

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**BİR TERSİNE LOJİSTİK FAALİYETİ OLARAK TIBBİ ATIKLARIN
TOPLANMASINDA ARAÇ ROTALAMA UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuba Ezgi ÇAKIR

Enstitü Anabilim Dalı: İşletme

Enstitü Bilim Dalı: Üretim Yönetimi ve Pazarlama

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Bayram TOPAL

AĞUSTOS-2016

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

BİR TERSİNE LOJİSTİK FAALİYETİ OLARAK TIBBİ ATIKLARIN
TOPLANMASINDA ARAÇ ROTALAMA UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuba Ezgi ÇAKIR

Enstitü Anabilim Dalı: İşletme

Enstitü Bilim Dalı: Üretim Yönetimi ve Pazarlama

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Bayram TOPAL

Bu tez 05/08/2016 tarihinde jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	KANAATİ	İMZA
Doç. Dr. Bayram Topal	Basarılı	
Doç. Dr. Mustafa Cahid ENGİN	Basarılı	
Yrd. Doç. Dr. Muharrem DÜĞENÇİ	BASARILI	

BEYAN

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırladığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak belirttiğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Tuba Ezgi ÇAKIR

25 Temmuz 2016



ÖNSÖZ

Bu çalışma süresince kıymetli yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Doç. Dr. Bayram TOPAL' a, katkılarından dolayı Ana Bilim Dalı Başkanım Prof. Dr. Necdet ÖZÇAKAR' a, kaynak ve program desteği sağlayan değerli çalışma arkadaşım Yrd. Doç. Dr. Nihan KABADAYI' ya, beni bugünlere büyük bir emek ve özveriyle getiren babam Oğuz ÇAKIR ve annem Nilgün ÇAKIR' a sonsuz teşekkür ederim.

Tuba Ezgi ÇAKIR

25.07.2016



İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ.....	iii
TABLolar LİSTESİ.....	iv
ÖZET.....	vii
SUMMARY	ix
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM.....	4
TERSİNE LOJİSTİK	4
1.1. Lojistiğin Tanımı ve Kapsamı.....	4
1.2. Lojistiğin Prensipleri	6
1.3. Tersine Lojistik Tanım ve Kapsamı	7
1.4. Tersine Lojistik ile İleri Lojistiğin Karşılaştırılması.....	9
1.5. Tersine Lojistik Faaliyetleri	11
1.6. Atık Yönetimi	15
İKİNCİ BÖLÜM	18
ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ.....	18
2.1. Araç Rotalama Problemi	18
2.3. Clarke & Wright Tasarruf Algoritması	24
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	32
ÖRNEK UYGULAMA	32
3.1. Verilerin Toplanması	32
3.2. Uygulama (Mevcut Toplama Merkezi için Rotalama)	33
3.2.1. Pazartesi	33
3.2.2. Salı	38
3.2.3. Çarşamba.....	43
3.2.4. Perşembe	48
3.2.5. Cuma	53
3.3. Uygulama (Yeni Merkez Önerisi için Rotalama)	59
3.3.1. Pazartesi	60

3.3.2. Salı:	63
3.3.3. Çarşamba:.....	66
3.3.4. Perşembe:	69
3.3.5. Cuma:	72
KAYNAKÇA	79
ÖZGEÇMİŞ.....	83



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 : Lojistik Sistemdeki Akışlar (Jonsson; 2008: 34).....	5
Şekil 2 : Ürün Geri Kazanım Opsiyonları (Thierry vd., 1995: 118).....	14
Şekil 3 : Araç Rotalama Probleminin Gösterimi	18
Şekil 4 : Araç Rotalama Problemi Türleri ve Birbiri İle İlişkisi (Toth ve Vigo' dan aktaran Şahin ve Eroğlu; 2014: 338)	22
Şekil 5 : Araç Rotalama Problemlerinin Çözümünde Kullanılan Yöntemler.....	23
Şekil 6 : Tasarruf Kavramı.....	25
Şekil 7 : Önerilen Rotanın Harita Gösterimi (Pazartesi)	37
Şekil 8 : Önerilen Rotanın Harita Gösterimi (Salı).....	42
Şekil 9 : Önerilen Rotanın Harita Gösterimi (Çarşamba).....	47
Şekil 10 : Önerilen Rotanın Harita Gösterimi (Perşembe)	52
Şekil 11 : Önerilen Rotanın Harita Gösterimi (Cuma)	58
Şekil 12 : Alternatif Merkeze Göre Önerilen Rotanın Harita Gösterimi (Pazartesi)	63
Şekil 13 : Alternatif Merkeze Göre Önerilen Rotanın Harita Gösterimi (Salı)	66
Şekil 14 : Alternatif Merkeze Göre Önerilen Rotanın Harita Gösterimi (Çarşamba)	69
Şekil 15 : Alternatif Merkeze Göre Önerilen Rotanın Harita Gösterimi (Perşembe).....	72
Şekil 16 : Alternatif Merkeze Göre Önerilen Rotanın Harita Gösterimi (Cuma).....	75

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1	: İleri lojistik ile tersine lojistiğin karşılaştırılması (Blumberg; 2005:30-31)	9
Tablo 2	: Tersine ve İleri Lojistik Maliyetlerinin Karşılaştırılması (Tibben-Lembke ve Rogers; 2002: 278).....	11
Tablo 3	: Müşteri Talepleri.....	27
Tablo 4	: Taşımacılık Maliyetleri Matrisi	28
Tablo 5	: Günlük Atık Miktarları (Pazartesi)	33
Tablo 6	: Mesafeler Matrisi (Pazartesi)	34
Tablo 7	: 1. Aracın Mevcut Toplama Rotası (Pazartesi)	35
Tablo 8	: 2. Aracın Mevcut Toplama Rotası (Pazartesi)	35
Tablo 9	: 1. Araç İçin Önerilen Rota (Pazartesi)	36
Tablo 10	: 2. Araç İçin Önerilen Rota (Pazartesi)	36
Tablo 11	: Günlük Atık Miktarları (Salı)	38
Tablo 12	: Mesafeler Matrisi (Salı)	39
Tablo 13	: 1. Aracın Mevcut Toplama Rotası (Salı)	40
Tablo 14	: 2. Aracın Mevcut Toplama Rotası (Salı)	40
Tablo 15	: 1. Araç İçin Önerilen Rota (Salı)	41
Tablo 16	: 2. Araç İçin Önerilen Rota (Salı)	41
Tablo 17	: Günlük Atık Miktarları (Çarşamba).....	43
Tablo 18	: Mesafeler Matrisi (Çarşamba)	44
Tablo 19	: 1. Aracın Mevcut Toplama Rotası (Çarşamba)	45
Tablo 20	: 2. Aracın Mevcut Toplama Rotası (Çarşamba)	45
Tablo 21	: 1. Araç İçin Önerilen Rota (Çarşamba)	46
Tablo 22	: 2. Araç İçin Önerilen Rota (Çarşamba)	46
Tablo 23	: Günlük Atık Miktarları (Perşembe)	48
Tablo 24	: Mesafeler Matrisi (Perşembe).....	49
Tablo 25	: 1. Araç İçin Mevcut Toplama Rotası (Perşembe).....	50
Tablo 26	: 2. Araç İçin Mevcut Toplama Rotası (Perşembe).....	50
Tablo 27	: 1. Araç İçin Önerilen Rota (Perşembe).....	51
Tablo 28	: 2. Araç İçin Önerilen Rota (Perşembe).....	51
Tablo 29	: Günlük Atık Miktarları (Cuma)	53
Tablo 30	: Mesafeler Matrisi (Cuma).....	54
Tablo 31	: 1. Aracın Mevcut Toplama Rotası (Cuma).....	55
Tablo 32	: 2. Aracın Mevcut Toplama Rotası (Cuma).....	55
Tablo 33	: 2. Araç İçin Önerilen Rota (Cuma).....	56
Tablo 34	: 2. Araç İçin Önerilen Rota (Cuma).....	56
Tablo 35	: Alternatif Merkeze Göre Mesafeler Matrisi (Pazartesi)	60
Tablo 36	: Alternatif Merkeze Göre 1. Araç İçin Önerilen Rota (Pazartesi)	61
Tablo 37	: Alternatif Merkeze Göre 2. Araç İçin Önerilen Rota (Pazartesi)	61

Tablo 38	: Alternatif Merkeze Göre Mesafeler Matrisi (Salı).....	63
Tablo 39	: Alternatif Merkeze Göre 1. Araç İçin Önerilen Rota (Salı).....	64
Tablo 40	: Alternatif Merkeze Göre 2. Araç İçin Önerilen Rota (Salı).....	64
Tablo 41	: Alternatif Merkeze Göre Mesafeler Matrisi (Çarşamba).....	66
Tablo 42	: Alternatif Merkeze Göre 1. Araç İçin Önerilen Rota (Çarşamba).....	67
Tablo 43	: Alternatif Merkeze Göre 2. Araç İçin Önerilen Rota (Çarşamba).....	67
Tablo 44	: Alternatif Merkeze Göre Mesafeler Matrisi (Perşembe)	69
Tablo 45	: Alternatif Merkeze Göre 1. Araç İçin Önerilen Rota (Perşembe)	70
Tablo 46	: Alternatif Merkeze Göre 2. Araç İçin Önerilen Rota (Perşembe)	70
Tablo 47	: Alternatif Merkeze Göre Mesafeler Matrisi (Cuma)	72
Tablo 48	: Alternatif Merkeze Göre 1. Araç İçin Önerilen Rota (Cuma)	73
Tablo 49	: Alternatif Merkeze Göre 2. Araç İçin Önerilen Rota (Cuma)	73
Tablo 50	: Karşılaştırma Tablosu	75



RESİMLER LİSTESİ

Resim 1: Uluslar Arası Biyoteknoloji Amblemi.....	17
Resim 2: Tıbbi Atık Aracı	17



