heuristic approach to logistics network design for end-of-lease computer products recovery, *Transportation Research Part E*, **44**, 455-474.
- Lee, D., & Dong, M.,** 2009: Dynamic network design for reverse logistics operations under uncertainty, *Transportation Research Part E*, **45**, 61-71.
- Logozar, K., Radonjic, G., & Bastic, M.,** 2006: Incorporation of reverse logistics model into in-plant recycling process: A case of aluminium industry, *Resources, Conservation and Recycling*, **49**, 49-67.
- Mutha, A., & Pokharel, S.,** 2008: Strategic network design for reverse logistics and remanufacturing using new and old product modules, *Computers & Industrial Engineering*,
- Oktay, Z. D., Bali, V., & Tekin, O.,** 2007: Atık yağ toplama projesi, *Üniversite Öğrencileri 2. Çevre Sorunları Kongresi*, 208-217.
- Östlin, J., Sundin, E., & Björkman, M.,** 2008: Importance of closed-loop supply chain relationships for product remanufacturing, *Int. J. Production Economics*, **115**, 336-348.
- Öztürk, M.,** 2004: Kullanılmış bitkisel ve hayvansal yağlar, *Çevre ve Orman Bakanlığı*.
- Pati, R. K., Vrat, P., & Kumar, P.,** 2008: A goal programming model for paper recycling system, *Omega*, **36**, 405-417.
- Predojevic', Z. J.,** 2008: The production of biodiesel from waste frying oils: A comparison of different purification steps, *Fuel*, **87**, 3522-3528.
- Ravi, V., & Shankar, R.,** 2005: Analysis of interactions among the barriers of reverse logistics, *Technological Forecasting & Social Change*, **72**, 1011-1029.
- Richey, R. G., Chen, H., Genchev, S. E., & Daugherty P.,** 2005: Developing effective reverse logistics programs, *Industrial Marketing Management*, **34**, 830-840.
- Rogers, D. S., & Tibben-Lembke, R. S.,** 1998: Going backwards: Reverse logistics trends and practices, *Reverse Logistics Executive Council*, Pittsburg, PA.
- Schober, S., & Mittelbach, M.,** 2005: Assessment of initiatives related to biodiesel from used frying oil in Austria, *Institute of Chemistry Karl-Franzens University Graz*.
- Soner, S., & Onut, S.,** 2007: A stochastic programming approach to a case study for reverse logistics network design, *International Logistics and Supply Chain Congress'2007*, November 8-9, 2007, İstanbul, Türkiye.
- Srivastava, S. K.,** 2008: Network design for reverse logistics, *Omega*, **36**, 535-548.
- Tanyaş, M.,** 2008: Lojistik ve tedârik zinciri yönetimi ders notları.

- Tuzkaya, G., Gülsün, B., & Bildik, E., 2007:** A heuristic approach for reverse logistics networks, *International Logistics and Supply Chain Congress'2007*, November 8-9,2007, İstanbul, Türkiye.
- Url-1** <<http://www.shell.com/>>, alındığı tarih 10.02.2009.
- Url-2** <<http://www.cevreorman.gov.tr/>>, alındığı tarih 15.03.2009.
- Url-3** <<http://www.dpt.gov.tr/bgyu/koy/koy68-99.html>>, alındığı tarih 12.03.2009.
- Url-4** <<http://www.albiyobir.org.tr/>>, alındığı tarih 16.03.2009.
- Utlü, Z., 2005:** Biyodizel üretiminde yenilenebilir enerji kaynağı olarak atık kızartma yağlarının değerlendirilmesi, 3. *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*, 218-223.
- Velioğlu, M. N., Büyüközkan, G., Erol, İ., Şerifoğlu, F. S., & Korugan, A., 2007:** Reverse supply chain management: the case of Ttury, *International Logistics and Supply Chain Congress'2007*, November 8-9,2007, İstanbul, Türkiye.
- Yongsheng, Z., & Shouyang, W., 2008:** Generic model of reverse logistics network design, *Journal of Transportaiton Systems Engineering and Informaion Technology*, **8**, 71-78.

## **EKLER**

**EK A :** İllerden toplanan atık kıyartma yağı miktarları

**EK B :** Geçici depo bilgileri

**EK C :** Geri kazanım tesisi bilgileri

**EK D :** Biyodizel pazar bilgileri

**EK E :** Gliserin pazar bilgileri

**EK F :** Bertaraf tesisi bilgileri

# EK A

**Çizelge A.1: Senaryo 1 için illerden toplanan atık miktarları.**

| 1. Derece Gelişmiş İller (miktar ton) | 2. Derece Gelişmiş İller (miktar ton) | 3. Derece Gelişmiş İller (miktar ton) | 4. Derece Gelişmiş İller (miktar ton) | 5. Derece Gelişmiş İller (miktar ton) |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| İstanbul (1.715 ton)                  | Eskişehir (105 ton)                   | Bilecik (28 ton)                      | Kastamonu (10,50 ton)                 | Tunceli (0,70 ton)                    |
| Ankara (617,40 ton)                   | Antalya (262,50 ton)                  | Edirne (42 ton)                       | Çorum (17,50 ton)                     | Adıyaman (6,30 ton)                   |
| İzmir (514,50 ton)                    | Tekirdağ (105 ton)                    | Zonguldak (56 ton)                    | Giresun (14 ton)                      | Kars (3,50 ton)                       |
| Kocaeli (240,10 ton)                  | Adana (280 ton)                       | Çanakkale (42 ton)                    | Artvin (7 ton)                        | Gümüşhane (1,40 ton)                  |
| Bursa (343 ton)                       | İçel (227,50 ton)                     | Isparta (42 ton)                      | Erzincan (7 ton)                      | Bayburt (0,70 ton)                    |
|                                       | Muğla (122,50 ton)                    | Manisa (112 ton)                      | Sivas (21 ton)                        | Batman (5,60 ton)                     |
|                                       | Aydın (140 ton)                       | Uşak (28 ton)                         | Aksaray (10,50 ton)                   | Mardin (8,40 ton)                     |
|                                       | Balıkesir (157,50 ton)                | Konya (28 ton)                        | Kahramanmaraş (35 ton)                | Van (11,20 ton)                       |
|                                       | Kırklareli (52,50 ton)                | Gaziantep (140 ton)                   | Bartın (7 ton)                        | Siirt (3,50 ton)                      |
|                                       | Kayseri (175 ton)                     | Hatay (112 ton)                       | Tokat (21 ton)                        | Iğdır (2,10 ton)                      |
|                                       | Denizli (122,50 ton)                  | Sakarya (70 ton)                      | Çankırı (7 ton)                       | Hakkâri (2,80 ton)                    |
|                                       |                                       | Bolu (28 ton)                         | Sinop (7 ton)                         | Bitlis (3,50 ton)                     |
|                                       |                                       | Burdur (28 ton)                       | Ordu (24,50 ton)                      | Ardahan (1,40 ton)                    |
|                                       |                                       | Kırıkkale (28 ton)                    | Erzurum (28 ton)                      | Bingöl (2,80 ton)                     |
|                                       |                                       | Kütahya (56 ton)                      | Diyarbakır (49 ton)                   | Ağrı (5,60 ton)                       |
|                                       |                                       | Nevşehir (28 ton)                     | Yozgat (17,50 ton)                    | Şırnak (4,90 ton)                     |
|                                       |                                       | Elazığ (42 ton)                       | Şanlıurfa (52,50 ton)                 | Muş (4,20 ton)                        |
|                                       |                                       | Trabzon (70 ton)                      | Yalova (7 ton)                        | Kilis (1,40 ton)                      |
|                                       |                                       | Rize (28 ton)                         |                                       |                                       |
|                                       |                                       | Malatya (56 ton)                      |                                       |                                       |
|                                       |                                       | Amasya (28 ton)                       |                                       |                                       |
|                                       |                                       | Karaman (28 ton)                      |                                       |                                       |
|                                       |                                       | Afyon (56 ton)                        |                                       |                                       |
|                                       |                                       | Osmaniye (42 ton)                     |                                       |                                       |
|                                       |                                       | Düzce (28 ton)                        |                                       |                                       |
|                                       |                                       | Niğde (28 ton)                        |                                       |                                       |

**Çizelge A.2: Senaryo 2 için illerden toplanan atık miktarları.**

| <b>1. Derece Gelişmiş İller (miktar ton)</b> | <b>2. Derece Gelişmiş İller (miktar ton)</b> | <b>3. Derece Gelişmiş İller (miktar ton)</b> | <b>4. Derece Gelişmiş İller (miktar ton)</b> | <b>5. Derece Gelişmiş İller (miktar ton)</b> |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| İstanbul (7.350)                             | Eskişehir (450)                              | Bilecik (120)                                | Kastamonu (45)                               | Tunceli (3)                                  |
| Ankara (2.646)                               | Antalya (1.125)                              | Edirne (180)                                 | Çorum (75)                                   | Adıyaman (27)                                |
| İzmir (2.205)                                | Tekirdağ (450)                               | Zonguldak (240)                              | Giresun (60)                                 | Kars (15)                                    |
| Kocaeli (1.029)                              | Adana (1.200)                                | Çanakkale (180)                              | Artvin (30)                                  | Gümüşhane (6)                                |
| Bursa (1.470)                                | İçel (975)                                   | Isparta (180)                                | Erzincan (30)                                | Bayburt (3)                                  |
|                                              | Muğla (525)                                  | Manisa (480)                                 | Sivas (90)                                   | Batman (24)                                  |
|                                              | Aydın (600)                                  | Uşak (120)                                   | Aksaray (45)                                 | Mardin (36)                                  |
|                                              | Balıkesir (675)                              | Konya (120)                                  | Kahramanmaraş (150)                          | Van (48)                                     |
|                                              | Kırklareli (225)                             | Gaziantep (600)                              | Bartın (30)                                  | Siirt (15)                                   |
|                                              | Kayseri (750)                                | Hatay (480)                                  | Tokat (90)                                   | Iğdır (9)                                    |
|                                              | Denizli (525)                                | Sakarya (300)                                | Çankırı (30)                                 | Hakkâri (12)                                 |
|                                              |                                              | Bolu (120)                                   | Sinop (30)                                   | Bitlis (15)                                  |
|                                              |                                              | Burdur (120)                                 | Ordu (105)                                   | Ardahan (6)                                  |
|                                              |                                              | Kırıkkale (120)                              | Erzurum (120)                                | Bingöl (12)                                  |
|                                              |                                              | Kütahya (240)                                | Diyarbakır (210)                             | Ağrı (24)                                    |
|                                              |                                              | Nevşehir (120)                               | Yozgat (75)                                  | Şırnak (21)                                  |
|                                              |                                              | Elazığ (180)                                 | Şanlıurfa (225)                              | Muş (18)                                     |
|                                              |                                              | Trabzon (300)                                | Yalova (30)                                  | Kilis (6)                                    |
|                                              |                                              | Samsun (420)                                 | Karabük (30)                                 |                                              |
|                                              |                                              | Kırşehir (120)                               |                                              |                                              |
|                                              |                                              | Rize (120)                                   |                                              |                                              |
|                                              |                                              | Malatya (240)                                |                                              |                                              |
|                                              |                                              | Amasya (120)                                 |                                              |                                              |
|                                              |                                              | Karaman (120)                                |                                              |                                              |
|                                              |                                              | Afyon (240)                                  |                                              |                                              |
|                                              |                                              | Osmaniye (180)                               |                                              |                                              |
|                                              |                                              | Düzce (120)                                  |                                              |                                              |
|                                              |                                              | Niğde (120)                                  |                                              |                                              |

