

İlaç Atıkları İçin Süreç Tasarımı



¹Ayşe Bayrakve²Yrd. Doç. Dr. Bahar Özyörük

¹Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, Ankara, Türkiye

²Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

Özet

Çevre kirliliğine sebep olan birçok faktör olduğu bilinmektedir. Bu faktörlerden birisi de ilaç atıklarıdır. Araştırmaların pek çoğunda başta ülkemiz olmak üzere ilaç sektörünün çevreye vermiş olduğu zararların yeterince araştırılmamış olduğu görülmektedir. Bu çalışmada ilacın üretildiği noktadan kullanıldığı nokta ve elde kalanların toplanıp bertarafına kadar olan ilaç atıkları süreç tasarımının öneminden bahsedilmektedir. Bu süreç çerçevesinde dikkat edilmesi gereken hususlar ve bu sürecin çevreye en az şekilde zarar vererek yönetilmesine yönelik çalışmalar ele alınmıştır. Bu çalışmada ilacın son kullanıcı/kullanıcılardan toplanması ve bertarafına kadar giden süreçte kontrolü konusu tersine lojistik uygulamalar kapsamında bir tasarım çalışması yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: İlaç atığı, tıbbi atık, tersine lojistik

Process Design for Pharmaceutical Waste

Abstract

Environmental pollution is known that many factors that cause. One of these factors is the pharmaceutical industry. Most of the research, especially in our country, including the harm done to the environment of the pharmaceutical industry seems to be sufficiently investigated. In this study, drugs used produced the spot from the point and the drug residue obtained by collecting waste disposal process to make mention of the importance of design. Issues that need to be considered within the framework of this process, and this process the least environmentally damaging way for managing studies are discussed. In this study, the drug end user / user of the collection and disposal is subject to the control of reverse logistics in the process design work was carried out within the scope of application.

Keywords: Pharmaceutical waste, medical waste, reverse logistics

1. Giriş

Lojistikle son kullanıcı olan müşteriye taşınan ürünün aynı şekilde hatta daha büyük bir hassasiyetle tekrar toplanması şekliyle de ifade edilen tersine lojistik karlılığın ötesinde minimum maliyetle insan sağlığını ve çevreyi korumak için yardımcı olabilecek bir kavramdır. Bu çalışmada tersine lojistik planlamalarının yeteri kadar kullanılmadığı bir alan olan atık yönetim sistemi literatür araştırması ve, ülkemizde ve dünyada atık yönetimi ile ilgili uygulamalar ele alınmıştır. Daha sonra ilaç endüstrisinin büyüyen yönü dikkate alındığında, ilacın son kullanıcı

*Corresponding author: Ayşe BayrakAddress: TunusCaddesi No:80, 06100, Ankara TURKEY. E-mail address: ayse.bayrak@tubitak.gov.tr, Phone: + 903124685300/4290 Fax: +90 312 427 43 05

olan hastada kalmasının ya da onun gözetiminde yanlış bertarafının doğuracağı sonuçlar ve hastanelerde ortaya çıkan tıbbi atıklar üzerinde durulmuştur. Bu incelemeler doğrultusunda atık ilaç sürecinin yönetiminin önemine değinilmiştir. İmha işleminin uygun koşullarda yapılması amacıyla, son kullanıcının farklı nedenlerle artık kullanmayacağı ilaçların toplanmasını, taşınmasını ve uygun bertarafını konu alan ilaçta tersine lojistik uygulamaları ele alınmıştır.

2. Yöntem

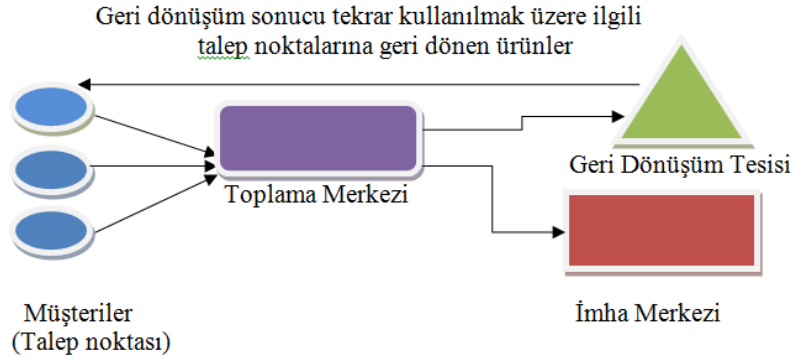
Tersine lojistik ürünlerin yeniden değerlendirilmesi ya da uygun şekilde bertaraf edilmesi amaçlarıyla ulaştıkları son noktadan taşınması süreci olarak tanımlanmaktadır [1].