Tezin başlığı: Bir Tersine Lojistik Faaliyeti Olarak Tıbbi Atıkların Toplanması Araç Rotalama Uygulaması	
Tezin Yazarı: Tuba Ezgi ÇAKIR	Danışman: Doç. Dr. Bayram TOPAL
Kabul Tarihi: 05.08.2016	Sayfa Sayısı: VIII (ön kısım) + 82 Tez
Anabilim Dalı: İşletme	Bilim Dalı: Üretim Yönetimi ve Pazarlama
Günümüzde endüstriyel faaliyetlerin hızla artması ile nüfusun her geçen gün daha da yoğunlaşması; doğal kaynakların hızla tükenmesine ve beraberinde çevre kirliliğine neden olmaktadır. Yasal düzenlemeler, sosyal sorumluluk, doğal kaynak kıtlığı gibi nedenler çevre baskısının işletme faaliyetleri üzerindeki etkisini hızla arttırmaktadır. Çevreye duyarlı anlayışın hızla yayılması ve gelişmesi, üreticileri ve akademisyenleri tersine lojistik konusu üzerine çalışmaya sevk etmiştir. Tamir, yenileştirme, yeniden üretim, ürün yamyamlaştırma, geri dönüşüm ve atık yönetimi gibi alt faaliyetleri kapsayan tersine lojistik kavramı; malzemelerin ve / veya bilginin tersine akışı anlamına gelir. Buradan yola çıkılarak yapılan çalışmada, tersine lojistiğin kapsamında, tersine lojistik faaliyetlerinden biri olan atık yönetimi incelenmiş ve tıbbi atıkların toplanması konusu ele alınmıştır. Tıbbi atık yönetimi, son günlerde en önemli çevre sorunlarından biri haline gelmiştir. Tıbbi atıkların üretiminden bertarafına kadar, çevreye ve insan sağlığına zarar vermeden, en uygun şekilde toplanması, paketlenmesi, depolanması ve sterilize edilecekleri ve / veya imha edilecekleri noktalara güvenilir bir biçimde taşınmaları gerekmektedir. Bu çalışmada, tıbbi atıkların en doğru ve maliyet etkin bir biçimde taşınması konusu ele alınmıştır. Çalışmada ayrıca, araç rotalama problemi anlatılmış ve Sakarya ilinde faaliyet göstermekte olan, bir tıbbi atık toplama ve sterilizasyon tesisinin verileri kullanılarak yapılan bir çalışmaya yer verilmiştir. Tıbbi atık toplama hizmeti alan sağlık merkezlerinin konumlarından hareketle, merkezlerin birbirlerine olan gerçek uzaklıkları, dijital haritalar üzerinden belirlenerek mesafeler matrisi halinde sunulmuştur. Uygulamada ayrıca, mevcut toplama merkezine alternatif olarak yeni bir toplama merkezi önerilmiştir. Yeni toplama merkezinin belirlenmesinde Ağırlık Merkezi Yöntemi kullanılmış ve tüm rotalamalar bu yeni merkeze göre tekrar yapılarak mevcut durumla karşılaştırılmıştır. Uygulamanın amacı, tıbbi atıkların toplanmasında kullanılan araçların kat edecekleri mesafeyi en küçükleyecek, en uygun rotayı belirlemektir. Uygulamada Kat edilen mesafenin en küçüklenmesi, tıbbi atıkların toplanmasındaki taşımacılık maliyetlerinin de en küçüklenmesini sağlayacaktır.	
Anahtar Kelimeler: Tersine Lojistik, Atık Yönetimi, Araç Rotalama Problemi	



Title of the Thesis: Vehicle Routing Implementation For Medical Waste Collecting As A Reverse Logistic Activity	
Author: Tuba Ezgi ÇAKIR	Supervisor: Assoc. Prof. Bayram TOPAL
Date: 05.08.2016	Nu. of Pages: VIII + 82 Thesis
Department: Business Administration	Subfield: Production Management and Marketing
Rapid proliferation of industrial activities coupled with a steady population growth inevitably lead to the speedy consumption of natural resources and, concomitantly, environmental pollution. Businesses have already started feeling the heat of environmental pressures more acutely due to factors such as strict legal regulations, social responsibility movements and dearth of natural resources. The cultivation and dissemination of pro-environmental attitudes, on the other hand, have caused manufacturers and academics alike to divert more of their attention to reverse logistics. The concept of reverse logistics, which comprises sub-activities such as repair, rejuvenation, reproduction, product cannibalisation, recycling and waste management, refers to the reverse flow of materials and /or information. As such, this study, which primarily focuses on waste management, one of the staple reverse logistics activities, addresses the issue of medical waste collection. Medical waste management has recently become one of the most pressing environmental issues. The collection, packaging and storing of medical waste from their production to their disposal without causing damage to human health and the environment as well as their safe transport to locations for their sterilization and / or annihilation are a matter of great significance. As a corollary to that, the current study addresses the issue of the correct and cost-efficient transport of medical waste. The study also mentions vehicle routing problems and contains a sample application done using data from a medical waste collection and sterilization facility in Sakarya. The actual distance between the centers has been measured – with reference to the location of health centers receiving medical waste collection services – using digital maps and presented in a distance matrix format. In the application section, a new collection center has been recommended as an alternative to the existing one. The Center of Gravity Method has been used when choosing the new collection center and all routes have been rearranged according to the new center's location and compared with the current state of operations in terms of effectiveness. The objective of the application is to find an ideal route that will minimize the distance that needs to be travelled by medical waste collecting vehicles. Minimizing of the travel distance will also help minimize transportation costs of medical waste.	
Keywords: Reverse Logistics, Waste Management, Vehicle Routing Problem	

GİRİŞ

Nüfusun her geçen gün hızla artması ve endüstriyel faaliyetlerin yoğunlaşması, tüketimin de her geçen gün artmasına neden olmaktadır. Nüfustaki bu hızlı artış ve yoğunlaşan endüstriyel faaliyetler, doğal kaynakların hızla yok olmasına ve bunun beraberinde, tüketimden doğan atık miktarlarının artmasına yol açmaktadır. Bu bağlamda; tersine lojistik kavramının ana alt başlıklarından biri olan atık yönetimi konusu, günümüzün en büyük çevre problemlerinden biri olarak her geçen gün daha da önem kazanmaktadır.

Artık istenmeyen, çevre ve insan sağlığı için zarar oluşturan her türlü madde şeklinde tanımlanan atık; evsel atıklar, ticari atıklar, inşaat atıkları, nükleer atıklar, tıbbi atıklar gibi pek çok alt türe ayrılmaktadır.

Atık türleri arasında, insan sağlığını en çok tehdit eden alt türlerden biri şüphesiz, her türlü sağlık hizmetinden kaynaklanan atıklar olan, tıbbi atıklardır. Bu nedenle, tıbbi atıkların doğru yönetimi, toplum sağlığı ve çevre için hayati öneme sahiptir.

Tıbbi atıkların doğru yönetimi; bu atıkların uygun biçimde toplanmasından, taşınmasından; toplanan atıkların doğru biçimde biriktirilip sınıflandırılmasına ve en nihayetinde uygun biçimde imha edilmesine kadar her aşamayı kapsamaktadır.

Artan nüfusun beraberinde getirdiği başka bir problem ise; sınırlı sayıda bulunan doğal kaynakların hızla tükenmesidir. İnsan ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik hemen her faaliyette olduğu gibi, lojistik faaliyetlerde de doğal kaynak kullanımı kaçınılmazdır. Bu durum; işletmeleri, yerel yönetimleri ve bilim insanlarını, kaynak kullanımını en aza indirmek üzerine çalışmaya sevk etmiştir.

Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı; bir tersine lojistik faaliyeti olan tıbbi atıkların toplanması sırasında karşılaşılan çevresel, ekonomik ve yönetsel sorunların tespit edilmesidir. Çalışmanın uygulama kısmında ise; tıbbi atıkların toplanmasında kullanılan rotaların mesafe bazında minimize edilmesi amaçlanmıştır. Uygulamanın bir başka amacı ise; mevcut toplama merkezine alternatif bir merkez olup olmadığının tespit edilmesi, eğer var ise; bu yeni merkeze göre yapılacak yeni rotalamanın, mevcut durumu iyileştirip iyileştirmeyeceğinin belirlenmesidir.

Araştırmanın Önemi

Bu çalışmayı önemli kılan en büyük unsur, günümüzün en büyük çevresel problemlerinden biri olan atık yönetimini ele alıyor oluşudur. Doğal kaynak kullanımının hızla arttığı günümüzde, kaynak kullanımını minimize etmeyi amaçlayan bu çalışmanın, gerek işletmeler gerekse tüketiciler açısından yönlendirici olacağı düşünülmektedir.

Araştırmanın Yöntemi

Bu tez çalışmasının uygulama kısmında, araç rotalama problemlerinin çözümünde sıkça kullanılan sezgisel bir algoritma olan, Clarke-Wright Tasarruf Algoritması kullanılmıştır. Ayrıca; mevcut tıbbi atık toplama merkezine alternatif olarak, yeni bir merkez önerilmesi konusunda, yer seçimi problemlerinde sıkça kullanılan bir yöntem olan Ağırlık Merkezi Yöntemi kullanılmıştır.

Uygulama, Sakarya ilinde faaliyet göstermekte olan bir tıbbi atık toplama ve sterilizasyon tesisinin 5 haftalık toplama verileriyle gerçekleştirilmiştir.

Tezin İçeriği

Bu alışma toplam üç ana bölümden oluşmaktadır.

Çalışmanın giriş bölümünde; araştırmanın amacı, önemi, yöntemi ve tezin içeriğine yer verilmiştir.

