



THE RECYCLING POTENTIAL OF PACKING WASTE IN TURKEY: ANALISED BY LINEAR PROGRAMING AND FUZZY LOGIC METHOD

Ahmet Ergülen*, Halim Kazan**, Fevzi Serkan Özdemir***

* Necmettin Erbakan University, Istanbul, Turkey*, Istanbul University, Istanbul, Turkey**, Ondokuz Mayıs University, Istanbul, Turkey***

E-mail: argulen@konya.edu.tr*, halim.kazan@istanbul.edu.tr** , fsozdemir@omu.edu.tr***

Copyright © 2016 Ahmet ERGÜLEN, Halim KAZAN, Fevzi Serkan ÖZDEMİR. This is an open access article distributed under the Eurasian Academy of Sciences License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT

The reason for the focusing on activities in the process starts from the raw material stage and ends with product delivery to the customer is that usage of the word -logistics- solely for the traditional (forward) logistics applications for a long time. But, changing environmental conditions such as producers not only limited to the sale of responsibility for these products, but also collecting these products in the supply chain after usage by consumers and make them reusable, disposing some of them that cannot be recycled appropriately to natural conditions, preventing waste and constructing the sustainable development infrastructure has led to the emergence of the "reverse logistics" concept. So the concept of logistics has become a broader concept including reverse logistics applications corresponding to recoveries of products. Collection of returned items, re-processing them and post-process redistribution of them are among these reverse logistics applications. Enterprises perform these operations in all recovery due to the convenience of recovery technique for them. Recycling can be by some applications such as recycling of products, repairing, remanufacturing, refurbishing or making product robust. The aim of this study is, provided that it is limited by recycling as a form of recovery, to optimize reverse logistics costs by using fuzzy linear programming model in a real-time waste collection facility.

Keywords: Recycling costs, Reverse Logistics, Linear Programming, Fuzzy Linear Programming Optimization

JEL: C-C0-C02-C6

Türkiye’de Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşüm Potansiyellerinin Doğrusal Programlama ve Bulanık Doğrusal Programlama Yöntemiyle Analizi

ÖZET

Ürünlerin hammadde ve malzeme aşamasından tüketiciye teslimine kadar geçen süreçteki faaliyetlere odaklanılmasının sebebi, uzun zamandır lojistik sözcüğünün yalnızca geleneksel (ileri) lojistik uygulamaları için kullanılmış olmasından kaynaklanmaktadır. Fakat üreticilerin



bu ürünlere dair sorumluluklarının satış ile sınırlı kalmaması, tedarik zinciri içinde üretilmiş ürünlerin tüketicilerce kullanımının sonrasında da devam etmesi gerekmektedir. Bu kullanılan ürünlerin tekrar toplanması ve tekrar kullanılabilir hale getirilmeleri, geri kazanılamayacak olanların da doğada koşullarına uygun biçimde yok edilmesi, israfın önüne geçilmesi ve sürdürülebilir kalkınmanın altyapısının oluşturulması gibi değişen çevre koşulları, “ters lojistik” kavramının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Yani lojistik kavramı, ürünlerin geri kazanımına karşılık gelen ters lojistik uygulamalarını da içeren geniş bir kavram haline gelmiştir. Ters lojistik uygulamaları içinde kullanılmış veya geri dönen ürünlerin toplanması, bunların yeniden işlenmesi ve işleme sonrası yeniden dağıtımları yer alır. İşletmeler ve ürün bakımından hangi geri kazanım biçimi uygun olursa olsun, tüm geri kazanım uygulamalarında bu faaliyetler yerine getirilir. Geri kazanım, ürünlerin geri dönüşümü, tamiri, yeniden üretimi, yenileştirilmesi gibi çeşitli uygulamalarla yeniden üretime kazandırılması biçiminde olabilmektedir. Bu çalışmanın amacı, bir geri kazanım biçimi olan geri dönüşüm ile sınırları çerçevesinde, gerçek bir atık toplama tesisinde ters lojistik maliyetlerini doğrusal programlama modeli ve bulanık doğrusal programlama modeli kullanmak suretiyle optimize etmektir

Anahtar Kelimeler: Geri Dönüşüm Maliyetleri, Ters Lojistik, Doğrusal Programlama, Bulanık Doğrusal Programlama, Optimizasyon.