Zaman içerisinde ortaya çıkan çevre sorunları ve doğadaki kıt kaynakların tükenmeye başlaması ile birlikte işletmeler ve yöneticiler yönetim tarzlarını belirlerken çevresel faktörleri de dikkate almak zorunda kalmışlardır. Tersine Lojistikte ilk toplama merkezlerinin, bölgesel toplama merkezlerinin, ayırıştırma merkezlerinin ve sistemin gerektirdiği diğer tesislerin doğru yerlere yerleştirilmesi, bu tesislerle, müşteriler, üretim tesisleri, bertaraf alanları, hurda pazarı, geri dönüşüm merkezleri arasındaki taşıma kanalı alternatiflerinden doğru seçimlerin yapılması stratejik önem arz etmektedir. Tüm bu faktörleri içeren tersine lojistik kavramı iyi bir planlama ile şirketlere önemli maliyet avantajları kazandırabilecektir.

Maliyet avantajının yanı sıra, müşteri baskısı ve yasal zorunluluklar da tersine lojistik konusunun önem kazanmasını sağlamıştır. Bu noktadan hareketle işletmeler çevreye duyarlı sistemler tasarlamak, atıklarını azaltmak, toplanmasını sağlamak, tehlikelerini en aza indirecek şekilde ağ tasarımları oluşturmak, çevresel riskleri yönetmek ve sosyal sorumluluk bilinciyle hareket etmek istemektedirler. Bu nedenle lojistik sistemlerini ileri ve geri yönde olmak üzere çevreye daha duyarlı bir yapıya dönüştürmeye ve stratejik planlar üzerinde çalışma yapmaya başlamışlardır. Firmaları tersine lojistik çalışmaları ve planlamaları yapmaya iten bazı sebepler vardır. Bunlar:

- Ekonomik faktörler
- Kıt kaynaklar
- Çevreye duyarlı yasalar
- ‘Yeşil ’ imajının önemli bir pazar etiketi haline gelmesi
- Müşteri memnuniyeti
- Hükümetin çevre odaklı programları
- Sosyal sorumluluklar

Literatürde atık yönetimi ya da tehlikeli atık yönetimi çerçevesinde ele alınan geri dönüşüm sonucu bazı parçalarının, bir miktarının ya da tamamının imha edilmesini gerektirecek ürünler de elde edilebilmektedir. Atık yönetim çalışmaları tersine lojistik konusu içerisinde ele alınması gereken faaliyetler olarak değerlendirilmektedir. Böylelikle hem maliyet açısından hem de çevre kirliliğinin korunması açısından faydalar sağlanan çalışmaların elde edilebileceği açıktır. Tersine Lojistik sistemin genel yapısı Şekil 1’de görülmektedir.



Şekil 1. Tersine lojistik sürecinde imha ve geri dönüşüm sistemi

Şekil 1’den de görüleceği gibi atık yönetimi tersine lojistik faaliyetler içinde mutlaka ele alınması gereken bir konudur.

2.1. Atık yönetimi

Atık Yönetimi, hiçbir geri dönüştürme opsiyonu uygulanmadığı durumlarda atıklardan kurtulmak için başvurulan bir yöntemdir. Tersine lojistiğin atık yönetimi faaliyetleri içindeki rolü ve amacı, kullanılmış ya da artık kullanılmayacak ürünlerin toplanmasıyla ürün ya da malzemelerin yeniden kullanılarak atık miktarının minimize edilmesidir. Ancak atıkların her zaman değerlendirilmesi mümkün olamayabilir. Bütün geri dönüştürme yöntemleri, operasyonlara ve bununla ilişkili olarak elden çıkarma maliyetlerine katlanmayı gerektirir. Bu maliyetler yöntem seçimini etkileyen en önemli unsurlardan birini oluşturur. Literatürde çok kez ele alınan konulardan birisi atıkların zararlı olup olmadığıdır. Zararlı atıklar çevreyi daha fazla tehdit ettiğinden zararsız olanlardan daha ciddi bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Atık iyileştirme ve elden çıkarma konusunda uzmanlaşan firmalar bulunmaktadır. Bu firmalara yeniden kullanılamayan ürünler gönderilerek elden çıkarılabilmektedir. Kullanılan iyileştirme yöntemi ve atık tipine göre elden çıkarma maliyeti değişmektedir. Zararlı atıkların elden çıkarılması daha pahalıya mal olmaktadır. Zararsız atıklar yakılarak ya da gömülerek elden çıkarılabilmektedir [2].