Birinci bölümde; ileri lojistik ve tersine lojistiğin tanımı, ileri ve tersine lojistik arasındaki farklar, tersine lojistiğe konu olan faaliyetler ve tersine lojistik faaliyetlerinden biri olan atık yönetimi konusuna değinilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, uygulamanın ana konusu olan Araç Rotalama Problemi, Araç Rotalama Problemlerinde kullanılan kesin zml ve sezgisel yöntemler belirtilmiş ve Araç Rotalama Problemlerinde sıkça kullanılan bir yöntem olan Clarke-Wright Tasarruf Algoritması açıklanmıştır.

nc bölümde ise; Sakarya İlinde faaliyet göstermekte olan bir tıbbi atık toplama ve sterilizasyon merkezinin verileri ile rotalama uygulaması gerçekleştirilmiştir. Uygulama bölümünde ayrıca, mevcut toplama merkezine alternatif olarak, yeni bir toplama merkezi önerilmiş ve bu yeni toplama merkezine göre rotalama tekrardan yapılmıştır. Uygulamanın sonuç bölümünde; rotalama öncesi durum, rotalama sonrası durum ve alternatif toplama merkezine göre yapılan rotalama karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın sonuç ve değerlendirme bölümünde; tüm çalışmanın genel bir değerlendirmesi yapılarak, ileriki çalışmalar için yapılabilecekler tartışılmıştır.

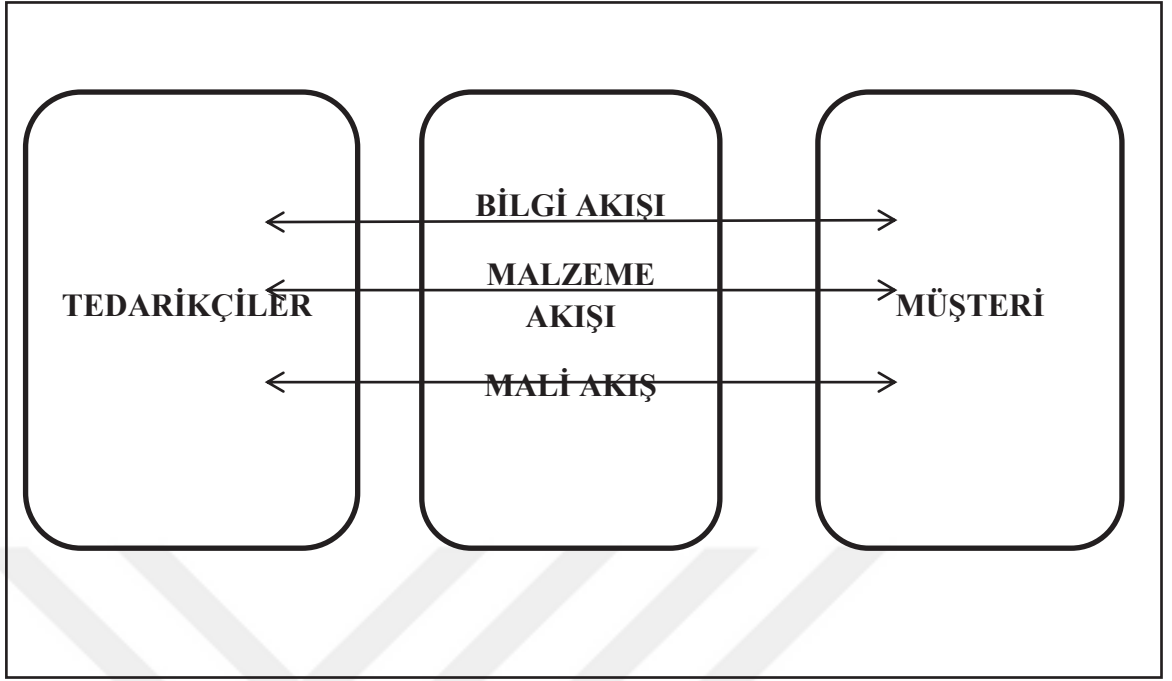
BİRİNCİ BÖLÜM: TERSİNE LOJİSTİK

1.1. Lojistiğin Tanımı ve Kapsamı

Lojistik sözcüğünün dilsel kökenleri ile ilgili olarak yazında çok çeşitli görüşler yer almaktadır. Hesaplama becerisi anlamına gelen Yunanca Logistikos, Roma ve Bizans dönemlerinde bazı subaylara verilen bir ad olan Logista sözcükleri, lojistiğin dilsel kökenleri ile ilgili görüşlerden bazılarıdır. Bu sözcüğün İngiliz diline girişi ise; 19. Yüzyıla rastlar ve bu yıllarda daha çok, birliklerin ve ekipmanların taşınması, konaklaması ve tedariki anlamına gelen askeri bir terim olarak kullanıldığı görülür (Mangan, Lalwani ve Butcher; 2008: 8).

Bazı dil bilimciler lojistik kelimesinin, mantık anlamına gelen “logic” sözcüğü ile istatistik anlamına gelen “statistics” sözcüklerinin bir araya gelmesiyle oluştuğunu savunmakta ve bu bağlamda lojistiğin Türkçe karşılığını “İstatistiksel Mantık” olarak değerlendirmektedirler (Taşkın ve Emel; 2009: 18).

Türk Dil Kurumu’nun Güncel Türkçe Sözlüğü’nde lojistik sözcüğü; kişilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere her türlü ürünün, hizmetin ve bilgi akışının, çıkış noktasından varış noktasına kadar taşınmasının etkili ve verimli bir biçimde planlanması ve uygulanması şeklinde tanımlanmıştır (<http://tdk.gov.tr/>). Tanımda sözü edilen ürünlerin, hizmetlerin ve bilgilerin lojistik sistemdeki akışları Şekil-1’de gösterilmiştir.



Şekil 1: Lojistik Sistemdeki Akışlar (Jonsson; 2008: 34)

Başka bir deyişle lojistik; canlıların varoluşundan bu yana, insanı ilgilendiren tüm faaliyetlerin desteklenmesinde kullanılan, ürün ve/veya hizmetlerin elden çıkarılması veya gerekiyorsa geri gönderilmesi ile sonlanan operasyonların yönetilmesidir (Keskin; 2009: 33).

Lojistik, aslında yeni bir fikir değildir. Piramitlerin inşasından günümüze kadar, malzemelerin ve bilgilerin akışı hayatımızda yer almaktadır. Ancak işletmeler, lojistiğin rekabet avantajı elde etmedeki hayati etkisini, yakın geçmişte fark etmişlerdir (Christopher; 2005: 3). Lojistiğin işletme yönetimlerinde giderek önem kazanmasının nedenleri şu şekilde sıralanabilir (Kobu; 2014: 229):

- 1) Taşıma mesafelerinin ve maliyetlerinin giderek artması.
- 2) Maliyet düşürme amacıyla kullanılan üretim teknolojilerinin giderek doyuma ulaşmasının sonucu olarak, yöneticilerin lojistik maliyetler üzerine yoğunlaşması.
- 3) Tam Zamanında Üretim ve Kanban gibi sistemlerin kullanımının yaygınlaşması.

- 4) Hızla değişen müşteri istek ve beklentilerine paralel olarak ürün çeşitliliğinin artması.
- 5) Teknoloji kullanımının yaygınlaşması ve iletişim sistemlerinin gelişmesi.
- 6) Çevre bilincinin artması sonucu, malzemelerin yeniden kullanımının ve/veya geri dönüşümünün giderek daha da önemli hale gelmesi.
- 7) Çok uluslu şirketlerin sayısının hızla artması.

1.2. Lojistiğin Prensipleri

Lojistiğin prensipleri; kavramsal tanımı ve amaçlarından yola çıkılarak 7 ana başlık altında toplanabilir (Keskin; 2009: 34):

- 1) **Standartlık:** Lojistikle ilgili temel unsurların standardizasyonu ile ilgili bir kavramdır. Küreselleşme sürecindeki lojistik aktörlerin lojistik ile ilgili uygulamalarda, özellikle uluslararası standartları kullanması son derece önemlidir.
- 2) **Ekonomik Olma:** Lojistiğin bu prensibi, en az maliyetle en yüksek faydayı sağlama anlayışına dayanır. Lojistik faaliyetlerin gerek maliyet, gerekse zaman açısından etkin yönetilmesi esastır.
- 3) **Yeterlilik:** Lojistik faaliyetlerin yürütülmesinde, kaynakların yeterlilik seviyesinin korunması ve bu faaliyetler için gereken desteğin sağlanması, lojistik operasyonlar açısından hayati öneme sahiptir.
- 4) **Elastikiyet:** Sürekli değişen durum ve şartlara hızlı ve pratik bir biçimde uyum sağlayabilme prensibi olarak tanımlanabilir.
- 5) **Sadelik:** Lojistiğin her alanında karmaşık oluşumlar yerine, sadeliğin benimsenip uygulanması etkinliği artırır.
- 6) **İzlenebilirlik:** Tüm lojistik operasyonların, sahip olunan tüm teknolojik imkanlarla, gerçekçi ve şeffaf bir biçimde izlenerek, oluşabilecek sorunların önüne geçilebilmesi prensibidir.
- 7) **Koordinasyon:** Tüm lojistik aktörlerin (planlamacılar, uygulayıcılar ve müşteriler) arasında koordinasyonun tam olarak sağlanması prensibidir.

1.3. Tersine Lojistik Tanım ve Kapsamı

Tersine lojistik ile ilgili bilinen ilk tanımlardan birini, Lambert ve Stock 1981 yılında “Tek yönlü bir yolda, yanlış yönde gitmek.” şeklinde yapmıştır. Benzer şekilde 1986’ da Murphy ve 1989’ da Murphy ve Poist tersine lojistiği bir dağıtım kanalında, ürünlerin tüketiciden üreticiye doğru akışı olarak tanımlamışlardır. Ve yine Stock 1998’de, tersine lojistiği; ürün dönüşleri, kaynak azaltımı, geri dönüşüm, malzeme ikamesi, malzemelerin yeniden kullanımı, atıkların bertarafı, ürünlerin tamiri ve yeniden üretimindeki lojistiğin rolü şeklinde tanımlamıştır (Rogers ve Tibben-Lembke; 2001: 129).

Başka bir deyişle tersine lojistik, malın nihai kullanıcıdan satıcıya ve/veya hizmetin hizmet sunucuya geri gelme hareketi olarak tanımlanabilir. Tersine lojistik, istenmeyen malzemelerin geri dönüşümünü veya yeniden satışını sağladığı için “çevreye duyarlı lojistik” olarak da bilinir (Keskin; 2009: 39).