**Çizelge A.3:** Senaryo 3 için illerden toplanan atık miktarları.

| 1. Derece Gelişmiş İller (miktar ton) | 2. Derece Gelişmiş İller (miktar ton) | 3. Derece Gelişmiş İller (miktar ton) | 4. Derece Gelişmiş İller (miktar ton) | 5. Derece Gelişmiş İller (miktar ton) |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| İstanbul (14.700)                     | Eskişehir (900)                       | Bilecik (240)                         | Kastamonu (90)                        | Tunceli (6)                           |
| Ankara (5.292)                        | Antalya (2.250)                       | Edirne (360)                          | Çorum (150)                           | Adıyaman (54)                         |
| İzmir (4.410)                         | Tekirdağ (900)                        | Zonguldak (480)                       | Giresun (120)                         | Kars (30)                             |
| Kocaeli (2.058)                       | Adana (2.400)                         | Çanakkale (360)                       | Artvin (60)                           | Gümüşhane (12)                        |
| Bursa (2.940)                         | İçel (1.950)                          | Isparta (360)                         | Erzincan (60)                         | Bayburt (6)                           |
|                                       | Muğla (1.050)                         | Manisa (960)                          | Sivas (180)                           | Batman (48)                           |
|                                       | Aydın (1.200)                         | Uşak (240)                            | Aksaray (90)                          | Mardin (72)                           |
|                                       | Balıkesir (1.350)                     | Konya (240)                           | Kahramanmaraş (300)                   | Van (96)                              |
|                                       | Kırklareli (450)                      | Gaziantep (1.200)                     | Bartın (60)                           | Siirt (30)                            |
|                                       | Kayseri (1.500)                       | Hatay (960)                           | Tokat (180)                           | İğdır (18)                            |
|                                       | Denizli (1.050)                       | Sakarya (600)                         | Çankırı (60)                          | Hakkâri (24)                          |
|                                       |                                       | Bolu (240)                            | Sinop (60)                            | Bitlis (30)                           |
|                                       |                                       | Burdur (240)                          | Ordu (210)                            | Ardahan (12)                          |
|                                       |                                       | Kırıkkale (240)                       | Erzurum (240)                         | Bingöl (24)                           |
|                                       |                                       | Kütahya (480)                         | Diyarbakır (420)                      | Ağrı (48)                             |
|                                       |                                       | Nevşehir (240)                        | Yozgat (150)                          | Şırnak (42)                           |
|                                       |                                       | Elazığ (360)                          | Şanlıurfa (450)                       | Muş (36)                              |
|                                       |                                       | Trabzon (600)                         | Yalova (60)                           | Kilis (12)                            |
|                                       |                                       | Samsun (840)                          | Karabük (60)                          |                                       |
|                                       |                                       | Kırşehir (240)                        |                                       |                                       |
|                                       |                                       | Rize (240)                            |                                       |                                       |
|                                       |                                       | Malatya (480)                         |                                       |                                       |
|                                       |                                       | Amasya (240)                          |                                       |                                       |
|                                       |                                       | Karaman (240)                         |                                       |                                       |
|                                       |                                       | Afyon (480)                           |                                       |                                       |
|                                       |                                       | Osmaniye (360)                        |                                       |                                       |
|                                       |                                       | Düzce (240)                           |                                       |                                       |
|                                       |                                       | Niğde (240)                           |                                       |                                       |

**Çizelge A.4:** Senaryo 4 için illerden toplanan atık miktarları.

| <b>1. Derece Gelişmiş İller (miktar ton)</b> | <b>2. Derece Gelişmiş İller (miktar ton)</b> | <b>3. Derece Gelişmiş İller (miktar ton)</b> | <b>4. Derece Gelişmiş İller (miktar ton)</b> | <b>5. Derece Gelişmiş İller (miktar ton)</b> |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| İstanbul (36.750)                            | Eskişehir (2.250)                            | Bilecik (600)                                | Kastamonu (225)                              | Tunceli (15)                                 |
| Ankara (13.230)                              | Antalya (5.625)                              | Edirne (900)                                 | Çorum (375)                                  | Adıyaman (135)                               |
| İzmir (11.025)                               | Tekirdağ (2.250)                             | Zonguldak (1.200)                            | Giresun (300)                                | Kars (75)                                    |
| Kocaeli (5.145)                              | Adana (6.000)                                | Çanakkale (900)                              | Artvin (150)                                 | Gümüşhane (30)                               |
| Bursa (7.350)                                | İçel (4.875)                                 | Isparta (900)                                | Erzincan (150)                               | Bayburt (15)                                 |
|                                              | Muğla (2.625)                                | Manisa (2.400)                               | Sivas (450)                                  | Batman (120)                                 |
|                                              | Aydın (3.000)                                | Uşak (600)                                   | Aksaray (225)                                | Mardin (180)                                 |
|                                              | Balıkesir (3.375)                            | Konya (600)                                  | Kahramanmaraş (750)                          | Van (240)                                    |
|                                              | Kırklareli (1.125)                           | Gaziantep (3.000)                            | Bartın (150)                                 | Siirt (75)                                   |
|                                              | Kayseri (3.750)                              | Hatay (2.400)                                | Tokat (450)                                  | İğdır (45)                                   |
|                                              | Denizli (2.625)                              | Sakarya (1.500)                              | Çankırı (150)                                | Hakkâri (60)                                 |
|                                              |                                              | Bolu (600)                                   | Sinop (150)                                  | Bitlis (75)                                  |
|                                              |                                              | Burdur (600)                                 | Ordu (525)                                   | Ardahan (30)                                 |
|                                              |                                              | Kırıkkale (600)                              | Erzurum (600)                                | Bingöl (60)                                  |
|                                              |                                              | Kütahya (1.200)                              | Diyarbakır (1.050)                           | Ağrı (120)                                   |
|                                              |                                              | Nevşehir (600)                               | Yozgat (375)                                 | Şırnak (105)                                 |
|                                              |                                              | Elazığ (900)                                 | Şanlıurfa (1.125)                            | Muş (90)                                     |
|                                              |                                              | Trabzon (1.500)                              | Yalova (150)                                 | Kilis (30)                                   |
|                                              |                                              | Samsun (2.100)                               | Karabük (150)                                |                                              |
|                                              |                                              | Kırşehir (600)                               |                                              |                                              |
|                                              |                                              | Rize (600)                                   |                                              |                                              |
|                                              |                                              | Malatya (1.200)                              |                                              |                                              |
|                                              |                                              | Amasya (600)                                 |                                              |                                              |
|                                              |                                              | Karaman (600)                                |                                              |                                              |
|                                              |                                              | Afyon (1.200)                                |                                              |                                              |
|                                              |                                              | Osmaniye (900)                               |                                              |                                              |
|                                              |                                              | Düzce (600)                                  |                                              |                                              |
|                                              |                                              | Niğde (600)                                  |                                              |                                              |

**Çizelge A.5:** Senaryo 5 için illerden toplanan atık miktarları.

| <b>1. Derece Gelişmiş İller (miktar ton)</b> | <b>2. Derece Gelişmiş İller (miktar ton)</b> | <b>3. Derece Gelişmiş İller (miktar ton)</b> | <b>4. Derece Gelişmiş İller (miktar ton)</b> | <b>5. Derece Gelişmiş İller (miktar ton)</b> |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| İstanbul (73.500 ton)                        | Eskişehir (4.500 ton)                        | Bilecik (1.200 ton)                          | Kastamonu (450 ton)                          | Tunceli (30 ton)                             |
| Ankara (26.460 ton)                          | Antalya (11.250 ton)                         | Edirne (1.800 ton)                           | Çorum (750 ton)                              | Adıyaman (270 ton)                           |
| İzmir (22.050 ton)                           | Tekirdağ (4.500 ton)                         | Zonguldak (2.400 ton)                        | Giresun (600 ton)                            | Kars (150 ton)                               |
| Kocaeli (10.290 ton)                         | Adana (12.000 ton)                           | Çanakkale (1.800 ton)                        | Artvin (300 ton)                             | Gümüşhane (60 ton)                           |
| Bursa (14.700 ton)                           | İçel (9.750 ton)                             | Isparta (1.800 ton)                          | Erzincan (300 ton)                           | Bayburt (30 ton)                             |
|                                              | Muğla (5.250 ton)                            | Manisa (4.800 ton)                           | Sivas (900 ton)                              | Batman (240 ton)                             |
|                                              | Aydın (6.000 ton)                            | Uşak (1.200 ton)                             | Aksaray (450 ton)                            | Mardin (360 ton)                             |
|                                              | Balıkesir (6.750 ton)                        | Konya (1.200 ton)                            | Kahramanmaraş (1500 ton)                     | Van (480 ton)                                |
|                                              | Kırklareli (2250 ton)                        | Gaziantep (6.000 ton)                        | Bartın (300 ton)                             | Siirt (150 ton)                              |
|                                              | Kayseri (7500 ton)                           | Hatay (4.800 ton)                            | Tokat (900 ton)                              | İğdır (90 ton)                               |
|                                              | Denizli (5250 ton)                           | Sakarya (3.000 ton)                          | Çankırı (300 ton)                            | Hakkâri (120 ton)                            |
|                                              |                                              | Bolu (1.200 ton)                             | Sinop (300 ton)                              | Bitlis (150 ton)                             |
|                                              |                                              | Burdur (1.200 ton)                           | Ordu (1.050 ton)                             | Ardahan (60 ton)                             |
|                                              |                                              | Kırıkkale (1.200 ton)                        | Erzurum (1.200 ton)                          | Bingöl (120 ton)                             |
|                                              |                                              | Kütahya (2.400 ton)                          | Diyarbakır (2.100 ton)                       | Ağrı (240 ton)                               |
|                                              |                                              | Nevşehir (1.200 ton)                         | Yozgat (750 ton)                             | Şırnak (210 ton)                             |
|                                              |                                              | Elazığ (1.800 ton)                           | Şanlıurfa (2.250 ton)                        | Muş (180 ton)                                |
|                                              |                                              | Trabzon (3.000 ton)                          | Yalova (300 ton)                             | Kilis (60 ton)                               |
|                                              |                                              | Samsun (4.200 ton)                           | Karabük (300 ton)                            |                                              |
|                                              |                                              | Kırşehir (1.200 ton)                         |                                              |                                              |
|                                              |                                              | Rize (1.200 ton)                             |                                              |                                              |
|                                              |                                              | Malatya (2.400 ton)                          |                                              |                                              |
|                                              |                                              | Amasya (1.200 ton)                           |                                              |                                              |
|                                              |                                              | Karaman (1.200 ton)                          |                                              |                                              |
|                                              |                                              | Afyon (2.400 ton)                            |                                              |                                              |
|                                              |                                              | Osmaniye (1.800 ton)                         |                                              |                                              |
|                                              |                                              | Düzce (1.200 ton)                            |                                              |                                              |
|                                              |                                              | Niğde (1.200 ton)                            |                                              |                                              |