Katı atık yönetiminde oluşan maliyetlerin yüzde seksenine yakını, katı atıkların toplanması ve taşınmasıyla ilgilidir. Bu nedenle, atık toplama araçlarının belirlenen amaçlar doğrultusunda tespit edilmiş güzergahlarda hareket etmelerini sağlayacak ve maliyeti minimuma indireyecek rotaların bulunması ve tesis yerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu aşamada iyi planlanmış bir

tersine lojistik ağ tasarımı ve kurulan model minimum maliyeti elde etmede önemli bir yer tutmaktadır. Tehlikeli atık yönetim problemlerinde karar verilecek konular aşağıda belirtildiği şekilde ifade edilebilir:

Toplama merkezleri nereye açılacak?
Ayrıştırma merkezleri nereye açılacak?
Ayrıştırma merkezlerinde hangi teknolojiler olacak?
İmha merkezleri nereye açılacak?

Farklı atıklar hangi rota ile ayrıştırma merkezlerine toplanıp orada ayrıştırması yapıldıktan sonra kalan artıklar hangi rota ile imha merkezlerine götürülecek?

Atık yönetimi çalışmaları kapsamında atık bitkisel yağlar, inşaat atıkları, ambalaj atıkları, tekstil atıkları, inşaat ve tadilat atıkları, elektronik atıklar vb. gibi birçok atık türü ele alınmakla birlikte ilaç atıkları ile ilgili yapılan çalışmalar çok sınırlıdır. Kapsamlı bir ilaç atık yönetim süreci çalışmasının olmadığı görülmüştür.

2.2. İlaç atıklarının imhasının önemi

Ülkemizde ve Dünyada hızla gelişmekte olan bir endüstri olan ilaç endüstrisinin yapı taşı olan ve tedavi amaçlı olarak hastalar tarafından kullanılan ilacın son kullanıcıdan alınıp güvenli bir şekilde imha edilmesi ve geri dönüşüme tabi tutulacak kısmının geri dönüşüme katılması süreci bu çalışmada ele alınacaktır. Tedavi amacıyla alınan ilaçlar hastanın kendi kararıyla kullanımının yeterli olduğunu düşünmesi, doktorun belirli bir süre kullanma önerisinde bulunması, gerekli süre kullanmayıp fayda göremediği düşüncesiyle doktor ve ilaç değiştirmesi, son kullanım tarihinin geçmesi gibi sebeplerle kullanıcısının elinde nasıl bertaraf edileceği hakkında gerekli bilgiye sahip olunamadan kalmaktadır. Aslında tıbbi atık sınıfına giren ilaçların bertaraf şekilleri çok farklılık arz etmektedir. Bu konuda nerdeyse genel bir bilinç eksikliği mevcuttur. Hatta 2007 yılında çıkan bir habere göre ülkemizde yer alan en büyük ilaç firmalarından bir firmanın ilaç atıklarını firma bahçesine varillerle gömmüş olmasının ortaya çıkması bu konudaki bilinç yoksunluğunun boyutlarını gözler önüne sermektedir. Bu gibi çevre katliamlarına bir önlem alabilmek amacıyla 13 Mayıs 2006 tarihinde 2872 sayılı Çevre Kanunu'nda "tehlikeli kimyasallara ilişkin cezalar" ı içeren bir bölüm de yer almıştır.

İlaçlar ve kozmetik ürünlerin atıklarının kanalizasyona karışması ciddi sakıncalar oluşturmaktadır. Kimyasal ürünlerin atıklarının doğayı kirleterek, canlıları olumsuz etkilediğini yapılan araştırmalar arasındadır. Doğal suları kirleten en önemli unsurlardan birinin de ilaç ve kozmetiklerde bulunan "hormonlar" dır. Doğal sularımızdaki mikro kirleticilerden hormonların, sudaki canlıları kısıracına alıp, besin zinciriyle bize ulaşabilme yollarından biri ilaçlardır. Sulara karışan ilaçlar gelecekte ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir.

Avrupa, ABD ve Asya'da incelenen sularda psikiyatrik, analjezik ve antibiyotik türünde ilaç atıkları tespit edilmiştir. Bu kıtalarda 2002'de çevre sularda yapılan analizlerde yüksek oranda ilaç atığı bulunmuştur.