Hu vd. (2002) ise tersine lojistiği; atıkların yeniden kullanımı ya da imhasındaki akışların planlanması, yönetilmesi ve kontrolünü içeren lojistik yönetim süreçleri olarak tanımlamıştır.

Tersine lojistik; geri dönüşüm, yeniden üretim, tamirat ve geri dönüşler için mal, malzeme ve bilginin tüketim noktasından başlangıç noktasına maliyet etkili ve verimli akışının planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesi sürecidir (Kağncıoğlu, 2013: 376).

Lojistik Yönetimi Konseyi (The Council of Logistics Management)lojistiği şöyle tanımlar: “Hammaddelerin, süreç içi stokların, nihai ürünlerin ve ilgili bilgilerin orijin noktasından tüketim noktasına akışının, müşteri gereksinimlerine uygun olarak, etkili ve etkin bir şekilde planlanması, uygulanması ve kontrolü sürecidir.”

Tersine lojistik, yukarıdaki tanımda sözü geçen aktivitelerin tümünü içerir. Farkı, tersine lojistiğin tüm bu aktiviteleri ters faaliyetler olarak kapsamasıdır. Bu nedenle tersine lojistik; hammaddelerin, süreç içi stokların, nihai ürünlerin ve ilgili bilgilerin,

tüketim noktasından orijin noktasına akışının, ürün değerinin korunması ya da uygun şekilde bertarafı amacıyla etkili ve etkin bir şekilde planlanması, uygulanması ve kontrolü sürecidir (Rogers ve Tibben-Lembke; 1998: 2). Bu tanımdan da anlaşılacağı üzere tersine lojistik, ileri lojistikten farklı olarak lojistiğe konu olan faktörlerin tersine akışını (tüketiciden üretim noktasına) kapsar.

Tersine lojistiğin ilk tanımlarından birini gerçekleştiren Stock, 1992 yılında tersine lojistik teriminin çoğunlukla; lojistiğin geri dönüşüm, atık bertarafı ve tehlikeli madde yönetimi rolüyle alakalı olarak kullanıldığını söylemiş ve daha geniş bir perspektiften bakıldığında ise; kaynak azaltımı, geri dönüşüm, materyal ikamesi, malzemelerin yeniden kullanımı ve bertaraf aktivitelerini yürüten tüm lojistik faaliyetleri içerdiğini belirterek tersine lojistiğin kapsamını çizmiştir (Fleischmann; 2000: 6).

Benzer şekilde Rogers ve Tibben-Lembke 1998’ de tersine lojistiğin hasardan kaynaklı ürün geri dönüşlerini, mevsimsel stoku, geri çağırımları, geri dönüşüm programlarını ve zararlı madde programlarını da kapsadığını belirtmişlerdir. (Rogers ve Tibben-Lembke, 1998)

1.4. Tersine Lojistik ile İleri Lojistiğin Karşılaştırılması

İleri ve tersine lojistiğin tanımlarından yola çıkılarak, bu iki kavramı Tablo 1’ de olduğu gibi karşılaştırmak mümkündür.

Tablo 1: İleri lojistik ile tersine lojistiğin karşılaştırılması (Blumberg; 2005:30-31)

İleri Lojistik	Tersine Lojistik
Ürün kalitesi standarttır.	Geri dönen ürünlerin kalitesi standart değildir.
İşlem seçenekleri açıktır.	İşlem seçenekleri açık değildir.
Ürün rotası kesin ve belirlidir.	Ürün rotası belirli değildir.
İleri dağıtım maliyetlerinin belirlenebilirliği daha kolaydır.	Tersine dağıtım maliyetlerinin belirlenebilirliği daha zordur.
Ürün fiyatları kesindir.	Ürün fiyatları kesin değildir.
Stok yönetimi tutarlıdır.	Stok yönetimi tutarlı değildir.
Ürün yaşam çevrimi yönetilebilirdir.	Ürün yaşam çevriminin yönetimi güçtür.
Finansal konular daha açıktır.	Finansal konular açık değildir.
Partiler arası tutarlılık daha açık ve anlaşılırdır.	Partiler arası tutarlılık karmaşıktır.
Hedef pazarın ve müşteri tipinin tanımlanması kolaydır.	Hedef pazar ve müşteri tipinin tanımlanması zordur.
Tüm süreçler daha şeffaftır.	Süreçler daha az şeffaftır.

Bu maddeler sırası ile açıklanacak olursa:

1. İleri lojistikte dağıtımı yapılacak olan ürünlerin kaliteleri standart iken, tersine lojistikte geri dönen ürünlerin her birinin, kaliteleri birbirinden farklı olmaktadır.
2. İleri lojistikte ürünün, hangi süreçlerden geçeceği önceden belirlidir ve bu süreçler, ayrıntılarıyla tanımlanmıştır. Tersine lojistikte ise; geri dönen ürünlerin durumları farklılık gösterdiğinden, bu ürünlerin hangi süreçlerden geçeceği belirsizdir.
3. İleri lojistikte, ürünün izleyeceği rota belli iken, tersine lojistikte geri dönen ürünlerin hangi rotayı takip edeceği belirsizdir.

4. İleri lojistikte süreçlerin ve rotaların önceden biliniyor olması, dağıtım maliyetlerinin de önceden belirlenebilmesini sağlamaktadır. Tersine lojistikte ise; süreçler ve rotalar belirsizdir. Bu nedenle, tersine dağıtım maliyetlerinin önceden belirlenebilmesi oldukça güçtür.
5. Tersine lojistikte, geri dönen ürünlerin durumları değişken olduğundan, ürün fiyatlarının belirlenmesi ve/veya standartlaştırılması neredeyse imkansızdır.
6. Geri dönen ürün miktarlarındaki değişkenlik, tersine lojistikte stok yönetimini güçleştirmektedir.
7. Tersine lojistikte ürünlerin, yaşam çevriminin hangi aşamalarında oldukları önceden belirlenemeyeceğinden, bu çevrimi yönetmek, ileri lojistiğe kıyasla çok daha zordur.
8. Tersine lojistiğin aksine, ileri lojistikte, neredeyse tüm maliyetler önceden hesaplanıp belirlenebilmektedir. Bu nedenle, ileri lojistikte finansal konular çok daha açıktır.
9. İleri lojistikte, dağıtımı yapılacak ürünlerden oluşan partilerin, hacimleri ve türleri önceden bellidir. Tersine lojistikte ise; geri dönecek olan ürünlerin türlerini ve miktarlarını önceden belirlemek mümkün değildir.
10. İleri lojistikte, hedef pazar ve dağıtımın gerçekleştirileceği müşteri kitlesi tanımlanabilirken, tersine lojistikte bunların tanımlanabilmesi son derece zordur.

Tibben-Lembke ve Rogers (2002), tersine lojistik maliyetleri ile ileri lojistik maliyetlerini Tablo 2’ deki gibi karşılaştırmıştır.

Tablo 2: Tersine ve İleri Lojistik Maliyetlerinin Karşılaştırılması (Tibben-Lembke ve Rogers; 2002: 278)

Maliyet Kalemleri	İleri Lojistik ile Karşılaştırılması
Taşımacılık	Daha yüksek.
Stokları elde bulundurma maliyeti	Daha düşük.
Fire	Çok daha az.
Eskime	Daha yüksek olabilir.
Toplama	Çok daha yüksek./Standardizasyon düşük.
Sınıflandırma ve kalite tanımı	Çok daha yüksek.
Dağıtım	Daha yüksek.
Yenileme/ Yeniden Paketleme	Tersine lojistik için geçerli iken; ileri lojistik için yenileme/yeniden paketleme işlemleri söz konusu değildir.

1.5. Tersine Lojistik Faaliyetleri

Tersine lojistik literatürüne bakıldığında pek çok araştırmacının (Thierry vd., 1995; Fleishmann vd., 1997; Fuller ve Allen, 1997; Carter ve Ellram, 1998; Gungor ve Gupta, 1999; Goggin ve Brownie, 2000) aşağıdaki sorulara yanıt aradığı görülür:

- Geri kazanım neden yapılıyor?
- Geri kazanılan nedir?
- Geri kazanım nasıl yapılır?
- Geri kazanımı kim yapar?(De Brito, 2003: 46)

Tersine lojistikte geri dönen ürünün nasıl değerlendirileceği ürünün, tedarik zinciri içerisinde hangi aşamaya tekrar geldiği ile ilgilidir (<http://www.utikad.org.tr/haberler/>). Geri dönen ürün bu aşamaların her birinde farklı bir işlem gerektirir. Bu anlamda en büyük farklılık, ürünün geri kazanım sürecinde gerçekleşir. Tersine lojistikte ürünlerin

geri kazanım opsiyonları beş şekilde gerçekleşir. Aşağıda belirtilen tüm bu geri kazanım opsiyonları; toplama, yeniden işleme ve yeniden dağıtım faaliyetlerini içerir (Thierry ve diğerleri, 1995: 118-119-120).

Tamir: Tamirin amacı, geri dönen kullanılmış ürünü tekrar çalışır duruma getirmektir. Genellikle tamir edilmiş ürünün kalitesi, yeni ürünün kalitesinden daha düşüktür. Ürün tamiri; onarımı ve/veya bozulmuş parçaların değişimini kapsar. Temelde diğer parçalar etkilenebilir. Tamir işlemi genellikle sınırlı ürün demontaj ve montajını gerektirir. Tamir işlemleri müşterinin bulunduğu yerde ya da onarım merkezlerinde yapılabilir.

Yenileştirme: Ürün yenileştirmenin amacı, kullanılmış ürünleri belirlenen kalite seviyesine getirmektir. Ürün yenileştirmede kalite standartları, yeni ürünlere göre daha az sıkıdır.

Ürün yenileştirme işleminde, kullanılmış ürünler modüllerine ayrılır, tüm kritik modüller kontrol edilerek gerektiğinde onarımı ya da değişimi sağlanır. Onaylanan modüller yenilenmiş ürünlere tekrar monte edilir. Ürün yenileştirmede bazen, eski modüllerin ve parçaların teknolojik bakımdan daha üstün olanlarla değiştirilmesi yoluyla ürün geliştirme sağlanır. Ürün yenileştirme işlemi, ürün kalitesini ve ömrünü önemli ölçüde artırır.