1. GİRİŞ

Bütün dünyada olduğu gibi, ülkemizde de özellikle büyük yerleşim birimlerindeki insanların karşılaştığı en büyük çevre sorunu atıklardır. Ülkemizde ve dünyadaki katı atıkların yönetiminin üç temel ilkesi vardır. Bunlar; Az atık üretilmesi, Atıkların geri kazanılması ve Atıkların çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesidir(Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010). Türkiye’de atıkların geri kazanımı konusunda uzun yıllardır süre gelen çalışmalar vardır. Cam, kâğıt, karton, plastik ve metal gibi atıklar özellikle çöp dökme sahalarından ve sokak toplayıcıları kanalıyla sokaklardan toplanmakta ve ham madde kaynağı olarak çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır. Türkiye’de çöp miktarının yaklaşık % 15-20 ’sini geri kazanılabilir nitelikli atıklar oluşturmaktadır(Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010). Küreselleşme, hızlı ve kontrolsüz artan dünya nüfusu ile birlikte insanların ihtiyaçlarının artması, işletmelerin daha fazla kaynak tüketmesi, artan kaynak tüketimi ile birlikte, doğal denge bozulmaktadır ve çevreye verilen zarar artmaktadır. İşte bu noktada geri dönüşümün önemi ortaya çıkmakta ve geri dönüşüm konusu akademisyenler ve araştırmacılar tarafından dikkatlice incelenmektedir. Geri dönüşümün uygulamasında, tekrar kullanılabilir atıklar ve diğer atıklar karıştırılmadan temiz bir şekilde ayrı olarak biriktirilir. Ayrı olarak biriktirilen bu atıklar çöple karışmadan temiz bir şekilde uygun araçlar kullanılarak ayrı olarak toplanır. Kaynağında ayrı toplanan bu atıklar ayırma tesislerinde cinslerine göre sınıflandırılır. Sınıflandırılan bu atıklar tekrar işlenmek ve değerlendirilmek üzere geri dönüşüm işletmelerine sevk edilir. Geri dönüşüm işlemi her malzeme türü için ayrı işlemlerden oluşur (Gürel, 2006:26). 2005 yılı öncesinde geri kazanım uygulamaları gönüllülük esasına dayalı olarak yapılmaktaydı. Ancak 2005 yılında Ambalaj ve Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği gereğince ambalaj atıklarının toplanması ve ayrılması işini gerçekleştirecek firmalara lisans alma zorunluluğu getirilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Ambalaj atıklarının geri dönüşümü ile ilgili olarak yapılan akademik çalışmalardan bazıları şunlardır:



The impact of product charges and EU directives on the level of packaging waste recycling in Poland (Alwaeli, 2010). Recycling of packaging multilayer films: New materials for technical products (Tartakowski, 2010). Plastic waste management in the context of a European recycling society: Comparing results and uncertainties in a life cycle perspective (Lazarevic, 2010). A life cycle assessment of the closed-loop recycling and thermal recovery of post-consumer PET (Chilton vd., 2010). Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review (Salem vd., 2009). Identification of waste packaging profiles using fuzzy logic (Olvera vd., 2008). Investigation of hydrocarbon fractions from waste plastic recycling by FTIR, GC, EDXRFs and SEC techniques (Miscolci ve Bartha, 2008). Cam Geri Dönüşümünde Kar Amaçlı Yerleşim Ve Rotalama Problemi (Polat, 2008). Determination of radiolysis products in gamma-irradiated multilayer barrier food packaging films containing a middle layer of recycled LDPE (Chytiri vd., 2008). Feasibility of recycling pulp and paper mill sludge in the paper and board industries (Alda, 2008).

Türkiye’de kağıt-karton sektöründe geri dönüşüm ve geri dönüşüm yapan işletmelerin ekonomik yönden incelenmesi (Dalyancı, 2006); Çalışmada, katı atıklar içerisinde geri dönüştürülebilir nitelikte olan atık kağıdın gerekliliği incelenmiş ve bu sektörde Türkiye’de faaliyet gösteren işletmeler değerlendirilmiştir.

Pet ve geri dönüşümü (Severcan ve Vaizoğlu, 2007); Çalışmada, plastiklerin geri dönüşümü üzerinde durularak, Türkiye’de gelişmiş ülkelere göre daha az yüzdelerle de olsa plastik kullanımında artış olduğu ortaya konmuştur. Bu nedenle de Türkiye’nin plastik endüstrisinin uzun kullanımı, depozito ile toplama ve yeniden aynı amaçla kullanılacak türlerle ağırlık vermeyi seçmesi üzerinde durulmuştur.

Öğrenci yurdu katı atıklarının geri kazanımının ekonomik açıdan değerlendirilmesi (Koçer ve Işık, 2004); Çalışmada, yurtlarda oluşan ve ekonomik değeri bulunan katı atıkların geri kazanılma sisteminin Elazığ’da uygulanabilirliği araştırılmıştır. Yapılan maliyet analizleri sonucunda, Elazığ öğrenci yurdunda “kaynakta geri kazanma” sisteminin uygulanmasının yararları ortaya konmuştur.

Endüstriyel atıkların inşaat sektöründe kullanımı geri kazanılması ve çevresel etkilerinin kazanılması (Beycioğlu vd., 2008); Çalışmada, endüstriyel atıklardan atık araç lastikleri, uçucu küller, silis dumanı, granüle yüksek fırın cürufu ve mermer toz atıklarının inşaat sektöründe kullanılabilirliği incelenmiştir ve başarılı sonuçlar alındığı görülmüştür.

Kırsal Belediyelerde Eysel Katı Atıkların Geri Kazanımı ve Ekonomik Analizi: Mustafakemalpaşa İlçesi/Bursa Örneği (Şen ve Kestioğlu, 2007); Çalışmada, Bursa’nın Mustafakemalpaşa İlçesinde dört mevsim boyunca hane halkından kaynaklanan katı atıkların geri kazanım oranları belirlenmiştir. İlçede kişi başına oluşan katı atık miktarı 0.76 kg/gün, atık yoğunluğu 0.4 ton/m³ ve geri kazanım oranı %22 olarak belirlenmiştir.