**EK B****Çizelge B.1:** Senaryo 1 için geçici depo bilgileri.

| Geçici depolar | İller ve gönderilen atık kızartma yağı miktarları (ton/yıl)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Kullanılan kapasite (ton/yıl) | Kullanılmayan kapasite (ton/yıl) |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Muğla          | Aydın (140)<br>Denizli (122,50)<br>İzmir (514,50)<br>Manisa (112)<br>Muğla (122,50)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 1.011,50                      | 16.668,50                        |
| Antalya        | Antalya (262,50)<br>Burdur (28)<br>Isparta (42)<br>Uşak (28)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 360,50                        | 17.319,50                        |
| Ankara         | Afyon (56)<br>Amasya (28)<br>Ankara (617,50)<br>Artvin (7)<br>Çankırı (7)<br>Çorum (17,50)<br>Erzincan (7)<br>Giresun (14)<br>Gümüşhane (1,40)<br>Kastamonu (10,50)<br>Kayseri (175)<br>Kırşehir (28)<br>Konya (28)<br>Nevşehir (28)<br>Niğde (28)<br>Ordu (24,50)<br>Rize (28)<br>Samsun (98)<br>Sinop (7)<br>Sivas (21)<br>Tokat (21)<br>Trabzon (7)<br>Yozgat (17,50)<br>Aksaray (10,50)<br>Bayburt (0,70)<br>Karaman (28)<br>Kırıkkale (28)<br>Karabük (7) | 1.414,10                      | 16.265,90                        |
| İstanbul       | Çanakkale (42)<br>Edirne (42)<br>İstanbul (1.715)<br>Kırklareli (52,50)<br>Tekirdağ (105)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1.956,50                      | 15.723,50                        |

**Çizelge B.1 (devam) : Senaryo 1 için geçici depo bilgileri.**

| <b>Geçici depolar</b> | <b>İller ve gönderilen atık kıyartma yağı miktarları (ton/yıl)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>Kullanılan kapasite (ton/yıl)</b> | <b>Kullanılmayan kapasite (ton/yıl)</b> |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|
| Kocaeli               | Balıkesir (157,50)<br>Bilecik (28)<br>Bolu (28)<br>Bursa (343)<br>Eskişehir (105)<br>Kocaeli (240,10)<br>Kütahya (56)<br>Sakarya (70)<br>Zonguldak (56)<br>Bartın (7)<br>Yalova (7)<br>Düzce (28)                                                                                                                                                                                                                                                   | 1.125,60                             | 16.554,40                               |
| Osmaniye              | Adana (280)<br>Adıyaman (6,30)<br>Ağrı (5,60)<br>Bingöl (2,80)<br>Bitlis (3,50)<br>Diyarbakır (49)<br>Elazığ (42)<br>Erzurum (28)<br>Gaziantep (140)<br>Hakkâri (2,80)<br>Hatay (112)<br>Kars (3,50)<br>Malatya (56)<br>Kahramanmaraş(35)<br>Mardin (8,40)<br>Muş (4,20)<br>Siirt (3,50)<br>Tunceli (0,70)<br>Şanlıurfa (52,50)<br>Van (11,20)<br>Şırnak (5,60)<br>Batman (4,90)<br>Ardahan (1,40)<br>Iğdır (2,10)<br>Kilis (1,40)<br>Osmaniye (42) | 1.131,90                             | 10.568,10                               |

**Çizelge B.2:** Senaryo 2 için geçici depo bilgileri.

| Geçici depolar | İller ve gönderilen atık kıyartma yağı miktarları (ton/yıl)                                                                                        | Kullanılan kapasite (ton/yıl) | Kullanılmayan kapasite (ton/yıl) |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Trabzon        | Artvin (30)<br>Gümüşhane (6)<br>Rize (120)<br>Trabzon (300)                                                                                        | 456                           | 11.244                           |
| Gaziantep      | Adıyaman (27)<br>Gaziantep (600)<br>Kahramanmaraş(150)<br>Şanlıurfa (225)<br>Kilis (6)                                                             | 1.008                         | 4.972                            |
| Muğla          | Aydın (600)<br>Denizli (525)<br>İzmir (2.205)<br>Manisa (480)<br>Muğla (525)                                                                       | 4.335                         | 13.345                           |
| Antalya        | Antalya (1.125)<br>Burdur (120)<br>Isparta (180)<br>Uşak (120)                                                                                     | 1.545                         | 16.135                           |
| Ankara         | Afyon (240)<br>Ankara (2.646)<br>Konya (120)                                                                                                       | 3.006                         | 8.694                            |
| İstanbul       | Edirne (180)<br>İstanbul (7.350)<br>Kırklareli (225)<br>Tekirdağ (450)                                                                             | 8.205                         | 9.475                            |
| Kayseri        | Kayseri (750)<br>Nevşehir (120)<br>Niğde (120)<br>Sivas (90)<br>Aksaray (45)<br>Karaman (120)                                                      | 1.245                         | 10.455                           |
| Kocaeli        | Bilecik (120)<br>Bolu (120)<br>Bursa (1.470)<br>Eskişehir (450)<br>Kocaeli (1.029)<br>Kütahya (240)<br>Sakarya (300)<br>Yalova (30)<br>Düzce (120) | 3.879                         | 13.801                           |
| Ağrı           | Ağrı (24)                                                                                                                                          | 24                            | 5.956                            |
| Batman         | Siirt (15)<br>Batman (24)                                                                                                                          | 39                            | 5.941                            |
| Bingöl         | Bingöl (12)                                                                                                                                        | 12                            | 5.968                            |
| Bitlis         | Bitlis (15)                                                                                                                                        | 15                            | 5.965                            |
| Çanakkale      | Balıkesir (675)<br>Çanakkale (180)                                                                                                                 | 855                           | 16.825                           |
| Diyarbakır     | Mardin (36)<br>Diyarbakır (210)                                                                                                                    | 246                           | 5.734                            |
| Elazığ         | Elazığ (180)<br>Tunceli (3)                                                                                                                        | 183                           | 5.797                            |

**Çizelge B.2 (devam) : Senaryo 2 için geçici depo bilgileri.**

| <b>Geçici depolar</b> | <b>İller ve gönderilen atık kızartma yağı miktarları (ton/yıl)</b>                               | <b>Kullanılan kapasite (ton/yıl)</b> | <b>Kullanılmayan kapasite (ton/yıl)</b> |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|
| Erzurum               | Erzincan (30)<br>Erzurum (120)<br>Bayburt (3)<br>Ardahan (6)                                     | 159                                  | 5.821                                   |
| Hakkâri               | Hakkâri (12)                                                                                     | 12                                   | 5.968                                   |
| İğdır                 | Kars (15)<br>İğdır (9)                                                                           | 24                                   | 5.956                                   |
| Kırıkkale             | Çankırı (30)<br>Çorum (75)<br>Kastamonu (45)<br>Kırşehir (120)<br>Yozgat (75)<br>Kırıkkale (120) | 465                                  | 5.515                                   |
| Malatya               | Malatya (240)                                                                                    | 240                                  | 5.740                                   |
| Muş                   | Muş (18)                                                                                         | 18                                   | 5.962                                   |
| Ordu                  | Giresun (60)<br>Ordu (105)<br>Tokat (90)                                                         | 255                                  | 11.445                                  |
| Osmaniye              | Adana (1200)<br>Hatay (480)<br>İçel (975)<br>Osmaniye (180)                                      | 2835                                 | 8.865                                   |
| Samsun                | Amasya (120)<br>Samsun (420)<br>Sinop (30)                                                       | 570                                  | 11.130                                  |
| Şırnak                | Şırnak (21)                                                                                      | 21                                   | 5.959                                   |
| Van                   | Van (48)                                                                                         | 48                                   | 5.932                                   |
| Zonguldak             | Zonguldak (240)<br>Bartın (30)<br>Karabük (30)                                                   | 300                                  | 11.400                                  |