İlaçlardan kalan atıkların idrar, dışkı yoluyla veya duş sırasında suya karışmasıyla canlı organizmalarla etkileşimde bulunmak üzere tasarlanan bu maddeler, sudaki canlıları kısa sürede etkilemekte, bu da ekosistem ve insanlar için potansiyel tehlike oluşturmaktadır.

İnsan vücudunda kullanımından sonra bile hala çevreye zararları söz konusu olabilecek ilaçlar hiç kullanılmadan tüm kimyasal maddeleri üzerinde muhafaza ediliyor bir şekilde bilinçsizce atıldığında doğurabileceği sonuçları düşünabiliyor muyuz? Çöplere atılan ilaçlar yağmur sularıyla birlikte yer altı sularına karışabilmekte ve bu da çevre ve insan sağlığını ciddi oranda tehdit etmektedir. Suya karışan ilaçların insanları ne şekilde etkileyeceğinin tam olarak belirlenmemiştir ancak su canlıları üzerinde çok önemli etkiler yaratmaktadır. Bu canlılar, 7 gün 24 saat bu bileşiklere maruz kalıyorlar. Özellikle doğum kontrol hapları, hormon tedavilerinde kullanılan dişilik hormonu içeren ilaçlar ve kozmetik ürün atıklarının yüksek oranlarda kanalizasyonlara karışması sudaki organizmalar üzerinde yıkıcı etki yaratmaktadır.

Düşük düzeyde bile olsa bu tür bileşiklerin, su canlıları üzerinde "teşhis edilemeyen", "dikkat çekmeyen", yavaş biriken etkilere neden olabileceğini hatta yeni su canlılarının ortaya çıkmasına yol açabilmektedir. Sudaki kimyasalların, çoğunluğu beş yaşın altında olmak üzere, her yıl iki milyon insanın ölümüne neden olmaktadır.

2.2. İlaç atık yönetim süreci

İlaç atık yönetim sürecinde öncelikle ilaç atıklarının üretildiği noktaların ele alınması gerekmektedir. İlaç atıkları evinde tedavi amacıyla alınan ilaçlar açısından evlerde ve hastanede tedavi etme amacıyla kullanıldığı için de hastanelerde ortaya çıkmaktadır.

Tüm endüstri alanlarında olması gerektiği gibi ilaç endüstrisinde de çevre duyarlılığı ilâcın tasarlanması, sentezlenmesi, üretilmesi, ambalajlanması, tüketiciye ulaşması ve imha edilmesi ya da geri dönüşüme tabi tutulması basamaklarının her birinde göz önünde bulundurulmaktadır.

Bazı ülkelerde ilaçların imha edilmesi konusunda eczane ve sağlık hizmetleri veren kurumların uyguladığı geri alım programları mevcuttur. Tüketiciler bu hizmeti veren en yakın eczaneye ya da sağlık kurumuna başvurarak son kullanma tarihi geçmiş ya da kullanılmayan ilaçların kontrollü bir şekilde imha edilmesini sağlayabilmektedirler.

Sık kullanılan ve erişimi kolay olan Aspirin gibi ilaçların ve kişisel bakım ürünlerinin mümkün olduğunca küçük ve kullanışlı ambalajlarda sunulması, hem ekonomik açıdan hem de geri dönüşüm ve imhada kolaylık sağlayan bir uygulamadır.

Ülkemizde uygulanan Ambalaj ve Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'nde sağlık kuruluşları dışında, evlerde tüketilen farmasötik ürünler ve ilaçların ambalajlarının hastalık etkeni bulaşmış, mikrop (kontamine) olmamaları şartıyla diğer ambalaj atıkları ile birlikte ayrı toplanması gerektiği belirtilmektedir. Tıbbi atık olarak adlandırabileceğimiz kullanılmış tıbbi malzemelerin ayrı olarak toplanıp imha edilmeleri gerekmektedir.

2.2.1. Evlerde ortaya çıkan ilaç atıkları ve elden çıkarılması

İlaç Endüstrisi İşverenler Sendikası (İEİS), TÜİK tarafından açıklanan ve Türkiye'nin tamamını temsil eden 26 ilde yaş, cinsiyet, eğitim durumu, yerleşim yeri (kır-kent) ve sosyoekonomik statüye göre 2.403 kişi üzerinde yüz yüze anket yöntemi ile “İlaç Kullanımında Demografik Özellikler” araştırması yaptırdı. Araştırmanın ilaç kullanımı ve bilinci, kronik hastalıklar, kalıtsal hastalıklar, tedavi yöntemleri başlıklarında ortaya çıkan temel sonuçlar ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Çalışmanın bu kısmında ilaç tüketimindeki boyutları kavrayabilme adına bazı başlıklara yer verilmiştir.