Yeniden Üretim: Amacı, kullanılmış ürünleri, yeni ürünlerdeki kalite standartlarına ulaştırmaktır. Bu işlemde kullanılmış ürünler tamamen demonte edilir ve tüm modüller ve parçalar kapsamlı bir şekilde kontrol edilerek, yıpranmış ya da eskimiş parçalar ve modüller yenileriyle değiştirilir. Onarılabilir durumda olan parçalar ve modüller ise, tamir edilerek kapsamlı olarak test edilir.

Yeniden üretim ile teknoloji yükseltme (ürün geliştirme) sağlanabilir.

Ürün Yamyamlaştırma: İlk üç ürün geri kazanım opsiyonunda, kullanılmış ürünlerin büyük bir kısmı yeniden kullanılmaktaydı. Ürün yamyamlaştırmada ise; ürünün sadece küçük bir kısmı yeniden kullanılır. Ürün yamyamlaştırmanın amacı, kullanılmış ürün veya bileşenlerin, kullanılabilir parçalarının geri kazanımını sağlamaktır. Bu parçalar, ürünlerin ve/veya bileşenlerin, tamir, yenileştirme ya da yeniden üretimlerinde tekrar kullanılır.

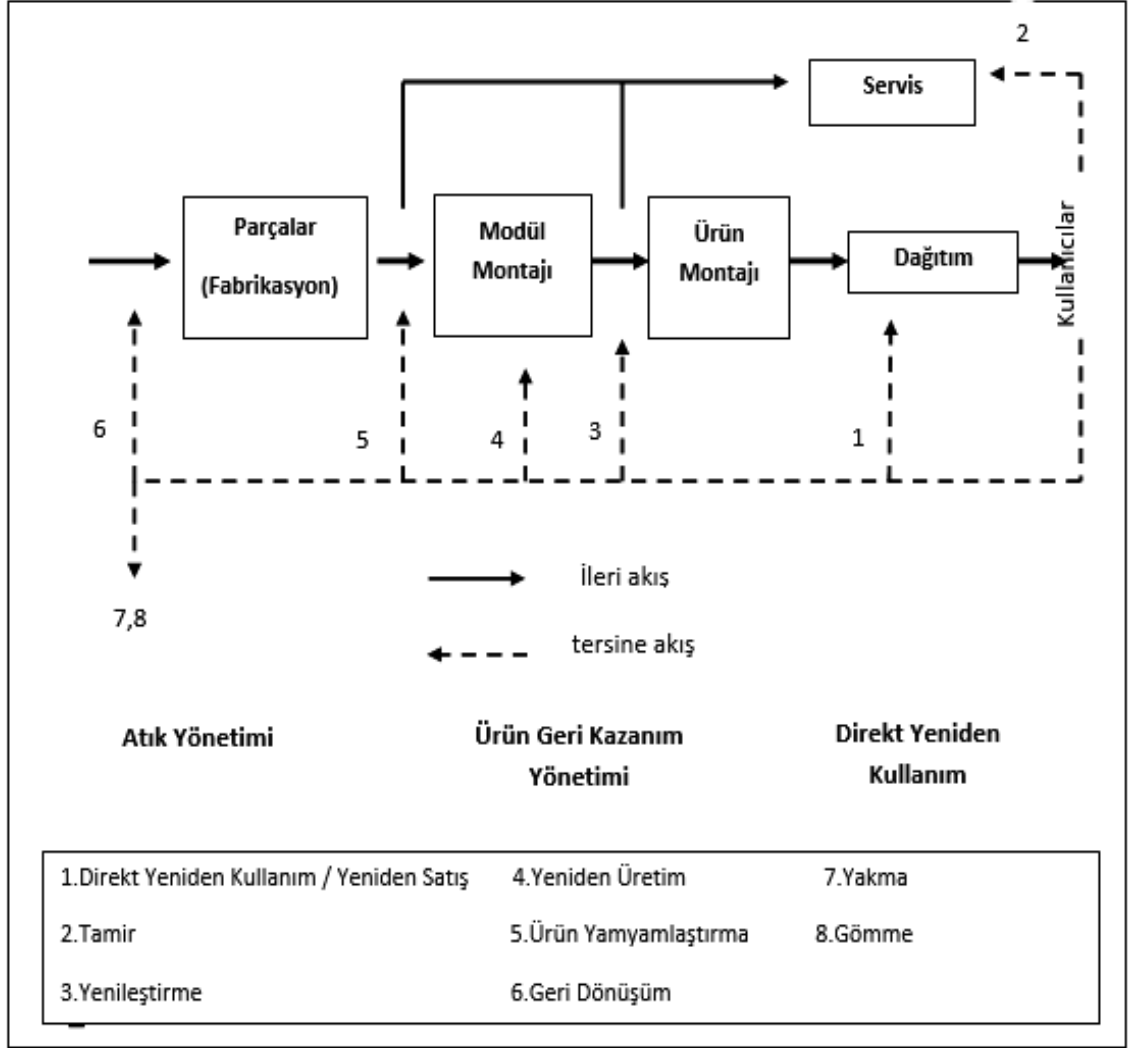
Ürün yamyamlaştırmaya tabi tutulan parçalar için kalite standartları, bu parçaların yeniden kullanım süreçlerine bağlıdır. Örneğin; yeniden üretim için kullanılacak olan parçaların kalite standartlarına uygunluğu, yenileştirme ya da tamir için kullanılacak olan parçaların kalite standartlarına uygunluğundan daha fazla olmalıdır.

Geri Dönüşüm: Daha önce bahsedilen ürün geri kazanım opsiyonlarının hedefi, kullanılmış ürünlerin ve bileşenlerin kimliğini ve fonksiyonlarını mümkün olduğunca korumaktır. Geri dönüşümde ise; ürünlerin ve bileşenlerin kimlikleri ve fonksiyonları kaybolur.

Geri dönüşümün amacı, kullanılmış ürün ve bileşen materyallerinin yeniden kullanılmasıdır. Bu materyaller, kalitelerinin yüksek olması durumunda, orijinal parçaların üretiminde ya da başka diğer parçaların üretiminde kullanılabilir.

Şekil 2, geri kazanım opsiyonlarının tedarik zinciri üzerindeki yerlerini göstermektedir.

Şekil 2: Ürün Geri Kazanım Opsiyonları (Thierry vd., 1995: 118)



1.6. Atık Yönetimi

Atık üretimi, tüketimin doğal bir sonucudur. Öyle ki, yaşamın olduğu hemen her yerde atık oluşumu kaçınılmazdır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı' nın, 2015 yılında Resmi Gazete' de yayımladığı Atık Yönetimi Yönetmeliği' nde atık; "Üreticisi veya fiilen elinde bulunduran gerçek veya tüzel kişi tarafından, çevreye atılan veya bırakılan ya da atılması zorunlu olan herhangi bir madde veya materyal." şeklinde tanımlanmıştır (CSB, 2015). Genel olarak sağlık hizmetlerinden kaynaklanan atıklar ise; tıbbi atıklar olarak bilinmektedir.

Dünya Sağlık Örgütü 2004 yılında yayımladığı bildiride (WHO, 2004) tıbbi atıkların; %15-25' inin bulaşıcı atıklar, %1' inin kesici ve delici atıklar, %1' inin vücut parçalarından kaynaklanan atıklar, %3' ünün kimyasal atıklar ve ilaç atıkları ve %1' den az bir kısmının da radyoaktif atıklar olduğunu açıklamıştır. Görüldüğü gibi, tıbbi atıklarının yalnızca bir kısmı bulaşıcı niteliktedir. Yapılan çalışmalar, hastanelerden çıkan diğer katı atıkların, evsel atıklardan daha az mikroorganizma içerdiğini ve bu nedenle doğru bir atık yönetimiyle, bulaşıcı atıkların asgari seviyeye indirilebileceğini ortaya koymaktadır (Steiner ve Wiegel, 2009: 120). Halk sağlığını ve çevreyi doğrudan etkileyen bu atıkların, uygun biçimde toplanması ve yine uygun biçimde imha edilmesi hayati öneme sahiptir (Abdulla vd., 2008: 451).

Tıbbi atıklar, tehlikeli ve çevreye zararlı atıklar olmaları sebebiyle; üretimleri, taşınmaları, depolanmaları ve bertarafı konusunda özel önlemler gerektirmektedir (Güvez vd., 2012: 41). Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yayımlanan Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği' nin Beşinci Bölümünde tıbbi atıkların bertaraf alanına taşınmasına ilişkin kurallar aşağıdaki gibi sıralanmıştır (COB, 2005):

Tıbbi atıkların;

- a) Emniyetli bir şekilde, etrafa yayılmadan ve sızıntı suları akıtılmadan nihai bertaraf sahasına getirilmesi,
- b) Taşınması sırasında transfer istasyonlarının kullanılmaması,
- c) Taşıma araçlarının günde en az bir kere temizlenmesi ve dezenfekte edilmesi,

- d) Konulduğu kırmızı torbaların patlaması veya başka bir nedenle etrafa yayılması durumlarında derhal temizlenmesi ve dezenfekte edilmesi,
- e) Toplanması ve taşınması için kullanılan araçların başka işlerde kullanılmaması zorunludur.

Tıbbi atık torbaları doğrudan tıbbi atık taşıma aracına yüklenebileceği gibi, tekerlekli/kapaklı plastik veya metal konteynerler içinde de atık taşıma aracına yüklenebilirler. Taşımanın bu şekilde yapılması durumunda konteynerler de günde en az bir kez temizlenir ve dezenfekte edilir.