Fransa’da Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşüm Ekonomisi: Kurumsal Çerçeve ve Teknolojik Olarak Benimsenmesi (Defeuilley ve Godard, 1997); Çalışma da, Fransa’da ambalaj atıklarının geri dönüşümü için uygulanan rejimin özellikleri araştırılıyor. Ambalaj vergi sistemiyle beraber atık enerji tesisleri ve geri dönüşüm teknikleri nasıl teşvik edilebilir. Kurumsal koşulların belediyelerin yatırım davranışlarını etkileyeceği sonucuna varılmıştır.

Katı Atık Geri Dönüşüm Davranışı ve Tekstil Geri Dönüşümünün Desteklenmesi (Daneshvary vd., 1998); Çalışma da, tekstil geri dönüşüm politikasını destekleyen bir model oluşturulmuştur. Analiz sonuçlarına göre, düzenli atık geri dönüşüm alışkanlıklarının, siyasi eğilimlerin, aile büyüklüğünün, azınlık statüsü ve gelirin, tekstil geri dönüşüm politikasını destekleme üzerinde büyük etkisi olduğunu görülmektedir.

Tıbbi Plastik Atıkların Geri Dönüşüm Potansiyellerinin Analizi (Lee vd, 2002); Çalışmada, sağlık tesisleri tarafından üretilen plastik atıkların geri dönüşüm potansiyeli incelenmiştir. Araştırma için Massachusetts eyaletinden beş şehir hastanesi, sağlık merkezleri ve üç hayvan hastanesinden geri



dönüşüm için veri alınmış ve geri dönüşüm potansiyelleri değerlendirilmiştir. Tıbbi plastik atıkların geri dönüşümünü artırmak için gerekli olan yöntemler araştırılmıştır.

Hindistan’ın Kanpur Şehrinde Yasal Olmayan Atık Geri Kazanımının Değerlendirilmesi (Zia vd, 2008); Çalışma, Hindistan’ın Kanpur kentinde atık geri dönüşümü yapan enformel sektörün ekonomik ve çevresel etkilerini anahatlarıyla ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Enformel sektörün çeşitli kesimlerine mensup 40 katılımcıya anket uygulanmıştır. Anket katılımcıların sosyo-ekonomik özellikleri hakkında bilgi alabilmek üzere tasarlanmıştır.

Ters Tedarik Zinciri Yönetimi ve Elektronik Atıkların Geri Dönüşümü: E-Dönüşüm İçin Çok Katmanlı Bir Ağ Dönüşümü (Nagurney ve Toyasaki, 2005); Çalışma da, elektronik atıkların ters tedarik zinciri yönetimine entegre bir çerçeve geliştirmek için modelleme yapılmıştır.

Çevresel Entegre Yönetim ve Geri Dönüşüm Yönetimi (Spengler vd., 1997); Çevresel entegre üretim ve geri dönüşüm planlaması, üretim işletmeleri arasında rekabet için büyük önem taşımaktadır. Çalışmaya göre, yan sanayi ürünleri ve atıkların yanısıra güçlü emisyon standartları için artan bertaraf maliyetleri nedeniyle, yan ürünleri ve atıkları büyük ölçüde azaltacak çevre dostu üretim teknolojileri geliştirmek gerekmektedir. Yöneyle araştırmasından yararlanarak, endüstriyel yan ürünlerin ve ömrünü tamamlamış ürünlerin geri dönüşümü olan bu iki problem üzerine model oluşturulmuş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Eysel Plastik Atıkların Yeniden Geri Dönüşümü (Heng vd., 2008); Çalışma, Phnom Penh kentinde plastik atık yönetiminin mevcut durumunu ortaya koymak üzere yapılmıştır. Hanehalkını plastik geri dönüşümü konusunda eğitime teşvik ederek, plastik geri dönüşümüne katkıda bulunmaları sağlanılmalıdır. Hükümete, Phnom Penh kentinde plastik atık geri dönüşümü konusunda hangi politikaları uygulayacağı konusunda önerilerde bulunmaktadır.

3. GERİ DÖNÜŞÜM

Geri dönüşüme olan ihtiyacın başlamasında, savaşlar nedeniyle ortaya çıkan kaynak sıkıntıları oldukça etkili olmuştur. Büyük devletler, İkinci Dünya Savaşı sırasında ülke genelinde geri dönüşümle ilgili kampanyalar başlatmışlardır. Vatandaşlar, özellikle metal ve fiber maddeleri toplama konusunda teşvik edilmişlerdir. ABD’de geri dönüşüm işlemi, yurtseverlik anlayışında çok önemli bir yer edinmiştir. Hatta savaş sırasında oluşturulan kaynak koruma programları, doğal kaynakları kısıtlı olan bazı ülkelerde (Japonya gibi), savaş sonrası da devam ettirilmiştir (Yılmaz, 2010:19).