Araştırmaya katılanların büyük kısmı (%66) kullandıkları ilaçları, doktor ya da eczacı ne zaman belirtirse, o zaman bıraktıklarını belirtmektedir. Şikâyetin geçtiğine inandığında ilaç kullanımını bıraktığını belirten kişilerin oranı ise %27,3'tür. Ülkemizde her 10 kişiden yaklaşık 8'i evde bulunan ilaçların son kullanma tarihinin geçip geçmediğini genelde ya da her zaman kontrol ettiğini belirtmişlerdir (%84,7). Bu eğilim, kadınlar arasında daha yaygındır. Araştırmaya katılanların büyük bölümü evlerinde bulunan ilaçları buzdolabında sakladıklarını belirtmektedir.

- Buzdolabında saklayan %64,5
- Dolap/çekmecede saklayan %27,8
- Ecza dolabında saklayan %26,8

Çöplere atılan ilaçlar yağmur sularıyla birlikte yer altı sularına karışabilmekte ve bu da çevre ve insan sağlığını ciddi oranda tehdit etmektedir. Suyu karışan ilaçların insanları ne şekilde etkileyeceğinin tam olarak belirlenmemiştir ancak su canlıları üzerinde çok önemli etkiler yaratmaktadır. Bu canlılar, 7 gün 24 saat bu bileşiklere maruz kalıyorlar. Özellikle doğum kontrol hapları, hormon tedavilerinde kullanılan dişilik hormonu içeren ilaçlar ve kozmetik ürün atıklarının yüksek oranlarda kanalizasyonlara karışması sudaki organizmalar üzerinde yıkıcı etki yaratmaktadır.

Düşük düzeyde bile olsa bu tür bileşiklerin, su canlıları üzerinde “teşhis edilemeyen”, "dikkat çekmeyen", yavaş biriken etkilere neden olabileceğini hatta yeni su canlılarının ortaya çıkmasına yol açabilmektedir. Sudaki kimyasalların, çoğunluğu beş yaşın altında olmak üzere, her yıl iki milyon insanın ölümüne neden olmaktadır.

2.2.1. Hastanelerde ortaya çıkan ilaç atıkları ve elden çıkarılması

Evsel atıklar “SİYAH”, Ambalaj, ilaç ve serum şişesi gibi cam atıklar ise “MAVİ” torbada toplanır. Tıbbi atıklar; ünitelerden kaynaklanan patolojik ve patolojik olmayan, enfekte, kimyasal ve farmasotik atıklar ile kesici – delici malzemeler ile hastalık etkenleri bulaşmış veya bulaşması muhtemel her türlü; insan doku ve organları, idrar kapları, kan veya plasenta bulaşmış atıklar, bakteri kültürleri, intaniye ve acil servis atıkları, bakteri ve virüs tutucu hava filtreleri, kanlı sargı bezleri ve pamuklu bezler ile diğer pansuman ve ameliyat atıkları, ilaç kutuları, dışkı ve bunlara bulaşmış eşyalar, araştırma amacıyla kullanılan deney hayvanlarının leşleri, karantinadaki hastaların atıkları, “KIRMIZI” torbada toplanır. İğne gibi kesici-delici atıklar ise “SARI” EnfekteAtık Kovasına yerleştirilip ağzı kapatıldıktan sonra kırmızı torbaya konulur. Kırmızı

torbalar, 100 mikron kalınlığında(çift kat), 60cm.(en) x 85cm.(boy) ebadında, sızdırmaya dayanıklı, nem geçirmeyen, normal şartlarda yırtılma ve patlamaya karşı dirençli ve orta yoğunluklu polietilenden yapılmıştır. Üzerinde “Uluslararası Klinik Atıklar Amblemi” ve “Tıbbi Atık” ibaresi bulunur. Faaliyetleri sonucu atık oluşumuna neden olan sağlık kuruluşları TIBBİ ATIKLARIN KONTROLÜ YÖNETMELİĞİ’nde de yer almaktadır [3].