Benzer şekilde, Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği' nin (COB. 2005) 28. Maddesinde; tıbbi atıkların taşınmasında kullanılan araçların teknik özelliklerine yer verilmiştir. Tıbbi atıkların toplanması ve taşınması için kullanılan araçlarda;

- a) Atıkların yüklendiği kısmın tamamen kapalı yapılması,
- b) Sıkıştırma mekanizmasının bulunmaması,
- c) Şoför mahalli ile atık yükleme kısmı arasında boşluk bulunması,
- d) Atık yükleme kısmının kaza halinde zarar görmemesi için sağlam yapılması,
- e) Atık yükleme kısmının iç yüzeyinin paslanmaz, kolaylıkla temizlenebilen ve dezenfekte edilebilen düzgün yüzeyli olması,
- f) Dik köşeler içermemesi, kesişen yüzeylerin yumuşak yüzeyler ile birbirine birleşmesi,
- g) Sağ, sol ve arka yüzeylerinde görülebilecek uygun büyüklükte ve siyah renkli "Uluslararası Biyotehlike" amblemi (Resim 1) ile siyah harflerle yazılmış "DİKKAT! TIBBİ ATIK" ibaresinin (Resim 2) bulunması,
- h) Dış yüzeyinin turuncu renge boyanması, gerekir.

Resim 1: Uluslar Arası Biyotehlike Amblemi



Resim 2: Tıbbi Atık Aracı



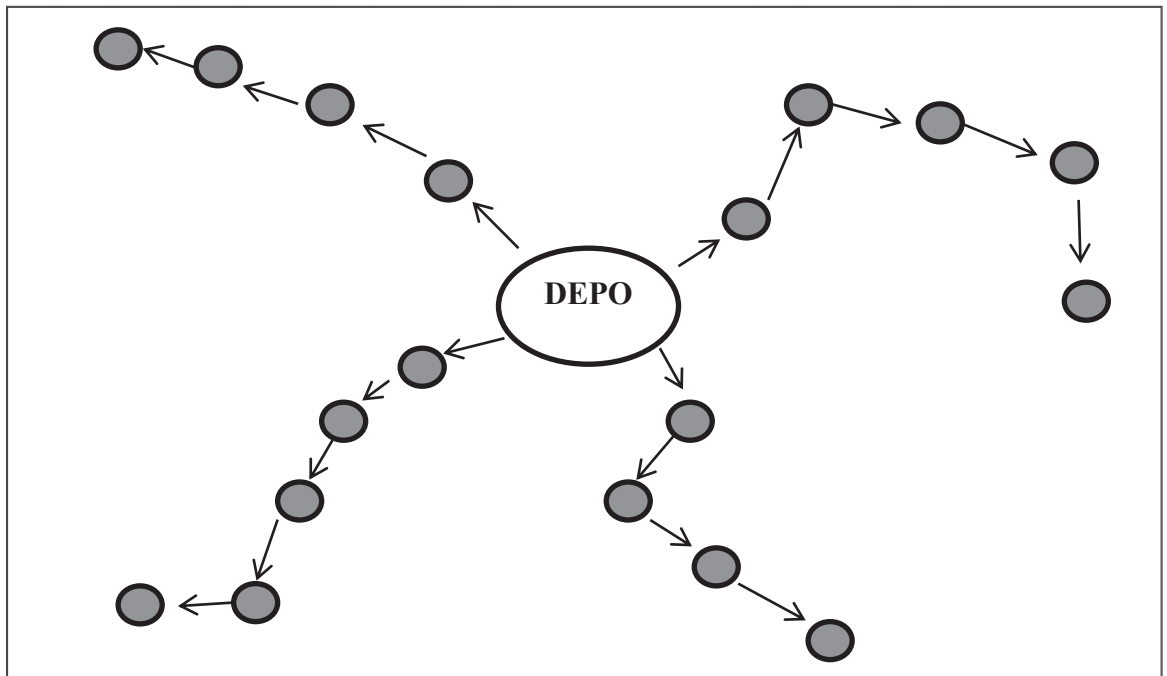
İKİNCİ BÖLÜM: ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ

2.1. Araç Rotalama Problemi

Araç Rotalama Problemi (ARP), ilk olarak Dantzig ve Ramser (1959) tarafından tanımlanmıştır. Dantzig ve Ramser, 1959 yılında yayımlanan bu çalışmalarında, yükleme merkezinden çok sayıdaki dağıtım noktalarına hizmet veren yakıt tankerleri filosu için, optimum rotaları belirlemeye çalışmış ve optimal çözüme yakın sonuçlar elde etmek için, doğrusal programlama temelli bir yöntem geliştirmişlerdir.

Araç Rotalama Problemi; merkezi bir depodan yola çıkarak, her biri farklı yerleşime ve önceden bilinen taleplere sahip olan müşteri setine hizmet sunup, tekrar aynı merkezi depoya geri dönen, eş veya farklı kapasiteli araçlardan oluşan filolar için; seyahat mesafesini en küçükleyecek rotaların belirlenmesi problemi (Çetin ve Gencer, 2010 : 579). Şekil 3 Klasik Araç Rotalama Probleminin gösterimini vermektedir.

Şekil 3: Araç Rotalama Probleminin Gösterimi



Klasik Araç Rotalama Problemi, en yaygın optimizasyon problemlerinden biridir. Araç Rotalama Problemi, gezgin satıcı problemini genelleştirir ve bu nedenle NP-zor sınıfına ait bir optimizasyon problemi olarak bilinir. Klasik Araç Rotalama Problemi' nin matematiksel tanımı ise aşağıdaki gibidir (Cordeau vd., 2007: 368):

$$G = (V, E)$$

$$V = (0, \dots, n) : \text{Düğüm Seti}$$

$$i \in E \setminus \{0\} : \text{Her Biri Pozitif Talebe } (q_i) \text{ Sahip Müşteriler}$$

$$V_0 : \text{Depo}$$

$e \in E = \{ (i, j) : i, j \in V, i < j \}$ ve her düğüm için taşıma maliyeti c_e ya da c_{ij} olmak üzere, her biri özdeş olan, Q kapasiteli m adet araç için;

- Her müşterinin yalnızca bir araç tarafından ziyaret edileceği,
- Her rotanın, başlangıç noktası olan depodan (V_0) başlayıp, yine depoda (V_0) sona ereceği,
- Araç kapasiteleri (Q) aşılmadan, tüm müşteri taleplerinin karşılanacağı,
- Hiçbir rotanın uzunluğunun, önceden belirlenmiş olan sınırları aşmayacağı; toplam taşıma mesafesini, toplam taşımacılık maliyetlerini ve taşıma süresini en küçükleyecek rotaların belirlenmesi problemidir.

Klasik Araç Rotalama Problemi' nin formülasyonu şöyledir (Aktaran: Taşkın ve Emel, 2009: 70-73)

K : Araç Sayısı

n : Talep Noktaları (1'den n ' e kadar olan düğüm setleri)

0 : Merkezi Depo

B_k : K Aracının Kapasitesi

a_i : i . Talep Noktasına Ait Talep Miktarı

c_{ij} : i ve j Noktaları Arasındaki Taşıma Maliyeti olmak üzere;

Karar değişkenleri:

$$Y_{ik} = \begin{cases} 1, \text{ eğer } k \text{ aracı } i \text{ talep noktasına atanırsa} \\ 0, \text{ diğer türlü} \end{cases}$$

$$X_{ik} = \begin{cases} 1, \text{ eğer } k \text{ aracı } i' \text{ den } j' \text{ ye direkt giderse} \\ 0 \text{ diğer türlü} \end{cases}$$

$R(S)$: Araç Sayısı

$a(s)$: Talep Noktalarının Toplam Talebi

N : Talep Noktaları $(1, \dots, n)$

$N(0) = N + \{0\}$,

$S \subseteq N, S = N(0) - S, S \subseteq N(0)$

$R(S) = \lfloor a(S) / b \rfloor = K, a(S) = \sum a_i(\text{araç sayısı formülü})$ $i \in S$ olmak üzere K değeri bir üst değere yuvarlanır.

$X = (X_{01k}, X_{02k}, \dots, X_{0nk}, X_{12k}, \dots, X_{(N-1)nk})$

$X = \{x \mid x = 0 \text{ veya } \sum x_{0ik} = 2K\}$

$i=1$

$x_{ijk} = x_{jik}$ kabul edilir.

Amaç fonksiyonu toplam taşımacılık mesafesinin en küçüklenmesidir:

$\text{Min } \sum \sum_{k=1}^K c_{ij} x_{ij}$

$x \in X$ ve $i, j \in E(N(0))$

Problemin Kısıtları:

Kısıt-1: Her araç başlangıç noktası olan depodan ayrılıp, tekrar depoya geri dönmelidir.

$$\sum_{x=1}^n x_{0ik} = 2K \quad k=1, \dots, K$$

Kısıt-2: Her bir talep noktasına yalnızca bir talep noktasından veya depodan gelinebilir ve yalnızca bir talep noktasına veya depoya gidilebilir.

$$\sum_{j \in N} x_{ijk} = 2y_{ik} \quad i \in N \text{ ve } k=1, \dots, K$$

Kısıt-3: Her bir talep noktasına sadece bir araç atanabilir.

$$\sum_{k=1}^K y_{ik} = 1 \quad i \in N$$

Kısıt-4: Her bir araç, sadece kapasitesinin karşılayabileceği kadar talep noktasını ziyaret edebilir.

$$\sum_{i \in N} a_i y_{ik} \leq b_k \quad k=1, \dots, K$$

Kısıt-5: Problemin ilk çözümünde kullanılmayan bu kısıt, eğer araç depoya geri dönmeden, birkaç talep noktası arasında dolaşıyorsa eklenmektedir.

$$\sum_{i,j \in E(S)} y_{ijk} \leq |S| - 1 \quad k=1, \dots, K \text{ ve } S \subseteq N, |S| \geq 2$$

Kısıt-5' te S, alt turların kaç noktadan oluştuğunu gösterir.