Doğal kaynakların sonsuz olmadığı, dikkatlice kullanılmadığı takdirde bir gün bu doğal kaynakların tükeneyeceği akıldan çıkarılmaması gereken bir durumdur. Bu durumun farkına varan ülke ve üreticiler kaynak israfını önlemek ve ortaya çıkabilecek enerji krizleri ile baş edebilmek için atıkların geri kazanılması ve tekrar kullanılması için çeşitli yöntemler aramış ve geliştirmişlerdir. Kalkınma çabasında olan ve ekonomik zorluklarla karşı karşıya bulunan, gelişmekte olan ülkelerin de tabii kaynaklarından uzun vadede ve maksimum bir şekilde faydalanabilmeleri için atık israfına son vermeleri, ekonomik değeri olan maddeleri geri kazanma ve tekrar kullanma yöntemlerini uygulamaları gerekmektedir (Çevreonline, 2010).

Geri dönüşüm; kullanım dışı kalan, geri dönüştürülebilir atık malzemelerin çeşitli geri dönüşüm yöntemleri ile hammadde olarak tekrar imalat süreçlerine kazandırılmasıdır (Coşkun, 2007:11).

Geri dönüşümde amaç; kaynakların lüzumsuz kullanılmasını önlemek ve atıkların kaynağında ayrıştırılması ile birlikte atık çöp miktarının azaltılmasıdır.

Geri dönüşülebilen maddelerden bazıları şunlardır.; Demir, Çelik, Bakır, Alüminyum, Kurşun, Pil, Kağıt, Kauçuk, Plastik, Cam, Motor yağları, Atık yağlar, Akümülatörler, Araç lastikleri, Beton, Röntgen filmleri, Elektronik atıklar, Organik atıklardır (www.cevreonline.com).



4. UYGULAMA

Buradaki probleme ait genel doğrusal programlama modeli ve bulanık doğrusal programlama modelinde, toplanan atık türleri, X_{ij} değişkenleri ile tanımlanacaktır. Bu değişkenlere bağlı olarak, $i: 1, 2, 3, 4$, atıkların hangi aylarda toplandığını, $j: 1, 2, \dots, 10$ da bu aylarda toplanan atık türlerini belirleyecektir. X_{ij} i ayda toplanan j atık türünü temsil etmektedir ve d_{ij} ile belirtilen parametre i ayda toplanan j atığının toplama maliyetini belirtmektedir.

Modelde kullanılacak olan aylar; X_{1j} : Ocak ayında toplanan j cinsini, X_{2j} : Şubat ayında toplanan j cinsini, X_{3j} : Mart ayında toplanan j cinsini, X_{4j} : Nisan ayında toplanan j cinsini şeklinde ifade edilecektir.

Bununla birlikte atık toplama planındaki atık türleri; Kablo, karton, naylon(PE), plastik(PP), plastik(PS), teneke, bidon, palet, kaba hurda, paslanmaz hurda olarak belirlenmiştir.

Toplama planına ait değişkenler her bir ay ve toplanan atık türleriyle aşağıdaki şekilde tanımlanır (Ek-1); $X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}, X_{16}, X_{17}, X_{18}, X_{22}, X_{23}, X_{24}, X_{25}, X_{26}, X_{27}, X_{28}, X_{32}, X_{33}, X_{34}, X_{35}, X_{36}, X_{37}, X_{38}, X_{42}, X_{43}, X_{44}, X_{45}, X_{46}, X_{47}, X_{48}, X_{49}, X_{410}$

4.1. Doğrusal Programlama Modeli ve Geri Dönüşüm Maliyeti

Doğrusal Programlama modelinin çözümünde model formüle edilirken ilk olarak, karar değişkenlerinin ve parametrelerin belirlenmesi ve bunların neleri temsil ettiklerinin belirtilmesi gerekmektedir (Ergülen, 2005: 166).

Buna göre genel doğrusal programlama modeli;

Amaç denkleminde;

Kullanılan parametreler,

d_{ij} : i. ayda toplanan j. atığının toplama maliyetini,

Karar değişkenleri ise,

X_{ij} : i. ayda toplanan j. atık cinsini ifade etmektedir.

$$Z_{min} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{ij} X_{ij} \quad \begin{matrix} i=1,2,\dots,m(\text{m:atıkla. topl. aylar}) \\ j=1,2, \dots,n(\text{n:toplanan atık türleri}) \end{matrix}$$

Talep edilen atık kısıtında;

w_{ij} : i. ayda toplanan j. atık kg'nı,

h_k : geri dönüşüm tesislerine gönderilecek atık miktarlarını ifade etmektedir.

$$\sum_{j=1}^n w_{ij} X_{ij} \geq h_k \quad \begin{matrix} i=1, 2, \dots, m(\text{m:atıkların topl. aylar}) \\ j=1, 2, \dots, n(\text{n: toplanan atık türleri}) \\ k=1,2, \dots, n(\text{n:tesislere gönd. atık miktarları}) \end{matrix}$$



Pozitiflik Şartı;

$$x_{ij} \geq 0$$

4.2. Bulanık Doğrusal Programlama Modeli ve Geri Dönüşüm

Buradaki probleme ait genel Bulanık Doğrusal Programlama modeli, genel formu; karar değişkenleri, modele ilişkin parametreler, kısıtlar, modelde kullanılan simgeler aşağıdaki gibi tanımlanır;