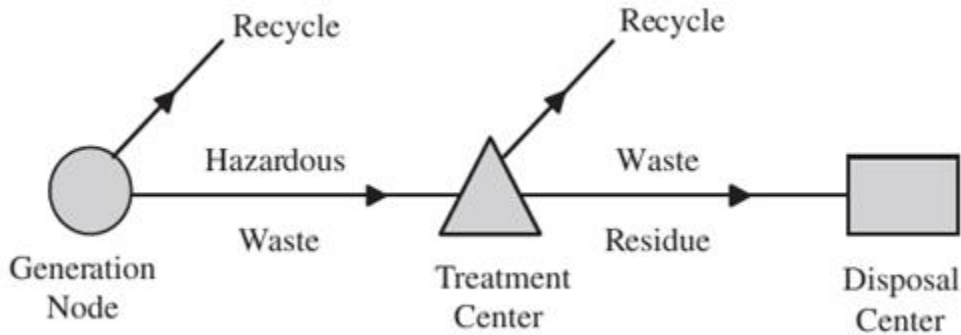
2.3. İlaç atık yönetim sürecinin geri dönüşüme katkısı

Artan ilaç tüketimine bağlı olarak miadı geçen ya da bir yolla bilinçsizce yok edilmeye maruz kalan atık ilaçların toplanmasıyla ilgili çevre ve insan sağlığının bozulmaması gibi çok önemli çalışmaların yanı sıra toplanan ilaçlardan ayrıştırılıp geri dönüşüme katılacak olan cam, karton gibi ambalajlar ve prospektüsler kağıtta geri dönüşüm çalışmalarına büyük katkı sağlayacaktır.

3. İlaç atık yönetim süreci için bir model

İlaç atıklarının yönetim süreci çalışması çerçevesinde tehlikeli atık literatürüne bakıldığında ülkemiz için Alumur ve Kara [4] ve Samanlıoğlu [5] ya ait olan iki model referans model geliştirilmiştir. Bu modellerden hareketle kullanım ömrünü tamamlamamış ilaçlar için yeniden kullanımında içeren yeni bir model önerilmiştir. Bu modelin çözülmesiyle maliyet açısından, çevreye duyarlılık açısından ve kıt kaynakların yeniden kullanılması açısından önemli katkılar oratayacakacağı değerlendirilmektedir. Her iki çalışmada da yer alan modeller incelenmiş ve kurulması planlanan modelin benzer yönleri ve yenilikleri ifade edilmiştir.

Alumur ve Kara [4]nın çalışmalarında kullandıkları sistemi Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Tehlikeli Atık Yönetim Sistemi

Çalışmada Tehlikeli Atık Yönetiminin (TAY) çerçevesi şu şekilde çizilmiştir;

Tehlikeli atıkların toplanmasıyla başlar, geri dönüştürülemeyecek atıklar uygun ayrıştırma yöntemleri kullanılarak ayrıştırma yapmak üzere ayrıştırma merkezlerine gelir. Ayrıştırma işleminden sonra geri dönüştürülemeyecekler hali hazırda mevcut olan imha merkezlerine

gönderilir.

Bu çalışmada önerilen Tehlikeli Atık Yer Seçimi Rotalama Probleminde (TAY-RP) aşağıdaki kararlar alınmaktadır:

- 1) Ayrıştırma merkezleri hangi teknolojilerle nereye açılacak?
- 2) İmha merkezleri nereye açılacak?
- 3) Uygun ayrıştırma teknolojilerinin olduğu merkezlere gönderilecek tehlikeli atıkların rotası nasıl olacak?
- 4) İmha merkezlerine gönderilecek atıkların rotası nasıl olacak?

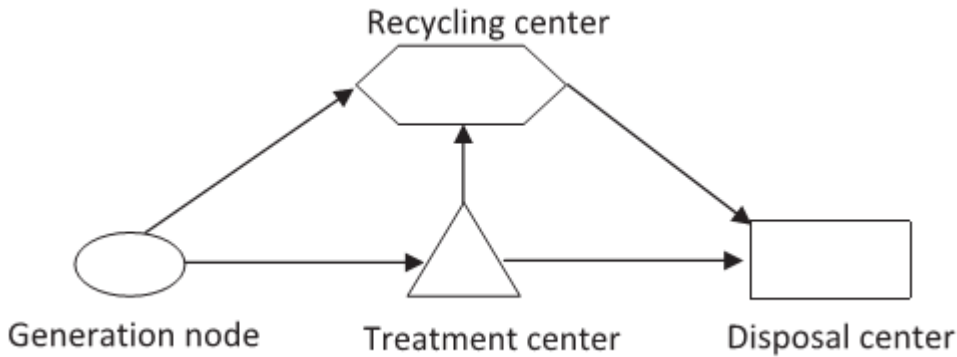
Toplanan tehlikeli atıkların ayrıştırılması ve yeniden kullanılmayan atıkların imhası taşıma ağı gerektirmektedir. Önerilen model toplanan tehlikeli atıklarının tümünü ayrıştırmayı ve toplanan kullanılmış atıkları güvenlik ve maliyet göz önünde bulundurularak imha etmeyi amaçlamaktadır. Modelde;