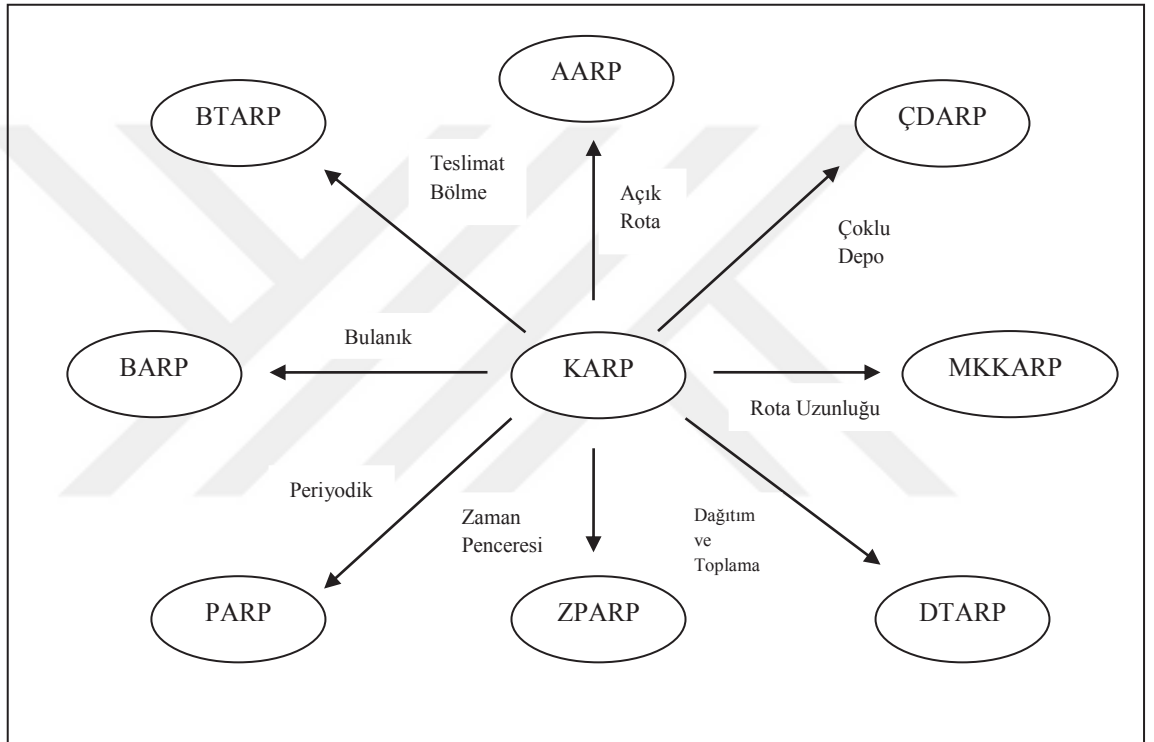
Modelde $x_{ijk} = x_{jik}$ kabul edilir.

2.2. ARP Türleri ve Çözüm Yöntemleri

Temel bileşenleri yollar, araçlar, müşteriler ve depolar olan araç rotalama problemleri, karşılaşılan bazı kısıtlara göre alt dallara ayrılırlar. Bu kısıtlar doğrultusunda, araç rotalama problemlerinin başlıca türleri; Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi (KARP), Mesafe ve Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi (MKKARP), Zaman Pencereli Araç Rotalama Problemi (ZPARP), Karma Kapasiteli Araç Rotalama Problemi (KKARP), Geri Toplamalı Araç Rotalama Problemi (GTARP), Dağıtım ve Toplamalı Araç Rotalama Problemi (DTARP), Çoklu Depoya Sahip Araç Rotalama Problemi (ÇDARP), Bölünmüş Teslimatlı Araç Rotalama Problemi (BTARP), Periyodik Araç Rotalama Problemi (PARP), Belirsiz Talepli Araç Rotalama Problemi

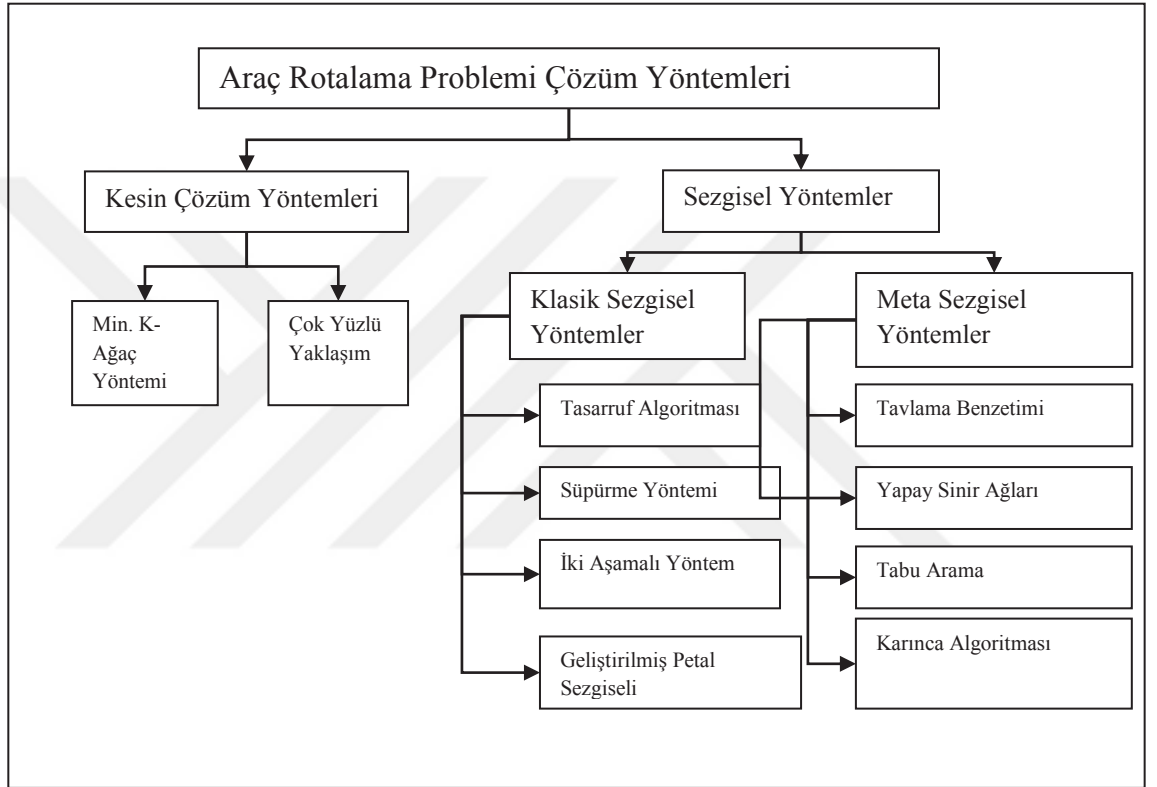
(BTARP), Asimetrik Araç Rotalama Problemi (AARP), Heterojen Filolu Araç Rotalama Problemi (HFARP) ve Bulanık Araç Rotalama Problemi (BARP) şeklinde sayılabilir. Şekil 4, Araç Rotalama Problemlerini ve bu problemlerin birbirleri ile ilişkilerini göstermektedir.

Şekil 4: Araç Rotalama Problemi Türleri ve Birbiri İle İlişkisi (Toth ve Vigo' dan aktaran Şahin ve Eroğlu; 2014: 338)



Araç Rotalama Problemleri için geliştirilen çözüm yöntemleri, optimal sonucu verip vermemesine göre iki ana başlık altında incelenmektedir. Bunlar: Kesin Çözüm Yöntemleri ve Sezgisel Yöntemlerdir. Şekil 5, Araç Rotalama Problemlerinin çözümünde kullanılan yöntemleri göstermektedir (Düzakın ve Demircioğlu, 2009: 73)

Şekil 5: Araç Rotalama Problemlerinin Çözümünde Kullanılan Yöntemler



Bölüm 2.3.' de, çalışmanın uygulama kısmında kullanılan yöntem olan Clarke & Wright Tasarruf Algoritması açıklanacaktır.

2.3. Clarke & Wright Tasarruf Algoritması

Clarke&Wright Tasarruf algoritması (Clarke ve Wright, 1964), G. Clarke ve J. W. Wright tarafından, klasik araç rotalama problemlerine çözüm önerisi olarak, 1964 yılında geliştirilmiştir. Clarke&Wright Algoritması olarak bilinen ve yaygın olarak kullanılan bu sezgisel, ilk yıllarında Wright-Fletcher-Clarke Algoritması ya da Fletcher-Clarke-Wright Algoritması olarak da adlandırılırdı (Unwin, 1968; Knight ve Hofer, 1968; Yellow, 1970' ten aktaran: Rand, 2009: 126).

Clarke&Wright Tasarruf Algoritması, uygulamadaki kolaylığı ve etkin hesaplama hızı nedeniyle, Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemlerinin çözümünde en yaygın olarak kullanılan sezgisel yöntemdir (Pichpibul ve Kawtummachai, 2012: 307-308). Önerildiği 1964 yılından bu yana, uygulamaları sürmekte olan Clarke&Wright, sezgisel bir algoritmadır ve bu nedenle en iyi çözümü garanti edemez. (Pichpibul ve Kawtummachai, 2013: 2).