**Çizelge B.3:** Senaryo 3 için geçici depo bilgileri.

| Geçici depolar | İller ve gönderilen atık kızartma yağı miktarları (ton/yıl)                                                                                        | Kullanılan kapasite (ton/yıl) | Kullanılmayan kapasite (ton/yıl) |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Trabzon        | Trabzon (600)                                                                                                                                      | 600                           | 11.100                           |
| Gaziantep      | Gaziantep (1.200)                                                                                                                                  | 1.200                         | 4.780                            |
| Muğla          | Aydın (1.200)<br>Denizli (1.050)<br>İzmir (4.410)<br>Manisa (960)<br>Muğla (1.050)                                                                 | 8.670                         | 9.010                            |
| Antalya        | Antalya (2.250)<br>Burdur (240)<br>Isparta (360)<br>Uşak (240)                                                                                     | 3.090                         | 14.590                           |
| Ankara         | Afyon (40)<br>Ankara (5.292)                                                                                                                       | 5.332                         | 6.368                            |
| İstanbul       | Edirne (360)<br>İstanbul (14.700)<br>Kırklareli (450)<br>Tekirdağ (900)                                                                            | 16.410                        | 1.270                            |
| Kayseri        | Kayseri (1.500)                                                                                                                                    | 1.500                         | 10.200                           |
| Kocaeli        | Bilecik (240)<br>Bolu (240)<br>Bursa (2.940)<br>Eskişehir (900)<br>Kocaeli (2.058)<br>Kütahya (480)<br>Sakarya (600)<br>Yalova (60)<br>Düzce (240) | 7.758                         | 9.922                            |
| Adıyaman       | Adıyaman (54)                                                                                                                                      | 54                            | 5.926                            |
| Ağrı           | Ağrı (48)                                                                                                                                          | 48                            | 5.932                            |
| Aksaray        | Aksaray (90)                                                                                                                                       | 90                            | 11.610                           |
| Amasya         | Amasya (240)                                                                                                                                       | 240                           | 11.460                           |
| Ardahan        | Ardahan (12)                                                                                                                                       | 12                            | 5.968                            |
| Artvin         | Artvin (60)                                                                                                                                        | 60                            | 11.640                           |
| Bartın         | Bartın (60)                                                                                                                                        | 60                            | 11.640                           |
| Batman         | Batman (48)                                                                                                                                        | 48                            | 5.932                            |
| Bayburt        | Bayburt (6)                                                                                                                                        | 6                             | 11.694                           |
| Bingöl         | Bingöl (24)                                                                                                                                        | 24                            | 5.956                            |
| Bitlis         | Bitlis (30)                                                                                                                                        | 30                            | 5.950                            |
| Çanakkale      | Balıkesir (1.350)<br>Çanakkale (360)                                                                                                               | 1.710                         | 15.970                           |
| Çankırı        | Çankırı (60)                                                                                                                                       | 60                            | 11.640                           |
| Çorum          | Çorum (150)                                                                                                                                        | 150                           | 11.550                           |
| Diyarbakır     | Diyarbakır (420)                                                                                                                                   | 420                           | 5560                             |
| Elazığ         | Elazığ (360)                                                                                                                                       | 360                           | 5.620                            |
| Erzincan       | Erzincan (60)                                                                                                                                      | 60                            | 5.920                            |
| Erzurum        | Erzurum (240)                                                                                                                                      | 240                           | 5.740                            |
| Giresun        | Giresun (120)                                                                                                                                      | 120                           | 11.580                           |
| Gümüşhane      | Gümüşhane (12)                                                                                                                                     | 12                            | 11.688                           |
| Hakkâri        | Hakkâri (24)                                                                                                                                       | 24                            | 5.956                            |
| Iğdır          | Iğdır (18)                                                                                                                                         | 18                            | 5.962                            |
| Kahramanmaraş  | Kahramanmaraş (300)                                                                                                                                | 300                           | 17.380                           |
| Karabük        | Karabük (60)                                                                                                                                       | 60                            | 11.640                           |
| Karaman        | Konya (240)<br>Karaman (240)                                                                                                                       | 480                           | 11.220                           |

**Çizelge B.3 (devam) : Senaryo 3 için geçici depo bilgileri.**

|           |                                                                |       |        |
|-----------|----------------------------------------------------------------|-------|--------|
| Kars      | Kars (30)                                                      | 30    | 5.950  |
| Kastamonu | Kastamonu (90)                                                 | 90    | 11.610 |
| Kırıkkale | Kırıkkale (240)                                                | 240   | 11.460 |
| Kırşehir  | Kırşehir (240)                                                 | 240   | 11.460 |
| Kilis     | Kilis (12)                                                     | 12    | 5.968  |
| Malatya   | Malatya (480)                                                  | 480   | 5.500  |
| Mardin    | Mardin (72)                                                    | 72    | 5.908  |
| Muş       | Muş (36)                                                       | 36    | 5.944  |
| Nevşehir  | Nevşehir (240)                                                 | 240   | 11.460 |
| Niğde     | Niğde (240)                                                    | 240   | 11.460 |
| Ordu      | Ordu (210)                                                     | 210   | 11.490 |
| Osmaniye  | Adana (2.400)<br>Hatay (960)<br>İçel (1.950)<br>Osmaniye (360) | 5.670 | 6.030  |
| Rize      | Rize (240)                                                     | 240   | 11.460 |
| Samsun    | Samsun (840)                                                   | 840   | 10.860 |
| Siirt     | Siirt (30)                                                     | 30    | 5.950  |
| Sinop     | Sinop (60)                                                     | 60    | 11.640 |
| Sivas     | Sivas (180)                                                    | 180   | 11.520 |
| Şanlıurfa | Şanlıurfa (450)                                                | 450   | 5.530  |
| Şırnak    | Şırnak (42)                                                    | 42    | 5.938  |
| Tokat     | Tokat (180)                                                    | 180   | 11.520 |
| Tunceli   | Tunceli (6)                                                    | 6     | 5.974  |
| Van       | Van (96)                                                       | 96    | 5.884  |
| Yozgat    | Yozgat (150)                                                   | 150   | 5.830  |
| Zonguldak | Zonguldak (480)                                                | 480   | 11.220 |

**Çizelge B.4:** Senaryo 4 için geçici depo bilgileri.

| Geçici depolar | İller ve gönderilen atık kısaltma yağı miktarları (ton/yıl)                                                                                         | Kullanılan kapasite (ton/yıl) | Kullanılmayan kapasite (ton/yıl) |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Trabzon        | Trabzon (1.500)                                                                                                                                     | 1.500                         | 10.200                           |
| Gaziantep      | Gaziantep (3.000)                                                                                                                                   | 3.000                         | 2.980                            |
| Muğla          | Aydın (3.000)<br>Denizli (410)<br>İzmir (11.025)<br>Manisa (620)<br>Muğla (2.625)                                                                   | 17.680                        | 0                                |
| Antalya        | Afyon (1.200)<br>Antalya (5.624)<br>Burdur (600)<br>Denizli (2.215)<br>Isparta (900)<br>Uşak (600)                                                  | 11.139                        | 6.541                            |
| Ankara         | Ankara (10.500)<br>Kütahya (1.200)                                                                                                                  | 11.700                        | 0                                |
| İstanbul       | İstanbul (17.680)                                                                                                                                   | 17.680                        | 0                                |
| Kayseri        | Kayseri (3.750)                                                                                                                                     | 3.750                         | 7.950                            |
| Kocaeli        | İstanbul (17.530)<br>Yalova (150)                                                                                                                   | 17.680                        | 0                                |
| Adıyaman       | Adıyaman (135)                                                                                                                                      | 135                           | 5.845                            |
| Ağrı           | Ağrı (120)                                                                                                                                          | 120                           | 5.860                            |
| Aksaray        | Aksaray (225)                                                                                                                                       | 225                           | 11.475                           |
| Amasya         | Amasya (600)                                                                                                                                        | 600                           | 11.100                           |
| Ardahan        | Ardahan (30)                                                                                                                                        | 30                            | 5.950                            |
| Artvin         | Artvin (150)                                                                                                                                        | 150                           | 11.550                           |
| Bartın         | Bartın (150)                                                                                                                                        | 150                           | 11.550                           |
| Batman         | Batman (120)                                                                                                                                        | 120                           | 5.860                            |
| Bayburt        | Bayburt (15)                                                                                                                                        | 15                            | 11.685                           |
| Bingöl         | Bingöl (60)                                                                                                                                         | 60                            | 5.920                            |
| Bitlis         | Bitlis (75)                                                                                                                                         | 75                            | 5.905                            |
| Çanakkale      | Balıkesir (3.375)<br>Bursa (7.350)<br>Çanakkale(900)<br>Edirne (900)<br>Denizli (562,5)<br>Kırklareli (1.125)<br>Manisa (1.780)<br>Tekirdağ (2.250) | 17.680                        | 0                                |
| Çankırı        | Çankırı (350)                                                                                                                                       | 350                           | 11.350                           |
| Çorum          | Çorum (375)                                                                                                                                         | 375                           | 11.325                           |
| Diyarbakır     | Diyarbakır (1.050)                                                                                                                                  | 1.050                         | 4.930                            |
| Elazığ         | Elazığ (900)                                                                                                                                        | 900                           | 5.080                            |
| Erzincan       | Erzincan (150)                                                                                                                                      | 150                           | 5.830                            |
| Erzurum        | Erzurum (600)                                                                                                                                       | 600                           | 5.380                            |
| Giresun        | Giresun (300)                                                                                                                                       | 300                           | 11.400                           |
| Gümüşhane      | Gümüşhane (30)                                                                                                                                      | 30                            | 11.670                           |
| Hakkâri        | Hakkâri (60)                                                                                                                                        | 60                            | 5.920                            |
| Iğdır          | Iğdır (45)                                                                                                                                          | 45                            | 5.935                            |
| Kahramanmaraş  | Kahramanmaraş (750)                                                                                                                                 | 750                           | 16.930                           |
| Karabük        | Bolu (600)<br>Karabük (150)                                                                                                                         | 750                           | 10.950                           |
| Karaman        | Konya (600)<br>Karaman (600)                                                                                                                        | 1.200                         | 10.500                           |