Amaç denkleminde;

Kullanılan parametreler,

α_j : j.atık türüne ait toplama merkezinin atık miktarı bulanık aralığının kullanım oranı

d_{ij} : i. ayda toplanan j. atığının toplama maliyetini,

Kullanılan karar değişkenleri,

X_{ij} : i. ayda toplanan j. atık cinsini ifade etmektedir.

$$Z_{\min} = \sum_{j=1}^n \alpha_j + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{ij} X_{ij} \quad i=1,2,\dots,m(\text{m:atıkla topl. aylar})$$

$$j=1,2,\dots,n(\text{n:toplanan atık türleri})$$

Talep edilen atık kısıtı;

$$\sum_{j=1}^n w_{ij} X_{ij} + e_j \alpha_j + v - u \geq h_k \quad i=1,2,\dots,m(\text{m:atık. topl. ayl})$$

$$(a_t \neq b_t) \quad (b_t \neq c_t) \quad j=1,2, \dots, n(\text{n:topl. atık türleri})$$

$$k=1,2,\dots,n(\text{n:tesislere gönderilecek atık miktarları})$$

$$t=1, 2, \dots, n(\text{n: atık türleri toplama bölgeleri})$$

Pozitiflik Şartı;

$$X_{ij} \geq 0$$

w_{1j} : i. ayda toplanan j. atık kg'nı,

h_k : Geri dönüşüm tesislerine gönderilecek atık miktarlarını ifade etmektedir.

e_j : j atık türüne ait negatif sapma miktarı

v : a_t atık türü toplama merkezindeki atık miktarına, yol üstündeki b_t atık türü toplama merkezinden toplanan atık miktarı (kg)

u : b_t atık türü toplama merkezindeki atık miktarına, yol üstündeki c_t atık türü toplama merkezinden toplanan atık miktarı (kg)

Ayrıca, j merkezinin talep miktarında gerekirse e_j kadar azaltma yapılabileceği (e_j kadar atık türünün toplanamayabileceği) kabul edildiğinde, atık türünün bulanık olan kısmını



ifade eden bu miktar, izin verilen negatif sapmadır. Sapma miktarının kullanım oranı, α_j değişkeninin değeri kadar olacaktır. α_j Değişkenlerinin 0 ve 1 arasında değerler alabilmesi için atık kısıtları düzenlenmiştir.

Bu modelde, öncelik sırasına göre aşağıdaki hedefler yer almaktadır:

1.Hedef: Amaç fonksiyonunda oluşan maliyetleri minimize etmektir.

2. Hedef: Atık kapasiteleri için izin verilen negatif sapma miktarının kullanılan kısmının minimizasyonu

Birinci öncelikli amaca ilişkin değişkenlerin amaç fonksiyonundaki katsayılarına göre, ikinci öncelikli amaca ilişkin değişkenlerin (α_j) amaç fonksiyonundaki katsayılarının çok küçük bir değer olması gerektiğinden α_j değişkenlerinin katsayıları bir olarak alınmıştır.

Bir diğer kısıt da bulanık aralığın kullanım oranına ilişkindir.

$$\alpha_j \leq 1 \quad t = 1, 2, \dots, n(n: \text{atık türleri toplama bölgeleri})$$

$$X_{ij} \geq 0, v \geq 0, u \geq 0$$

$$0 \leq \alpha_j \leq 1$$

4.3. Geri Dönüşüm Uygulama Planı

Firma, hanelerden evsel atıkların ve fabrikalardan endüstriyel atıkların toplanması ve ayrıştırılması faaliyetlerini yerine getirmektedir. Tesiste yapılan gözlem ve fayda-maliyet analizleri sonucunda her atığın toplanmasının karlı olmadığı tespit edilmiş, atıkların toplama ve ayrıştırma maliyetlerinin, atığın geri dönüşüm tesislerine satışı sonucunda elde edilen gelirden daha fazla olduğu görülmüştür. Bu doğrultuda aylık toplanan her bir atığın toplama maliyetlerinin minimize edilmesi amaçlanmıştır. Tesisteki atıklara ait toplama maliyetlerinin ortaya çıkarılmasında öncelikle;

- Kaynağından toplama yapılan atıkların, Ocak-Şubat-

Mart ve Nisan aylarında atık türlerine göre toplanan atık miktarları(kg) tablosu (Ek- 2),

- Ocak-Şubat-Mart ve Nisan aylarında atık türlerine göre satılan atık miktarları(kg) tablosu (Ek- 3),

-Toplanan atıkların alış fiyatları ve geri dönüşüm tesislerine satılan atıkların satış fiyatlarını gösteren tablo (Ek- 4) oluşturulmuştur.

Geri dönüşüm uygulama planına ait, firma maliyeti ve modellere ait maliyet, Tablo-1'de aşağıda verilmiştir.