- Taşıma maliyetleri, ayrıştırma ve imha maliyetleri
- Tehlikeli atık taşınmasındaki çevresel riskler yer almaktadır.

Önerilen model çok amaçlı karışık tam sayılı programlama modelidir. 2 amaç vardır:

1. Toplam maliyet minimum
2. Toplam taşıma riski minimum

Diğer bir çalışma da Samanlıoğlu tarafından yapılan çalışmadır[5].Samanlıoğlu'nun çalışmasında kullandığı sistem Şekil 3 de gösterilmiştir.



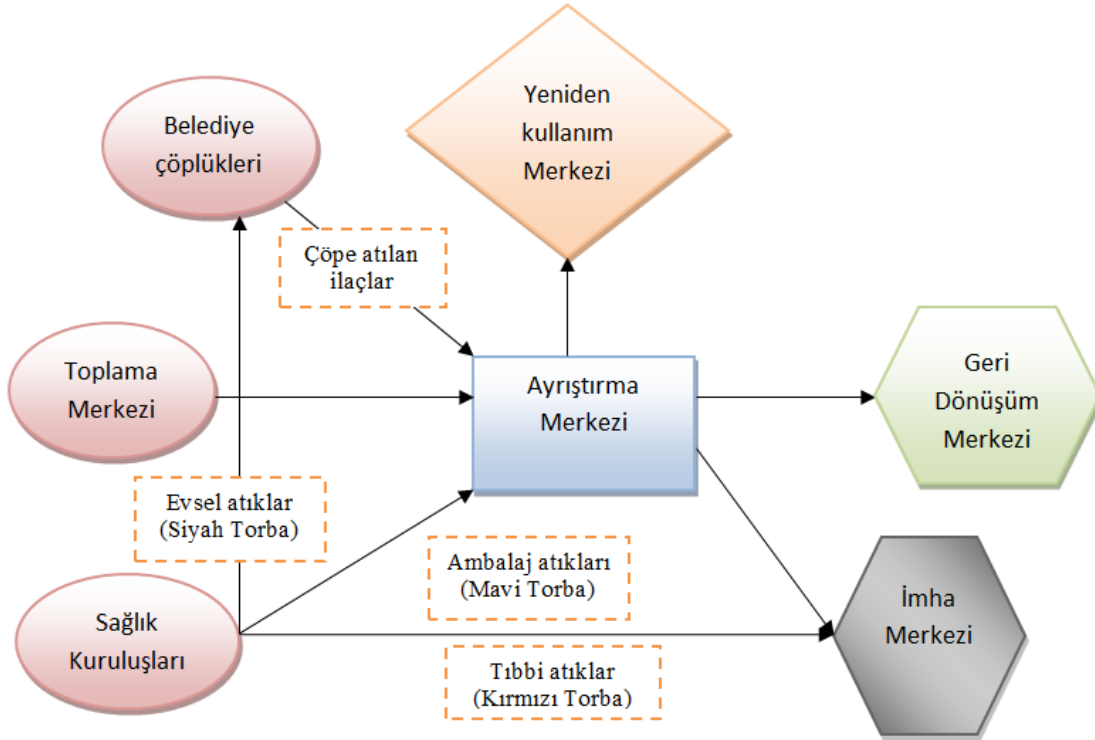
Şekil 3. Tehlikeli Atık Yönetimi Çerçevesi

Bu çalışmada (Alumur ve Kara, 2007) çalışmasına ilaveten geri dönüşüm tesislerinin yerlerinin ve bu tesislere gidecek ve bu tesislerden gönderilecek tehlikeli atıkların rotaları da tanımlanmaktadır. (Alumur ve Kara, 2007) nin çalışmasında yer alan 2 amaç fonksiyonu kriterine ilaveten bu tesislerin yakınında yaşayan nüfusa bağlı ifade edilen ve bölge riski olarak adlandırılan bir riskten söz edilmektedir. Çalışmada diğer benzer model 1 den farklı olarak ayrıca modelin çözümünü bulma metodu farklılığı ortaya çıkmaktadır. Burada

ThelexicographicweightedTchebycheff uygulaması kullanılmıştır. Bu problemin uygun çözümü konveks olmadığı için, desteklenen ve desteklenmeyen tüm çözümlerin bulunması için çebişef ağırlığı gibi bir metot gerekmekte olduğu ifade edilmiştir.