**Çizelge B.4 (devam) : Senaryo 4 için geçici depo bilgileri.**

| <b>Geçici depolar</b> | <b>İller ve gönderilen atık kızartma yağı miktarları (ton/yıl)</b>                                        | <b>Kullanılan kapasite (ton/yıl)</b> | <b>Kullanılmayan kapasite (ton/yıl)</b> |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|
| Kars                  | Kars (75)                                                                                                 | 75                                   | 5.905                                   |
| Kastamonu             | Kastamonu (225)                                                                                           | 225                                  | 11.475                                  |
| Kırıkkale             | Ankara (2.730)<br>Eskişehir (2.250)<br>Kırıkkale (600)                                                    | 5.580                                | 6.120                                   |
| Kırşehir              | Kırşehir (600)                                                                                            | 600                                  | 11.100                                  |
| Kilis                 | Hatay (2.400)<br>Kilis (30)                                                                               | 2.430                                | 3.550                                   |
| Malatya               | Malatya (1.200)                                                                                           | 1.200                                | 4.780                                   |
| Mardin                | Mardin (180)                                                                                              | 180                                  | 5.800                                   |
| Muş                   | Muş (90)                                                                                                  | 90                                   | 5.890                                   |
| Nevşehir              | Nevşehir (600)                                                                                            | 600                                  | 11.100                                  |
| Niğde                 | İçel (75)<br>Niğde (600)                                                                                  | 675                                  | 11.025                                  |
| Ordu                  | Ordu (525)                                                                                                | 525                                  | 11.175                                  |
| Osmaniye              | Adana (6.000)<br>İçel (4.800)<br>Osmaniye (900)                                                           | 11.700                               | 0                                       |
| Rize                  | Rize (600)                                                                                                | 600                                  | 11.100                                  |
| Samsun                | Samsun (2.100)                                                                                            | 2.100                                | 9.600                                   |
| Siirt                 | Siirt (75)                                                                                                | 75                                   | 5.905                                   |
| Sinop                 | Sinop (150)                                                                                               | 150                                  | 11.550                                  |
| Sivas                 | Sivas (450)                                                                                               | 450                                  | 11.250                                  |
| Şanlıurfa             | Şanlıurfa (1.125)                                                                                         | 1.125                                | 4.855                                   |
| Şırnak                | Şırnak (105)                                                                                              | 105                                  | 5.875                                   |
| Tokat                 | Tokat (450)                                                                                               | 450                                  | 11.250                                  |
| Tunceli               | Tunceli (15)                                                                                              | 15                                   | 5.965                                   |
| Van                   | Van (240)                                                                                                 | 240                                  | 5.740                                   |
| Yozgat                | Yozgat (375)                                                                                              | 375                                  | 5.605                                   |
| Zonguldak             | Sakarya (1.500)<br>Zonguldak (1.200)<br>Bilecik 600<br>İstanbul (1.540)<br>Kocaeli (3.145)<br>Düzce (600) | 8.585                                | 3.115                                   |

**Çizelge B.5:** Senaryo 5 için geçici depo bilgileri.

| Geçici depolar | İller ve gönderilen atık kızartma yağı miktarları (ton/yıl)                                                      | Kullanılan kapasite (ton/yıl) | Kullanılmayan kapasite (ton/yıl) |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Trabzon        | Trabzon (3.250)                                                                                                  | 3.250                         | 8.450                            |
| Gaziantep      | Gaziantep (5.980)                                                                                                | 5.980                         | 0                                |
| Muğla          | Aydın (6.000)<br>İzmir (6.430)<br>Muğla (5.250)                                                                  | 17.680                        | 0                                |
| Antalya        | Antalya (11.250)<br>Burdur (1.300)<br>Denizli (5.130)                                                            | 17.680                        | 0                                |
| Ankara         | Ankara (10.830)<br>Kütahya (870)                                                                                 | 11.700                        | 0                                |
| İstanbul       | İstanbul (17.680)                                                                                                | 17.680                        | 0                                |
| Kayseri        | Bilecik(1.300)<br>Kayseri (7.500)                                                                                | 8.800                         | 2.900                            |
| Kocaeli        | İstanbul (17.680)                                                                                                | 17.680                        | 0                                |
| Adıyaman       | Adıyaman (270)                                                                                                   | 270                           | 5.710                            |
| Ağrı           | Ağrı (240)                                                                                                       | 240                           | 5.740                            |
| Aksaray        | Afyon (2.080)<br>İzmir (9.620)                                                                                   | 11.700                        | 0                                |
| Amasya         | Amasya (1.300)                                                                                                   | 1.300                         | 10.400                           |
| Ardahan        | Ardahan (60)                                                                                                     | 60                            | 5.920                            |
| Artvin         | Artvin (300)                                                                                                     | 300                           | 11.400                           |
| Bartın         | Bartın (300)<br>Bursa (420)<br>İstanbul (10.980)                                                                 | 11.700                        | 0                                |
| Batman         | Batman (240)                                                                                                     | 240                           | 5.740                            |
| Bayburt        | Bayburt (30)                                                                                                     | 30                            | 11.670                           |
| Bingöl         | Bingöl (120)                                                                                                     | 120                           | 5.860                            |
| Bitlis         | Bitlis (150)                                                                                                     | 150                           | 5.830                            |
| Çanakkale      | Balıkesir (6.750)<br>Çanakkale(1.950)<br>Edirne (1.950)<br>İzmir (280)<br>Kırklareli (2.250)<br>Tekirdağ (4.500) | 17.680                        | 0                                |
| Çankırı        | Bolu (1.300)<br>Çankırı (300)<br>İstanbul (5.550)<br>Sakarya (3.250)<br>Düzce (1.300)                            | 11.700                        | 0                                |
| Çorum          | Çorum (750)<br>İstanbul (9.250)                                                                                  | 10.000                        | 1.700                            |
| Diyarbakır     | Diyarbakır (2.100)                                                                                               | 2.100                         | 3.880                            |
| Elazığ         | Elazığ (1.950)                                                                                                   | 1.950                         | 4.030                            |
| Erzincan       | Erzincan (300)                                                                                                   | 300                           | 5.680                            |
| Erzurum        | Erzurum (1.200)                                                                                                  | 1.200                         | 4.780                            |
| Giresun        | Giresun (600)                                                                                                    | 600                           | 11.100                           |
| Gümüşhane      | Gümüşhane (60)                                                                                                   | 60                            | 11.640                           |
| Hakkâri        | Hakkâri (120)                                                                                                    | 120                           | 5.860                            |
| Iğdır          | Iğdır (90)                                                                                                       | 90                            | 5.890                            |
| Kahramanmaraş  | Adana (2.250)<br>Kahramanmaraş (1.500)                                                                           | 3.750                         | 13.930                           |
| Karabük        | İstanbul (1.410)<br>Kocaeli (10.290)                                                                             | 11.700                        | 0                                |

**Çizelge B.5 (devam) : Senaryo 5 için geçici depo bilgileri.**

| Geçici depolar | İller ve gönderilen atık kıyartma yağı miktarları (ton/yıl)                                                              | Kullanılan kapasite (ton/yıl) | Kullanılmayan kapasite (ton/yıl) |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Karaman        | Afyon (520)<br>Denizli (120)<br>Isparta (1.950)<br>Konya (1.300)<br>Kütahya (1.310)<br>Manisa (5.200)<br>Karaman (1.300) | 11.700                        | 0                                |
| Kars           | Kars (150)                                                                                                               | 150                           | 5.830                            |
| Kastamonu      | İstanbul (10.950)<br>Kastamonu (450)<br>Karabük (300)                                                                    | 11.700                        | 0                                |
| Kırıkkale      | Ankara (10.400)<br>Kırıkkale (1.300)                                                                                     | 11.700                        | 0                                |
| Kırşehir       | Bursa (5.480)<br>Eskişehir(4.500)<br>Kırşehir (1.300)<br>Kütahya (420)                                                   | 11.700                        | 0                                |
| Kilis          | Gaziantep (520)<br>Hatay (5.200)<br>Kilis (60)                                                                           | 5.780                         | 200                              |
| Malatya        | Malatya (2.600)                                                                                                          | 2.600                         | 3.380                            |
| Mardin         | Mardin (360)                                                                                                             | 360                           | 5.620                            |
| Muş            | Muş (180)                                                                                                                | 180                           | 5.800                            |
| Nevşehir       | İzmir (5.720)<br>Nevşehir (1.300)<br>Uşak (1.300)<br>Aksaray (450)                                                       | 8.770                         | 2.930                            |
| Niğde          | İçel (9.750)<br>Niğde (1.300)                                                                                            | 11.050                        | 650                              |
| Ordu           | Ordu (1.050)                                                                                                             | 1.050                         | 1.0650                           |
| Osmaniye       | Adana (9.750)<br>Osmaniye (1.950)                                                                                        | 11.700                        | 0                                |
| Rize           | Rize (1.300)                                                                                                             | 1.300                         | 10.400                           |
| Samsun         | Samsun (4.550)                                                                                                           | 4.550                         | 7.150                            |
| Siirt          | Siirt (150)                                                                                                              | 150                           | 5.830                            |
| Sinop          | Sinop (300)                                                                                                              | 300                           | 11.400                           |
| Sivas          | Sivas (900)                                                                                                              | 900                           | 10.800                           |
| Şanlıurfa      | Şanlıurfa (2.250)                                                                                                        | 2.250                         | 3.730                            |
| Şırnak         | Şırnak (210)                                                                                                             | 210                           | 5.770                            |
| Tokat          | Tokat (900)                                                                                                              | 900                           | 10.800                           |
| Tunceli        | Tunceli (30)                                                                                                             | 30                            | 5.950                            |
| Van            | Van (480)                                                                                                                | 480                           | 5.500                            |
| Yozgat         | Ankara (5.230)<br>Yozgat (750)                                                                                           | 5.980                         | 0                                |
| Zonguldak      | Bursa (8.800)<br>Zonguldak (2.600)<br>Yalova (300)                                                                       | 11.700                        | 0                                |

**EK C****Çizelge C.1:** Senaryo 1 için geri kazanım tesisi bilgileri.

| <b>Geri kazanım tesisi</b> | <b>Geçici depo ve gönderilen atık kıyartma yağı miktarı (ton/yıl)</b>                                                         | <b>Kullanılan kapasite (ton/yıl)</b> | <b>Kullanılmayan kapasite (ton/yıl)</b> |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|
| İstanbul                   | Muğla (1.011,50)<br>Antalya (360,50)<br>Ankara (1.014,10)<br>İstanbul (1.956,50)<br>Kocaeli (1.125,60)<br>Osmaniye (1.131,90) | 7.000                                | 23.000                                  |