Tablo 1: Fiili ve Modellere ait Atık Toplama Maliyetleri ve yapılan Tasarruf

Fiili	DP	Bulanık DP
77.149,702 TL	71.821,82 TL	68.046,038 TL
Tasarruf	5.327,882 (%6,9)	9.103,664 (%11,8)



5. SONUÇ

Atıklar içerisinde hammaddesi doğal kaynaklar olan ve dikkat çekilmesi gereken atık türlerinden birisi de ambalaj atıklarıdır. Ambalaj atıkları, hammaddesi doğal kaynaklar olan ambalajların kullanımı sonucunda ortaya çıkmaktadır. Ambalaj atıklarının toplanması ve geri dönüştürülmesi doğal kaynaklarımızın tasarruflu kullanılmasının önemini belirtmektedir. Sürdürülebilir kalkınmanın devamlılığını sağlamak için geri dönüşüm konusuna gereken önem öncelikli olarak verilmelidir.

Atık toplama tesisi ile yapılan görüşmeler sonucunda tesisin atık toplama sistemi ele alınıp, sistemi optimize edecek model oluşturuldu ve model oluşturulurken Doğrusal Programlama, Bulanık Doğrusal Programlama teknikleri kullanıldı.

Geri dönüşüm problemleri için, Doğrusal Programlama modeli ve Bulanık Doğrusal Programlama modelinin kurulabileceği gösterilmiş ve uygun paket programı ile optimum çözüm elde edilmiştir.

Doğrusal programlama ve Bulanık Doğrusal programlama modelinin çözümünde Lindo 6.01 yazılım paket programı kullanılmıştır. Tesise ait verilerle oluşturulan modeller çözülerek, çözüm sonuçları tesisin atık toplama sistemiyle karşılaştırılmış, toplama ayırma tesisi toplam maliyetleri ile modellere ait toplam maliyetler arasında tasarrufun olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- ALWAELE, Mohamed (2010), “The Impact Of Product Charges And EU Directives On The Level Of Packaging Waste Recycling In Poland,” *Journal Of Resources Conservation And Recycling*, c.54, s.10: 609-614.
- ALDA, Jesus A.G. Ochoa (2008), “Feasibility Of Recycling Pulp And Paper Mill Sludge In The Paper And Board Industries,” *Journal Of Resources Conservation And Recycling*, c.52, s.7: 965-972.
- BEYÇİOĞLU, Ahmet, Celalettin Başyigit ve Serkan Subaşı (2008), “Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanımı, Geri Kazanılması ve Çevresel Etkilerinin Azaltılması”, Kocaeli Üniversitesi Çevre Sorunları Sempozyumu, Kocaeli.
- CHILTON, T., S. Burnley, S. Nesaratnam (2010), “A Life Cycle Assessment Of The Closed-Loop Recycling And Thermal Recovery Of Post-Consumer PET,” *Journal Of Resources Conservation And Recycling*, c.54, s.12: 1241-1249.
- CHYTIRI, S., A.E. Goulas, A. Badeka, K.A., Riganakos, D. Petridis, M.G. Kontominas (2008), “Determination Of Radiolysis Products In Gamma-Irradiated Multilayer Barrier Food Packaging Films Containing A Middle Layer Of Recycled LDPE,” *Journal Of Radiation Physics And Chemistry*, c.77, s.9: 1039-1045.
- COŞKUN, Ufuk (2007), “Hazır Beton Santrallerinde Geri Dönüşüm Sistemi İle Kazanılan Atık Suyun Beton Üretiminde Değerlendirilmesi,” *Yüksek Lisans Tezi*, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.



- ÇEVREONLINE (2010), “Geri Dönüşüm Nedir?”,
http://www.cevreonline.com/atik2/geri_donusum.htm, 01.05.2010.
- ÇOB (2010), “Lisans veya Geçici Çalışma İzni Alan Toplama Ayırma Tesisleri(TAT) ve Geri Dönüşüm Tesisleri(GDT)”,
[http://www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/ambalaj/lisans/TAT ve GD LISTESI2010.xls](http://www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/ambalaj/lisans/TAT_ve_GD_LISTESI2010.xls),
02.05.2010.
- ÇOB (2010), “Katı Atık”,
<http://www2.cevreorman.gov.tr/KatiAtik.html>, 02.05.2010.
- DALYANCI, H. Levent (2006), *Türkiye’de Kağıt-Karton Sektöründe, Geri Dönüşüm Yapan İşletmelerin Ekonomik Yönden İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- DANESHVARY, Nasser, Rennae Daneshvary ve Keith Schwer (1998), “Solid-waste Recycling Behavior And Support For Curbside Textile Recycling”, *Environment and Behavior Journal*, Vol: 30, No: 2, pp.144-161.
- DEFEUİLLEY, Christophe, Olivier Godard (1997), “The Economics Of Packaging Waste Recycling In France: Institutional Framework And Technological Adoption”, *International Journal Of Environment And Pollution*, Vol: 7, No:4, pp. 538-546
- ERGÜLEN, Ahmet (2005), “İşletmelerin Dağıtım Stratejilerinin Oluşturulması Modeli: Dağıtım Koşullarının Ağır Olduğu Türkiye’deki Doğu ve Kuzey İlleri Üzerine Örnek Bir Uygulama”, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt 19, Sayı 1, s.325-342.
- GÜRELİ, Serkan (2006), *Plastik Sektöründe Endüstriyel Atıklardan Geri Dönüşüm Sonucu Elde Edilen Mamüllerin Maliyetlemede Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Yönteminin Uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli.
- HENG, N., Ungul Laptaned ve N. Mehrdadi (2008), “Recycling and Reuse Of Household Plastics”, *International Journal Of Environmental*, Vol: 2, No:1, pp.27-36.
- KOÇER, Nilüfer ve Hilal Işık (2005), “Öğrenci Yurdu Katı Atıklarının Geri Kazanımının Ekonomik Açıdan Değerlendirilmesi”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt 14, Sayı 4, s.373-380.
- LAZAREVIC, D., E. Aoustin, N. Buclet, N. Brandt (2010), “Plastic Waste Management In The Context Of A European Recycling Society: Comparing Results And Uncertainties In A Life Cycle Perspective,” *Journal Of Resources Conservation And Recycling*, c.55, s.2: 246-259.
- LEE, Byeong-Kyu, Michael J.Ellenbecker, Rafael Moure-Eraso (2002), “Analyses Of The Recycling Potential Of Medical Plastic Wastes”, *Journal Of Waste Management*, Vol: 22, No:5, pp.461-470.