3.3. İlaç atık yönetim süreci için önerilen model

Literatürde geri dönüşümü ve imhayı birlikte ele alan modeller olmasına rağmen yeniden kullanımı da ele alan çalışmalar bulunmamaktadır. Bu çalışmada literatürden farklı olarak geri dönüşümü ve imhaya ek olarak yeniden kullanım merkezleri dikkate alınması önerilmektedir. Ayrıca geri dönüşüm olarak da farklı teknolojiler kullanılacaktır. Örneğin ilaçların ambalajları, şişe, kağıt, plastik olmasına göre farklı teknolojilerle geri dönüşüm sürecine dahil edilecektir. Belediyelerce toplanan çöplerden ilaçlar ayrıştırılacak, ayrıştırılan ilaçlar açılması planlanan ayrıştırma merkezi/merkezlerine gönderilecektir. Sağlık kuruluşlarında atık türlerine göre mevcut sistemde toplandığı şekilde toplanan atık ilaçlar ayrıştırma merkezlerinden sonra geri dönüşüm, imha ve yeniden kullanım merkezlerine gönderilecektir. Eczanelerde ve ecza depolarında kalan ilaçlar yönetmelikler gereği doğrudan alındıkları ilaç firmalarına gönderilmekte, bu firmalarda doğrudan ilaçları imha etmektedir. Bu yüzden önerilen modelde eczanelere ve ecza depolarına yer verilmemiştir. Çalışmada önerilen modelin şekilsel ifadesi Şekil 4’de yer almaktadır.



Şekil 4. İlaç Atıkları Süreci

İlaç atık yönetim süreci için önerilen ve işleyişi Şekil 4’te verilen sistem için planlanan modelde,

tesisler arası taşımaları ve tesislerin sabit açma maliyetlerinin toplamını minimum yapmaktadır. Bu sayede tesislerin nerelere kurulacağı ve taşıma rotalarının nasıl olacağı bulunacaktır. Model tek amaçlı çok aşamalı tam sayılı programlama olarak kurgulanmıştır. Modelde tesislerin sabit açma maliyetleri, tesislerin hangi ilaç atık miktarı sağlandığında açılacağı, ilaç atıklarından geri dönüşüm oranları, tesislerin kapasiteleri, tesislerin birbirlerine uzaklıkları gibi parametreler yer alacaktır.

4. Tartışma

Atık yönetimi çalışmaları kapsamında gerekli önlemlerin ele alınmadığı tesbit edilmiştir. Atık ilaç yönetim süreci, ilaç atıklarının üretilmiş olduğu tüm noktalar göz önüne alınarak ele alınmalıdır. Böyle planlanmış bir sürece yönelik geliştirilecek modelin çözülmesiyle hem maliyet açısından hem çevre açısından önemli faydalar olacağı düşünülmektedir. İlaç atıklarının yanlış bertarafının doğuracağı sorunlar ilgili çalışmalarda detaylarıyla ifade edilmektedir. Ayrıca kıt kaynakların kullanılması açısından son derece faydalı sonuçlar doğuracağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

[1] Rogers, D.S.,Tibben-Lembke, R., Goingbackwards: Reverselogisticstrendsandpractices. ReverseLogisticsExecutiveCouncil, Pittsburgh, PA, 1999; 1-32: 159-185.

[2] French, M.L.,Closedloopsupplychains in processindustries: an exploratorystudyofreusepractices, Doktora tezi, ClemsonUniversity, Clemson, 2002; 12-54.

[3] TIBBİ ATIKLARIN KONTROLÜ YÖNETMELİĞİ, Resmi Gazete, Tarihi: 22.07.2005
Resmi Gazete Sayısı: 25883
<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.9145&sourceXmlSearch=&MevzuatIlski=0>

[4] Alumur, S., Kara, B., A new model on hazardouswastelocation-routing problem, Computersand OR,2007; 34: 1424–1441 (2007).

[5] Samanlıoğlu F., A multi-objective mathematical model for the industrialhazardous waste location-routing problem”, European Journal of Operational Research, 2013; 226, 332–340.