**Çizelge C.2:** Senaryo 2 için geri kazanım tesisi bilgileri.

| <b>Geri kazanım tesisleri</b> | <b>Geçici depolar ve gönderilen atık kıyartma yağı miktarları (ton/yıl)</b>                                          | <b>Kullanılan kapasite (ton/yıl)</b> | <b>Kullanılmayan kapasite (ton/yıl)</b> |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|
| Balıkesir                     | Muğla (4.335)                                                                                                        | 4.335                                | 5.665                                   |
| Gaziantep                     | Gaziantep (1.008)<br>Malatya (240)                                                                                   | 1.248                                | 16.752                                  |
| İstanbul                      | İstanbul (8.205)<br>Çanakkale (855)                                                                                  | 9.060                                | 20.940                                  |
| Kocaeli                       | Antalya (1.545)<br>Kocaeli (3.879)<br>Zonguldak (300)                                                                | 5.724                                | 34.276                                  |
| Diyarbakır                    | Batman (39)<br>Bingöl (12)<br>Bitlis (15)<br>Diyarbakır (246)<br>Hakkâri (12)<br>Muş (18)<br>Şırnak (21)<br>Van (48) | 411                                  | 9.589                                   |
| Elazığ                        | Elazığ (183)                                                                                                         | 183                                  | 9.817                                   |
| Erzincan                      | Ağrı (24)<br>Erzurum (159)<br>İğdır (24)                                                                             | 207                                  | 9.793                                   |
| Kırıkkale                     | Ankara (3.006)<br>Kırıkkale (465)<br>Samsun (570)                                                                    | 4.041                                | 5.959                                   |
| Nevşehir                      | Kayseri (1.245)                                                                                                      | 1.245                                | 8.755                                   |
| Ordu                          | Ordu (255)                                                                                                           | 255                                  | 9.745                                   |
| Osmaniye                      | Osmaniye (2.835)                                                                                                     | 2.835                                | 7.165                                   |
| Trabzon                       | Trabzon (456)                                                                                                        | 456                                  | 9.544                                   |

**Çizelge C.3:** Senaryo 3 için geri kazanım tesisi bilgileri.

| Geri kazanım tesisleri | Geçici depolar ve gönderilen atık kızartma yağı miktarları (ton/yıl)                                                   | Kullanılan kapasite (ton/yıl) | Kullanılmayan kapasite (ton/yıl) |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Balıkesir              | Muğla (8.670)                                                                                                          | 8.670                         | 1.330                            |
| Gaziantep              | Gaziantep (1.200)<br>Adıyaman (54)<br>Kilis (12)<br>Malatya (480)<br>Şanlıurfa (450)                                   | 2.196                         | 15.804                           |
| İstanbul               | İstanbul (16.410)<br>Çanakkale (1.710)                                                                                 | 18.120                        | 11.880                           |
| Kocaeli                | Antalya (3.090)<br>Kocaeli (7.758)<br>Bartın (60)<br>Karabük (60)<br>Zonguldak (480)                                   | 11.448                        | 28.552                           |
| Aksaray                | Aksaray (90)                                                                                                           | 90                            | 9.910                            |
| Bingöl                 | Bingöl (24)<br>Muş (36)                                                                                                | 60                            | 9.940                            |
| Çankırı                | Çankırı (60)<br>Kastamonu (90)<br>Sinop (60)                                                                           | 210                           | 9.790                            |
| Diyarbakır             | Batman (48)<br>Bitlis (30)<br>Diyarbakır (420)<br>Hakkari (24)<br>Mardin (72)<br>Siirt (30)<br>Şırnak (42)<br>Van (96) | 762                           | 9.238                            |
| Elazığ                 | Elazığ (360)                                                                                                           | 360                           | 9.640                            |
| Erzincan               | Ağrı (48)<br>Bayburt (6)<br>Erzincan (60)<br>Erzurum (240)<br>İğdir (18)<br>Kars (30)<br>Tunceli (6)                   | 408                           | 9.592                            |
| Giresun                | Giresun (120)                                                                                                          | 120                           | 9.880                            |
| Kahramanmaraş          | Kahramanmaraş(300)                                                                                                     | 300                           | 9.700                            |
| Kırıkkale              | Ankara (5.332)<br>Amasya (240)<br>Kırıkkale (240)<br>Samsun (840)<br>Tokat (180)<br>Yozgat (150)<br>Çorum (150)        | 7.132                         | 2.868                            |
| Kırşehir               | Kırşehir (240)                                                                                                         | 240                           | 9.760                            |
| Nevşehir               | Kayseri (1.500)<br>Karaman (480)<br>Nevşehir (240)<br>Niğde (240)<br>Sivas (180)                                       | 2.640                         | 7.360                            |
| Ordu                   | Ordu (210)                                                                                                             | 210                           | 9.790                            |
| Osmaniye               | Osmaniye (5.670)                                                                                                       | 5.670                         | 4.330                            |
| Trabzon                | Trabzon (600)<br>Ardahan (12)<br>Artvin (60)<br>Gümüşhane (12)<br>Rize (240)                                           | 924                           | 9.076                            |

**Çizelge C.4:** Senaryo 4 için geri kazanım tesisi bilgileri.

| Geri kazanım tesisleri | Geçici depolar ve gönderilen atık kıztartma yağı miktarları (ton/yıl)                                                       | Kullanılan kapasite (ton/yıl) | Kullanılmayan kapasite (ton/yıl) |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Balıkesir              | Muğla (10.000)                                                                                                              | 10.000                        | 0                                |
| Gaziantep              | Gaziantep (3.000)<br>Adıyaman (135)<br>Kilis (2.430)<br>Malatya (1.200)<br>Osmaniye (1.700)<br>Şanlıurfa (1.125)            | 9.590                         | 8.410                            |
| İstanbul               | İstanbul (17.680)<br>Çanakkale (12.320)                                                                                     | 30.000                        | 0                                |
| Kocaeli                | Muğla (7.680)<br>Antalya (11.139)<br>Kocaeli (17.680)<br>Bartın(150)<br>Zonguldak (3.351)                                   | 40.000                        | 0                                |
| Aksaray                | Aksaray (225)                                                                                                               | 225                           | 9.775                            |
| Bingöl                 | Bingöl (60)<br>Muş (90)                                                                                                     | 150                           | 9.850                            |
| Çanakkale              | Çanakkale (5.360)                                                                                                           | 5.360                         | 4.640                            |
| Çankırı                | Ankara (7.280)<br>Amasya (600)<br>Çankırı (350)<br>Çorum (375)<br>Kastamonu (225)<br>Sinop (150)                            | 8.980                         | 1.020                            |
| Diyarbakır             | Batman (120)<br>Bitlis (75)<br>Diyarbakır (1050)<br>Hakkâri (60)<br>Mardin (180)<br>Siirt (75)<br>Şırnak (105)<br>Van (240) | 1.905                         | 8.095                            |
| Elazığ                 | Elazığ (900)                                                                                                                | 900                           | 9.100                            |
| Erzincan               | Ağrı (120)<br>Bayburt (15)<br>Erzincan (150)<br>Erzurum (600)<br>İğdır (45)<br>Kars (75)<br>Tunceli (15)                    | 1.020                         | 8.980                            |
| Giresun                | Giresun (300)                                                                                                               | 300                           | 9.700                            |
| Kahramanmaraş          | Kahramanmaraş (750)                                                                                                         | 750                           | 9.250                            |
| Karabük                | Karabük (750)                                                                                                               | 750                           | 9.250                            |
| Kırıkkale              | Ankara (4.420)<br>Kırıkkale (5.580)                                                                                         | 10.000                        | 0                                |
| Kırşehir               | Kırşehir (600)<br>Yozgat (375)                                                                                              | 975                           | 9.025                            |
| Nevşehir               | Kayseri (3.750)<br>Karaman (1.200)<br>Nevşehir (600)<br>Niğde (675)<br>Sivas (450)                                          | 6.675                         | 3.325                            |
| Ordu                   | Ordu (525)                                                                                                                  | 525                           | 9.475                            |
| Osmaniye               | Osmaniye (10.000)                                                                                                           | 10.000                        | 0                                |
| Tokat                  | Tokat (450)                                                                                                                 | 450                           | 9.550                            |

**Çizelge C.4 (devam) : Senaryo 4 için geri kazanım tesisi bilgileri.**

| Geri kazanım tesisleri | Geçici depolar ve gönderilen atık kızartma yağı miktarları (ton/yıl)            | Kullanılan kapasite (ton/yıl) | Kullanılmayan kapasite (ton/yıl) |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Trabzon                | Trabzon (1.500)<br>Ardahan (30)<br>Artvin (150)<br>Gümüşhane (30)<br>Rize (600) | 2.310                         | 7.690                            |
| Zonguldak              | Zonguldak (5.234)                                                               | 5.234                         | 4.766                            |

**Çizelge C.5: Senaryo 5 için geri kazanım tesisi bilgileri.**

| Geri kazanım tesisleri | Geçici depolar ve gönderilen atık kızartma yağı miktarları (ton/yıl)                                                            | Kullanılan kapasite (ton/yıl) | Kullanılmayan kapasite (ton/yıl) |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Adana                  | Karaman (1.700)<br>Niğde (1.050)                                                                                                | 2.750                         | 17.250                           |
| Balıkesir              | Muğla (10.000)                                                                                                                  | 10.000                        | 0                                |
| Gaziantep              | Gaziantep (5.980)<br>Kayseri (2.400)<br>Adıyaman (270)<br>Kilis (5.400)<br>Osmaniye (1.700)<br>Şanlıurfa (2.250)                | 18.000                        | 0                                |
| İstanbul               | Antalya (12.320)<br>İstanbul (17.680)                                                                                           | 30.000                        | 0                                |
| Kocaeli                | Muğla (760)<br>Antalya (5.360)<br>Ankara (11.700)<br>Kocaeli (17.680)<br>Bartın (1.700)<br>Karabük (1.100)                      | 40.000                        | 0                                |
| Kastamonu              | Çankırı (1.700)<br>Karabük (600)<br>Kastamonu (11.700)                                                                          | 14.000                        | 0                                |
| Tekirdağ               | Muğla (6.920)<br>Çanakkale (10.000)                                                                                             | 14.600                        | 5.400                            |
| Aksaray                | Aksaray (10.000)                                                                                                                | 10.000                        | 0                                |
| Amasya                 | Amasya (1.300)                                                                                                                  | 1.300                         | 8.700                            |
| Bartın                 | Bartın (10.000)                                                                                                                 | 10.000                        | 0                                |
| Bingöl                 | Bingöl (120)<br>Muş (180)                                                                                                       | 300                           | 9.700                            |
| Çanakkale              | Çanakkale (10.000)                                                                                                              | 10.000                        | 0                                |
| Çankırı                | Çankırı (10.000)                                                                                                                | 10.000                        | 0                                |
| Çorum                  | Çorum (10.000)                                                                                                                  | 10.000                        | 0                                |
| Diyarbakır             | Batman (240)<br>Bitlis (150)<br>Diyarbakır (2.100)<br>Hakkâri (120)<br>Mardin (360)<br>Siirt (150)<br>Şırnak (210)<br>Van (480) | 3.810                         | 6.190                            |
| Elazığ                 | Elazığ (1.950)                                                                                                                  | 1.950                         | 8.050                            |
| Erzincan               | Ağrı (240)<br>Bayburt (30)<br>Erzincan (300)<br>Erzurum (1.200)<br>İğdır (90)<br>Kars (150)<br>Tunceli (30)                     | 2.040                         | 7.960                            |