- MİSKOLCZİ, N., L. Bartha (2008), “Investigation of hydrocarbon fractions form waste plastic recycling by FTIR, GC, EDXRFS and SEC techniques,” *Journal Of Biochemical And Biophysical Methods*, c.70, s.6: 1247-1253.
- NAGURNEY, Anna ve Fuminori Toyasaki (2005), “ Reverse Supply Chain Management And Electronic Waste Recycling: A Multitiered Network Equilibrium Framework For E-Cycling”, *Transportation Research Part E: Logistic And Transportation Rewiev Journal*, Vol: 41, No: 1, pp.1-28.
- OLVERA, G.L., S.O. Benitez, J.C. Rodriguez, M.B. Zanaguera (2008), “Identification Of Waste Packaging Profiles Using Fuzzy Logic,” *Journal Of Resources Cconservation And Rrecycling*, c.52, s.8-9: 1022-1030.
- POLAT, Esra (2008), “Cam Geri Dönüşümünde Kar Amaçlı Yerleşim Ve Rotalama Problemi,” *Yüksek Lisans Tezi*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- SALEM, S.M., P. Lettieri, J. Baeyens (2009), “Recycling And Recovery Routes Of Plastic Solid Waste (PSW): A review,” *Journal Of Waste Management*, c.29, s.10: 2625-2643.
- SEVENCAN, Funda ve Songül Vaizoğlu (2007), “Pet ve Ger Dönüşümü”, *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni*, C: 6, S: 4, s.307-312.
- SPENGLER, T., H. Püchert, T. Penkuh (1997), “Environmental Integrated Production And Recycling Management”, *European Journal Of Operational Research*, Vol: 97, No: 2, pp.308-326.
- ŞEN, Mehmet ve Kadir Kestioğlu (2007), “Kırsal Belediyelerde Evsel Katı Atıkların Geri Kazanımı ve Ekonomik Analizi: Mustafakemalpaşa İlçesi/Bursa Örneği”, *Ekoloji Dergisi*, Sayı: 65, s. 45-51.
- TARTAKOWSKİ, Zenon (2010), “Recycling Of Packaging Multilayer Films: New Materials For Technical Products,” *Journal Of Resources Cconservation And Rrecycling*, c.55, s.2: 167-170.
- YILMAZ, Sevda (2010), *Geri Dönüştürülmüş Malzemelerden Üretilen Ürünlerin Kullanımı ve Tüketicilerin Bu Ürünler Yönelik Tutumları ve Algulamaları Üzerine Bir Araştırma*, Yüksek Lisans Tezi,, Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.
- ZİA, H., V. Devadas, S. Shukla (2008) "Assessing Informal Waste Recycling In Kanpur City, India", *Management of Environmental Quality: An International Journal*, Vol: 19, No: 5, pp.597 – 612.