**Çizelge C.5 (devam) : Senaryo 5 için geri kazanım tesisi bilgileri.**

| <b>Geri kazanım tesisleri</b> | <b>Geçici depolar ve gönderilen atık kırtartma yağı miktarları (ton/yıl)</b>              | <b>Kullanılan kapasite (ton/yıl)</b> | <b>Kullanılmayan kapasite (ton/yıl)</b> |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|
| Giresun                       | Giresun (600)                                                                             | 600                                  | 9.400                                   |
| Kahramanmaraş                 | Kayseri (6.250)<br>Kahramanmaraş (3.750)                                                  | 10.000                               | 0                                       |
| Karabük                       | Karabük (10.000)                                                                          | 10.000                               | 0                                       |
| Karaman                       | Karaman (10.000)                                                                          | 10.000                               | 0                                       |
| Kırıkkale                     | Kırıkkale (10.000)                                                                        | 10.000                               | 0                                       |
| Kırşehir                      | Kırşehir (10.000)                                                                         | 10.000                               | 0                                       |
| Kilis                         | Kilis (380)                                                                               | 380                                  | 9.620                                   |
| Malatya                       | Malatya (2.600)                                                                           | 2.600                                | 7.400                                   |
| Nevşehir                      | Aksaray (1.230)<br>Nevşehir (8.770)                                                       | 10.000                               | 0                                       |
| Niğde                         | Niğde (10.000)                                                                            | 10.000                               | 0                                       |
| Ordu                          | Ordu (1.050)                                                                              | 1.050                                | 8.950                                   |
| Osmaniye                      | Osmaniye (10.000)                                                                         | 10.000                               | 0                                       |
| Samsun                        | Samsun (4.550)                                                                            | 4.550                                | 5.450                                   |
| Sinop                         | Sinop (300)                                                                               | 300                                  | 9.700                                   |
| Sivas                         | Sivas (900)                                                                               | 900                                  | 9.100                                   |
| Tokat                         | Tokat (900)                                                                               | 900                                  | 9.100                                   |
| Trabzon                       | Trabzon (3.250)<br>Ardahan (60)<br>Gümüşhane (60)<br>Artvin (300)<br>Rize (1.300)         | 4.970                                | 5.030                                   |
| Yozgat                        | Kayseri (150)<br>Aksaray (470)<br>Kırıkkale (1.700)<br>Kırşehir (1.700)<br>Yozgat (5.980) | 10.000                               | 0                                       |
| Zonguldak                     | Zonguldak (10.000)                                                                        | 10.000                               | 0                                       |

**EK D****Çizelge D.1:** Senaryo 1 için biyodizel pazar bilgileri.

| <b>Biyodizel pazarı</b> | <b>Geri kazanım tesisi ve gönderilen miktar (ton/yıl)</b> |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------|
| İstanbul                | İstanbul (7.000)                                          |

**Çizelge D.2:** Senaryo 2 için biyodizel pazar bilgileri.

| <b>Biyodizel pazarı</b> | <b>Geri kazanım tesisi ve gönderilen miktar (ton/yıl)</b> |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------|
| İstanbul                | İstanbul (9.060)                                          |
| Kocaeli                 | Kocaeli (5.724)                                           |
| Bursa                   | Balıkesir (4.335)                                         |
| Ankara                  | Kırıkkale (4.041)                                         |
| Trabzon                 | Ordu (255)<br>Trabzon (456)                               |
| Gaziantep               | Gaziantep (1.248)<br>Osmaniye (2.835)                     |
| Diyarbakır              | Diyarbakır (411)<br>Elazığ (183)                          |
| Erzincan                | Erzincan (207)                                            |
| Nevşehir                | Nevşehir (1.245)                                          |

**Çizelge D.3:** Senaryo 3 için biyodizel pazar bilgileri.

| <b>Biyodizel pazarı</b> | <b>Geri kazanım tesisi ve gönderilen miktar (ton/yıl)</b>    |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------|
| İstanbul                | İstanbul (18.120)                                            |
| Kocaeli                 | Kocaeli (11.448)                                             |
| Bursa                   | Balıkesir (8.670)                                            |
| Ankara                  | Çankırı (210)<br>Kırıkkale (7.132)                           |
| Trabzon                 | Giresun (120)<br>Ordu (210)<br>Trabzon (924)                 |
| Gaziantep               | Gaziantep (2.196)<br>Kahramanmaraş (300)<br>Osmaniye (5.670) |
| Diyarbakır              | Bingöl (60)<br>Diyarbakır (762)<br>Elazığ (360)              |
| Erzincan                | Erzincan (408)                                               |
| Nevşehir                | Aksaray (90)<br>Kırşehir (240)<br>Nevşehir (2.640)           |

**Çizelge D.4:** Senaryo 4 için biyodizel pazar bilgileri.

| <b>Biyodizel pazarı</b> | <b>Geri kazanım tesisi ve gönderilen miktar (ton/yıl)</b>        |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------|
| İstanbul                | İstanbul (30.000)                                                |
| Kocaeli                 | Kocaeli (40.000)<br>Zonguldak (5.234)                            |
| Bursa                   | Balıkesir (10.000)<br>Çanakkale (5.360)                          |
| Ankara                  | Çankırı (8.980)<br>Karabük (750)<br>Kırıkkale (10.000)           |
| Trabzon                 | Giresun (300)<br>Ordu (525)<br>Samsun (2.100)<br>Trabzon (2.310) |
| Gaziantep               | Gaziantep (9.590)<br>Kahramanmaraş (750)<br>Osmaniye (10.000)    |
| Diyarbakır              | Bingöl (150)<br>Diyarbakır (1.905)<br>Elazığ (900)               |
| Erzincan                | Erzincan (1.020)<br>Tokat (450)                                  |
| Nevşehir                | Aksaray (225)<br>Kırşehir (975)<br>Nevşehir (6.675)              |

**Çizelge D.5:** Senaryo 5 için biyodizel pazar bilgileri.

| <b>Biyodizel pazarı</b> | <b>Geri kazanım tesisi ve gönderilen miktar (ton/yıl)</b>                                                                                              |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| İstanbul                | İstanbul (30.000)<br>Tekirdağ (14.600)                                                                                                                 |
| Kocaeli                 | Kocaeli (40.000)<br>Zonguldak (10.000)                                                                                                                 |
| Bursa                   | Balıkesir (10.000)<br>Çanakkale (10.000)                                                                                                               |
| Ankara                  | Kastamonu (14.000)<br>Amasya (1.300)<br>Bartın (10.000)<br>Çankırı (10.000)<br>Çorum (10.000)<br>Karabük (10.000)<br>Kırıkkale (10.000)<br>Sinop (300) |
| Trabzon                 | Giresun (600)<br>Ordu (1.050)<br>Samsun (4.550)<br>Trabzon (4.970)                                                                                     |
| Gaziantep               | Adana (2.750)<br>Gaziantep (18.000)<br>Kahramanmaraş (10.000)<br>Kilis (380)<br>Malatya (2.600)<br>Osmaniye (10.000)                                   |
| Diyarbakır              | Bingöl (300)<br>Diyarbakır (3.810)<br>Elazığ (1.950)                                                                                                   |
| Erzincan                | Erzincan (2.040)<br>Sivas (900)<br>Tokat (900)                                                                                                         |
| Nevşehir                | Aksaray (10.000)<br>Karaman (10.000)<br>Kırşehir (10.000)<br>Nevşehir (10.000)<br>Niğde (10.000)<br>Yozgat (10.000)                                    |

**EK E****Çizelge E.1:** Senaryo 1 için gliserin pazar bilgileri.

| <b>Gliserin pazarı</b> | <b>Geri kazanım tesisi ve gönderilen miktar (ton/yıl)</b> |
|------------------------|-----------------------------------------------------------|
| İstanbul               | İstanbul (700)                                            |

**Çizelge E.2:** Senaryo 2 için gliserin pazar bilgileri.

| <b>Gliserin pazarı</b> | <b>Geri kazanım tesisi ve gönderilen miktar (ton/yıl)</b> |
|------------------------|-----------------------------------------------------------|
| İstanbul               | İstanbul (906)                                            |
| Kocaeli                | Kocaeli (572,40)                                          |
| Bursa                  | Balıkesir (433,50)                                        |
| Ankara                 | Kırıkkale (404,10)                                        |
| Hatay                  | Gaziantep (124,80)<br>Osmaniye (283,50)                   |
| Siirt                  | Diyarbakır (41,10)<br>Elazığ (18,30)                      |
| Rize                   | Erzincan (25,50)<br>Ordu (25,50)<br>Trabzon (45,60)       |
| Kayseri                | Nevşehir (124,50)                                         |

**Çizelge E.3:** Senaryo 3 için gliserin pazar bilgileri.

| <b>Gliserin pazarı</b> | <b>Geri kazanım tesisi ve gönderilen miktar (ton/yıl)</b>        |
|------------------------|------------------------------------------------------------------|
| İstanbul               | İstanbul (1.812)                                                 |
| Kocaeli                | Kocaeli (1.144,80)                                               |
| Bursa                  | Balıkesir (867)                                                  |
| Ankara                 | Çankırı (21)<br>Kırıkkale (713,20)                               |
| Hatay                  | Gaziantep (219,60)<br>Kahramanmaraş (30)<br>Osmaniye (567)       |
| Siirt                  | Bingöl (6)<br>Diyarbakır (76,20)<br>Elazığ (36)                  |
| Rize                   | Giresun (12)<br>Ordu (21)<br>Trabzon (92,40)<br>Erzincan (40,80) |
| Kayseri                | Aksaray (9)<br>Kırşehir (24)<br>Nevşehir (264)                   |

**Çizelge E.4:** Senaryo 4 için gliserin pazar bilgileri.

| <b>Gliserin pazarı</b> | <b>Geri kazanım tesisi ve gönderilen miktar (ton/yıl)</b>                       |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| İstanbul               | İstanbul (3.000)                                                                |
| Kocaeli                | Kocaeli (4.000)<br>Zonguldak (523,40)                                           |
| Bursa                  | Balıkesir (1.000)                                                               |
| Ankara                 | Çankırı (898)<br>Karabük (75)<br>Kırıkkale (1.000)                              |
| Çanakkale              | Çanakkale (536)                                                                 |
| Hatay                  | Gaziantep (959)<br>Kahramanmaraş (75)<br>Osmaniye (1.000)                       |
| Siirt                  | Bingöl (15)<br>Diyarbakır (190,50)<br>Elazığ (90)                               |
| Rize                   | Erzincan (102)<br>Giresun (30)<br>Ordu (52,50)<br>Samsun (210)<br>Trabzon (231) |
| Kayseri                | Aksaray (22,50)<br>Kırşehir (97,50)<br>Nevşehir (667,50)<br>Tokat (45)          |

**Çizelge E.5:** Senaryo 5 için gliserin pazar bilgileri.

| <b>Gliserin pazarı</b> | <b>Geri kazanım tesisi ve gönderilen miktar (ton/yıl)</b>                                                                                                  |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| İstanbul               | İstanbul (3.000)                                                                                                                                           |
| Kocaeli                | Kocaeli (4.000)<br>Zonguldak (1.000)                                                                                                                       |
| Bursa                  | Balıkesir (1.000)                                                                                                                                          |
| Ankara                 | Kastamonu (1.400)<br>Amasya (130)<br>Bartın (1.000)<br>Çankırı (1.000)<br>Çorum (1.000)<br>Kırıkkale (1.000)<br>Karabük (1.000)<br>Sinop (30)              |
| Çanakkale              | Tekirdağ (1.460)<br>Çanakkale (1.000)                                                                                                                      |
| Hatay                  | Adana (275)<br>Gaziantep (1.800)<br>Kahramanmaraş (1.000)<br>Kilis (38)<br>Osmaniye (1.000)                                                                |
| Siirt                  | Bingöl (30)<br>Diyarbakır (381)<br>Elazığ (195)                                                                                                            |
| Rize                   | Erzincan (204)<br>Giresun (60)<br>Ordu (105)<br>Samsun (455)<br>Trabzon (497)                                                                              |
| Kayseri                | Aksaray (1.000)<br>Karaman (1.000)<br>Kırşehir (1.000)<br>Nevşehir (1.000)<br>Niğde (1.000)<br>Yozgat (1.000)<br>Malatya (260)<br>Sivas (90)<br>Tokat (90) |

**EK F****Çizelge F.1:** Senaryo 1 için bertaraf tesisi bilgileri.

|                            | <b>Bertaraf tesisi- İZAYDAŞ</b>             |                                         |
|----------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <b>Geri kazanım tesisi</b> | <b>Kontamine atık miktarı<br/>(ton/yıl)</b> | <b>Süreç atık miktarı<br/>(ton/yıl)</b> |
| İstanbul                   | 140                                         | 70                                      |

**Çizelge F.2:** Senaryo 2 için bertaraf tesisi bilgileri.

|                            | <b>Bertaraf tesisi – İZAYDAŞ</b>            |                                         |
|----------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <b>Geri kazanım tesisi</b> | <b>Kontamine atık miktarı<br/>(ton/yıl)</b> | <b>Süreç atık miktarı<br/>(ton/yıl)</b> |
| Balıkesir                  | 86,70                                       | 43,35                                   |
| Gaziantep                  | 24,96                                       | 12,48                                   |
| İstanbul                   | 181,20                                      | 90,60                                   |
| Kocaeli                    | 114,48                                      | 57,24                                   |
| Diyarbakır                 | 8,22                                        | 4,11                                    |
| Elazığ                     | 3,66                                        | 1,83                                    |
| Erzincan                   | 4,14                                        | 2,07                                    |
| Kırıkkale                  | 80,82                                       | 40,41                                   |
| Nevşehir                   | 24,90                                       | 12,45                                   |
| Ordu                       | 5,10                                        | 2,55                                    |
| Osmaniye                   | 56,70                                       | 28,35                                   |
| Trabzon                    | 9,12                                        | 4,56                                    |

**Çizelge F.3:** Senaryo 3 için bertaraf tesisi bilgileri.

| <b>Geri kazanım tesisi</b> | <b>Bertaraf tesisi - İZAYDAŞ</b>            |                                         |
|----------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------|
|                            | <b>Kontamine atık miktarı<br/>(ton/yıl)</b> | <b>Süreç atık miktarı<br/>(ton/yıl)</b> |
| Balıkesir                  | 173,40                                      | 86,70                                   |
| Gaziantep                  | 43,92                                       | 21,96                                   |
| İstanbul                   | 362,40                                      | 181,20                                  |
| Kocaeli                    | 228,96                                      | 114,48                                  |
| Aksaray                    | 1,80                                        | 0,90                                    |
| Bingöl                     | 1,20                                        | 0,60                                    |
| Çankırı                    | 4,20                                        | 2,10                                    |
| Diyarbakır                 | 15,24                                       | 7,62                                    |
| Elazığ                     | 7,20                                        | 3,60                                    |
| Erzincan                   | 8,16                                        | 4,08                                    |
| Giresun                    | 2,40                                        | 1,20                                    |
| Kahramanmaraş              | 6                                           | 3                                       |
| Kırıkkale                  | 142,64                                      | 71,32                                   |
| Kırşehir                   | 4,80                                        | 2,40                                    |
| Nevşehir                   | 52,80                                       | 26,40                                   |
| Ordu                       | 4,20                                        | 2,10                                    |
| Osmaniye                   | 113,40                                      | 56,70                                   |
| Trabzon                    | 18,48                                       | 9,24                                    |

**Çizelge F.4:** Senaryo 4 için bertaraf tesisi bilgileri.

|                            | <b>Bertaraf tesisi - İZAYDAŞ</b>            |                                         |
|----------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <b>Geri kazanım tesisi</b> | <b>Kontamine atık miktarı<br/>(ton/yıl)</b> | <b>Süreç atık miktarı<br/>(ton/yıl)</b> |
| Balıkesir                  | 200                                         | 100                                     |
| Gaziantep                  | 191,80                                      | 95,90                                   |
| İstanbul                   | 600                                         | 300                                     |
| Kocaeli                    | 800                                         | 400                                     |
| Aksaray                    | 4,50                                        | 2,25                                    |
| Bingöl                     | 3                                           | 1,50                                    |
| Çanakkale                  | 107,20                                      | 53,60                                   |
| Çankırı                    | 179,60                                      | 89,80                                   |
| Diyarbakır                 | 38,10                                       | 19,05                                   |
| Elazığ                     | 18                                          | 9                                       |
| Erzincan                   | 20,40                                       | 10,20                                   |
| Giresun                    | 6                                           | 3                                       |
| Kahramanmaraş              | 15                                          | 7,50                                    |
| Karabük                    | 15                                          | 7,50                                    |
| Kırıkkale                  | 200                                         | 100                                     |
| Kırşehir                   | 19,50                                       | 9,75                                    |
| Nevşehir                   | 133,50                                      | 66,75                                   |
| Ordu                       | 10,50                                       | 5,25                                    |
| Osmaniye                   | 200                                         | 100                                     |
| Samsun                     | 42                                          | 21                                      |
| Tokat                      | 9                                           | 4,50                                    |
| Trabzon                    | 46,20                                       | 23,10                                   |
| Zonguldak                  | 104,68                                      | 52,34                                   |

**Çizelge F.5:** Senaryo 5 için bertaraf tesisi bilgileri.

| <b>Geri kazanım tesisi</b> | <b>Bertaraf tesisi - İZAYDAŞ</b>            |                                         |
|----------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------|
|                            | <b>Kontamine atık miktarı<br/>(ton/yıl)</b> | <b>Süreç atık miktarı<br/>(ton/yıl)</b> |
| 1. Adana                   | 55                                          | 27,50                                   |
| 2. Balıkesir               | 200                                         | 100                                     |
| 3. Gaziantep               | 360                                         | 180                                     |
| 4. İstanbul                | 600                                         | 300                                     |
| 5. Kocaeli                 | 800                                         | 400                                     |
| 6. Kastamonu               | 280                                         | 140                                     |
| 7. Tekirdağ                | 292                                         | 146                                     |
| 10. Aksaray                | 200                                         | 100                                     |
| 11. Amasya                 | 26                                          | 13                                      |
| 14. Bartın                 | 200                                         | 100                                     |
| 17. Bingöl                 | 6                                           | 3                                       |
| 19. Çanakkale              | 200                                         | 100                                     |
| 20. Çankırı                | 200                                         | 100                                     |
| 21. Çorum                  | 200                                         | 100                                     |
| 22. Diyarbakır             | 76,20                                       | 38,10                                   |
| 23. Elazığ                 | 39                                          | 19,50                                   |
| 24. Erzincan               | 40,80                                       | 20,40                                   |
| 26. Giresun                | 12                                          | 6                                       |
| 30. Kahramanmaraş          | 200                                         | 100                                     |
| 31. Karabük                | 200                                         | 100                                     |
| 32. Karaman                | 200                                         | 100                                     |
| 34. Kırıkkale              | 200                                         | 100                                     |
| 35. Kırşehir               | 200                                         | 100                                     |
| 36. Kilis                  | 7,60                                        | 3,80                                    |
| 37. Malatya                | 52                                          | 26                                      |
| 40. Nevşehir               | 200                                         | 100                                     |
| 41. Niğde                  | 200                                         | 100                                     |
| 42. Ordu                   | 21                                          | 10,50                                   |
| 43. Osmaniye               | 200                                         | 100                                     |
| 45. Samsun                 | 91                                          | 45,50                                   |
| 47. Sinop                  | 6                                           | 3                                       |
| 48. Sivas                  | 18                                          | 9                                       |
| 51. Tokat                  | 18                                          | 9                                       |
| 52. Trabzon                | 99,40                                       | 49,70                                   |
| 55. Yozgat                 | 200                                         | 100                                     |
| 56. Zonguldak              | 200                                         | 100                                     |



## ÖZGEÇMİŞ



**Ad Soyad** Sevda Köse

**Doğum Yeri** Bursa

**Doğum Tarihi** 20.10.1984

**Lise** 1999-2003 Bursa Ulubatlı Hasan Anadolu Lisesi

**Lisans** 2003-2007 İstanbul Teknik Üniversitesi  
Matematik Mühendisliği Bölümü

**Yüksek Lisans** 2007-2009 İstanbul Teknik Üniversitesi  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı  
Endüstri Mühendisliği Programı