**Ekler:****Ek-1:** Ocak, Şubat, Mart ve Nisan Aylarında Toplanan Atık Türlerine Ait Değişkenlerin Açıklamaları

<u>Değişken</u>	<u>Değişkenin Açıklaması</u>
X ₁₁ :	Ocak ayında toplanan atık cinsi (kablo)
X ₁₂ :	Ocak ayında toplanan atık cinsi (karton)
X ₁₃ :	Ocak ayında toplanan atık cinsi (naylon (PE))
X ₁₄ :	Ocak ayında toplanan atık cinsi (plastik (PP))
X ₁₅ :	Ocak ayında toplanan atık cinsi (plastik (PS))
X ₁₆ :	Ocak ayında toplanan atık cinsi (teneke)
X ₁₇ :	Ocak ayında toplanan atık cinsi (plastik bidon)
X ₁₈ :	Ocak ayında toplanan atık cinsi (palet)
X ₂₂ :	Şubat ayında toplanan atık cinsi (karton)
X ₂₃ :	Şubat ayında toplanan atık cinsi (naylon (PE))
X ₂₄ :	Şubat ayında toplanan atık cinsi (plastik (PP))
X ₂₅ :	Şubat ayında toplanan atık cinsi (plastik (PS))
X ₂₆ :	Şubat ayında toplanan atık cinsi (teneke)
X ₂₇ :	Şubat ayında toplanan atık cinsi (plastik bidon)
X ₂₈ :	Şubat ayında toplanan atık cinsi (palet)
X ₃₂ :	Mart ayında toplanan atık cinsi (karton)
X ₃₃ :	Mart ayında toplanan atık cinsi (naylon (PE))
X ₃₄ :	Mart ayında toplanan atık cinsi (plastik (PP))
X ₃₅ :	Mart ayında toplanan atık cinsi (plastik (PS))
X ₃₆ :	Mart ayında toplanan atık cinsi (teneke)
X ₃₇ :	Mart ayında toplanan atık cinsi (plastik bidon)
X ₃₈ :	Mart ayında toplanan atık cinsi (palet)
X ₄₂ :	Nisan ayında toplanan atık cinsi (karton)
X ₄₃ :	Nisan ayında toplanan atık cinsi (naylon (PE))
X ₄₄ :	Nisan ayında toplanan atık cinsi (plastik (PP))
X ₄₅ :	Nisan ayında toplanan atık cinsi (plastik (PS))
X ₄₆ :	Nisan ayında toplanan atık cinsi (teneke)
X ₄₇ :	Nisan ayında toplanan atık cinsi (plastik bidon)
X ₄₈ :	Nisan ayında toplanan atık cinsi (palet)
X ₄₉ :	Nisan ayında toplanan atık cinsi (kaba hurda)
X ₄₁₀ :	Nisan ayında toplanan atık cinsi (paslanmaz hurda)

şeklinde olacaktır.

Kaynağından Toplama Yapılan Atıkların, Ocak-Şubat-Mart ve Nisan Aylarında Atık Türlerine Göre Toplanan Atık Miktarları Ek-2’de Verilmiştir.



Ek-2: Ocak-Şubat-Mart-Nisan Aylarında Toplanan Atık Türleri

	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
Kablo	1.800 kg	-	-	-
Karton	17.350 kg	12.210 kg	13.210 kg	10.995 kg
Naylon (PE)	6.280 kg	5.620 kg	5.565 kg	7.010. kg
Plastik (PP)	6.150 kg	4.225 kg	4.165 kg	4.000 kg
Plastik (PS)	860 kg	2.210 kg	1.800 kg	1.420 kg
Teneke	4.125 kg	1.595 kg	2.480 kg	1.487 kg
Plastik Bidon	925 kg	845 kg	980 kg	665 kg
Palet	24.480 kg	20.010 kg	29.480 kg	14.100 kg
Kaba Hurda	-	-	-	3.010kg
Paslanmaz	-	-	-	2.550 kg
TOPLAM	61.970 KG	46.715 KG	57.680 KG	45.237 KG

Ocak-Şubat-Mart ve Nisan Aylarında Atık Türlerine Göre Satılan Atık Miktarları Ek-3’de verilmiştir.

Ek-3: Ocak-Şubat-Mart-Nisan Aylarında Satılan Atık Miktarları

	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
Kablo	1.840 kg	-	-	-
Karton	17.380 kg	12.440 kg	13.360 kg	11.020 kg
Naylon (PE)	6.307 kg	5.782 kg	5.606 kg	7.198 kg
Plastik (PP)	6.300 kg	4.280 kg	4.260 kg	4.040 kg
Plastik (PS)	880 kg	2.240 kg	1.840 kg	1.480 kg
Teneke	4.140 kg	1.620 kg	2.500 kg	1.500 kg
Plastik Bidon	940 kg	860 kg	1.000 kg	680 kg
Palet	24.900 kg	20.160 kg	29.680 kg	14.740 kg
Kaba Hurda	-	-	-	3.040 kg
Paslanmaz	-	-	-	2.700 kg
TOPLAM	62.687 KG	47.382 KG	58.246 KG	46.398 KG

Toplanan Atıkların Birim Alış Fiyatları ve Geri Dönüşüm Tesislerine Satılan Atıkların Birim Satış Fiyatları Ek-4’de verilmiştir.

Ek-4: Toplanan Atıkların Birim Alış ve Birim Satış Fiyatları

ATIK TÜRÜ	BİRİM ALIŞ FİYATLARI	BİRİM SATIŞ FİYATLARI
Kablo	2 TL 60 krş	3 TL 10 krş
Karton	0.06 TL	0.22 TL
Naylon (PE)	0.40 TL	0.70 TL
Plastik (PP)	0.15 TL	0.45 TL
Plastik (PS)	0.15 TL	0.45 TL
Teneke	0.15 TL	0.50 TL
Plastik Bidon	0.50 TL	0.80 TL
Palet	0.09 TL	0.25 TL
Kaba Hurda	0.35 TL	0.50 TL
Paslanmaz	2 TL 10 krş	2 TL 60 krş