Diğer tüm sezgiseller gibi, Clarke&Wright da, sonucun kesinliğini ya da kanıtlanabilirliğini hedeflemez. Sezgisel algoritmaların temel amacı, iyiye yakın çözüm yolları elde etmektir. Sezgisel bir method; daima en iyi sonucu bulamayabilir ancak, makul bir süre içerisinde iyi bir sonuç bulmayı garanti eder. (http://mm.iit.uni-miskolc.hu/data/texts/BOOKS/Artificial_Intelligence2/node23.html)

G. Clarke ve J.W. Wright (1964), tasarruf algoritmasını aşağıdaki gibi formüle etmiştir:

X_i : Araç Sayısı

C_i : Kapasite ($i=1 \dots n$)

q_i : Yük

P_j : Dağıtım Noktası ($j=1 \dots M$)

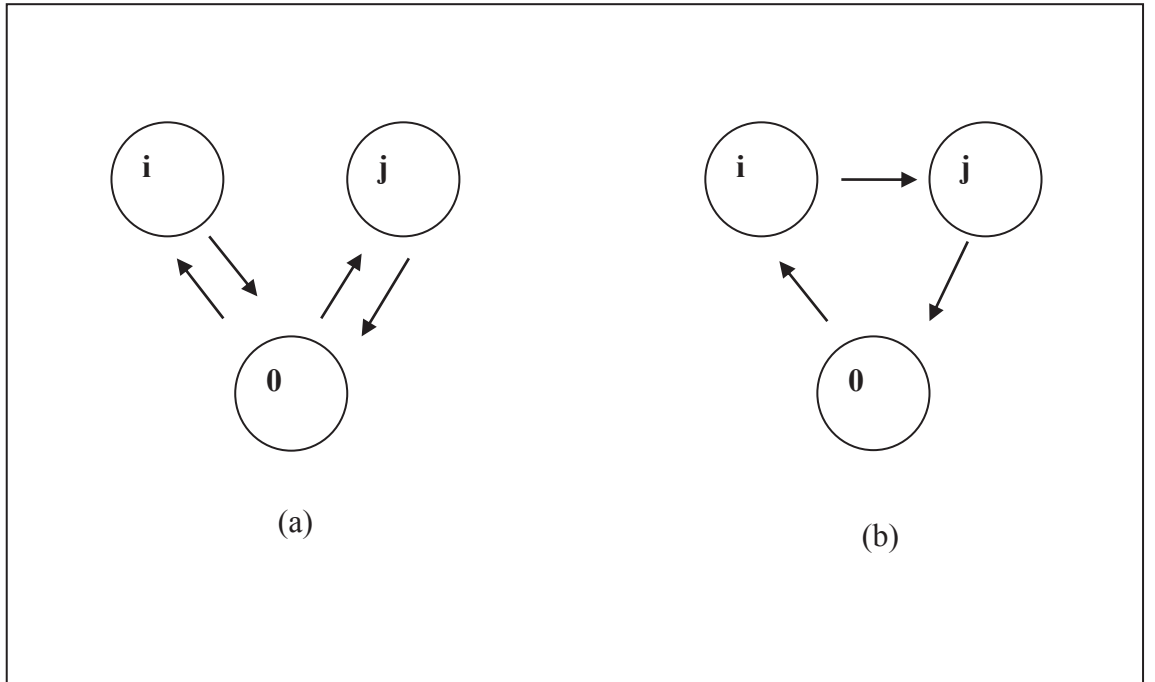
P_0 : Depo

$d_{y,z}$: Verilen İki Nokta Arası Uzaklık olmak üzere;

P_0 depo noktasından, P_j dağıtım noktalarına, uygun kapasiteli ve dağıtım noktalarının gereksinimlerini karşılayacak yükteki X_i adet aracın kat edeceği mesafeyi minimize etmek amaçlanır.

Tasarruf algoritması, sezgisel bir algoritmadır ve bu nedenle araç rotalama problemlerine kesin çözümler sunmaz. Şekil 6' da tasarruf kavramı basitçe gösterilmektedir.

Şekil 6: Tasarruf Kavramı



Şekil 6 (a)' da, i ve j müşterileri ayrı rotalarla ziyaret edilirken; Şekil 6 (b)' de aynı müşterilerin tek bir rotayla ziyaret edildiği görülmektedir. Özetle buradaki tasarruf kavramı, iki ayrı rotanın oluşturacağı taşımacılık maliyetleri ile tek rotanın oluşturacağı taşımacılık maliyetleri arasındaki fark kadardır (Lysgard, 1997):

D_a : Şekil 6 (a)' nın toplam taşımacılık maliyetleri

D_b : Şekil 6 (b)' nin toplam taşımacılık maliyetleri

c_{0i} :Merkezden i müşterisine olan taşımacılık maliyetleri

c_{j0} : Merkezden j müşterisine olan taşımacılık maliyetleri

c_{ij} : i müşterisinden j müşterisine olan taşımacılık maliyetleri

S_{ij} : Tasarruf Miktarı olmak üzere;

$$D_a = c_{0i} + c_{j0} + c_{0j} + c_{j0}$$

$$D_b = c_{0i} + c_{ij} + c_{j0}$$

$$S_{ij} = D_a - D_b = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij}$$

Clarke&Wright, gerek bilgisayar tabanlı çözümlere, gerekse elle yapılan çözümlere elverişli bir sezgisel algoritmadır. Elle yapılacak çözümler için Campbell aşağıdaki adımları önermiş ve bu adımları Örnek 1’ de göstermiştir (www.umsl.edu):

1. Herhangi bir şehir, merkez şehir olarak belirlenir ve k şehri olarak isimlendirilir.
2. Tasarruflar hesaplanır.
3. Tasarruflar en çoktan en aza doğru sıralanır.
4. Tasarruf miktarı en çok olandan başlanarak, aşağıdaki adımlar sırasıyla uygulanır:
 - a) Eğer i ve j şehirlerini birbirine bağlayan uygun bir rota oluşursa, bu bağlantı tura eklenir.
 - b) Listedeki diğer tasarruflar için aynı işlem uygulanır.
5. Tüm şehirler turun içine dahil olduğu zaman işlem sonlandırılır.

Örnek 1: Merkezi bir depodan dağıtımın yapıldığı 8 müşterinin talepleri Tablo 3’ te belirtildiği gibidir:

Tablo 3: Müşteri Talepleri

Müşteri	Talep Miktarı
1	18
2	26
3	11
4	30
5	21
6	16
7	29
8	37

Bu sekiz merkezin birbirlerine ve depoya olan taşımacılık maliyetleri ise Tablo 4' teki matriste verilmiştir:

Tablo 4: Taşımacılık Maliyetleri Matrisi

c_{ij}	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	-	26	15	20	7	25	16	24	29
1		-	15	23	26	33	40	38	54
2			-	24	13	20	27	35	43
3				-	26	42	34	15	39
4					-	18	14	31	32
5						-	25	49	45
6							-	32	20
7								-	30
8									-

Araç kapasitesinin 100 birim olduğu varsayılarak yapılacak olan çözümde en az iki rota oluşacaktır. Merkezler arasında oluşan tasarruf miktarları aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$s_{12} = 26 = 26 + 15 - 15 \quad (c_{10} + c_{02} - c_{12} = c_{01} + c_{02} - c_{12})$$

$$s_{13} = 23 = 26 + 20 - 23 \quad (c_{10} + c_{03} - c_{13} = c_{01} + c_{03} - c_{13})$$

$$s_{14} = 7 = 26 + 7 - 26 \quad (c_{10} + c_{04} - c_{14} = c_{01} + c_{04} - c_{14})$$

$$s_{15} = 18 = 26 + 25 - 33 \quad (c_{10} + c_{05} - c_{15} = c_{01} + c_{05} - c_{15})$$

$$s_{16} = 2 = 26 + 16 - 40 \quad (c_{10} + c_{06} - c_{16} = c_{01} + c_{06} - c_{16})$$

$$s_{17} = 12 = 26 + 24 - 38 \quad (c_{10} + c_{07} - c_{17} = c_{01} + c_{07} - c_{17})$$

$$s_{18} = 1 = 26 + 29 - 54 \quad (c_{10} + c_{08} - c_{18} = c_{01} + c_{08} - c_{18})$$

$$s_{23} = 11 = 15 + 20 - 24 \quad (c_{20} + c_{03} - c_{23} = c_{02} + c_{03} - c_{23})$$

$$s_{24} = 9 = 15 + 7 - 13 \quad (c_{20} + c_{04} - c_{24} = c_{02} + c_{04} - c_{24})$$

$$s_{25} = 20 = 15 + 25 - 20 \quad (c_{20} + c_{05} - c_{25} = c_{02} + c_{05} - c_{25})$$

$$s_{26} = 4 = 15 + 16 - 27 \quad (c_{20} + c_{06} - c_{26} = c_{02} + c_{06} - c_{26})$$

$$\begin{aligned}
s_{27} &= 4 & = 15 + 24 - 35 & (c_{20} + c_{07} - c_{24} = c_{02} + c_{07} - c_{27}) \\
s_{28} &= 1 & = 15 + 29 - 43 & (c_{20} + c_{08} - c_{28} = c_{02} + c_{08} - c_{28}) \\
s_{34} &= 1 & = 20 + 7 - 26 & (c_{30} + c_{04} - c_{34} = c_{03} + c_{04} - c_{34}) \\
s_{35} &= 3 & = 20 + 25 - 42 & (c_{30} + c_{05} - c_{35} = c_{03} + c_{05} - c_{35}) \\
s_{36} &= 2 & = 20 + 16 - 34 & (c_{30} + c_{06} - c_{36} = c_{03} + c_{06} - c_{36}) \\
s_{37} &= 29 & = 20 + 24 - 15 & (c_{30} + c_{07} - c_{37} = c_{03} + c_{07} - c_{37}) \\
s_{38} &= 10 & = 20 + 29 - 39 & (c_{30} + c_{08} - c_{38} = c_{03} + c_{08} - c_{38}) \\
s_{45} &= 14 & = 7 + 25 - 18 & (c_{40} + c_{05} - c_{45} = c_{04} + c_{05} - c_{45}) \\
s_{46} &= 9 & = 7 + 16 - 14 & (c_{40} + c_{06} - c_{46} = c_{04} + c_{06} - c_{46}) \\
s_{47} &= 0 & = 7 + 24 - 31 & (c_{40} + c_{07} - c_{47} = c_{04} + c_{07} - c_{47}) \\
s_{48} &= 4 & = 7 + 29 - 32 & (c_{40} + c_{08} - c_{48} = c_{04} + c_{08} - c_{48}) \\
s_{56} &= 16 & = 25 + 16 - 25 & (c_{50} + c_{06} - c_{56} = c_{05} + c_{06} - c_{56}) \\
s_{57} &= 0 & = 25 + 24 - 49 & (c_{50} + c_{07} - c_{57} = c_{05} + c_{07} - c_{57}) \\
s_{58} &= 9 & = 25 + 29 - 45 & (c_{50} + c_{08} - c_{58} = c_{05} + c_{08} - c_{58}) \\
s_{67} &= 8 & = 16 + 24 - 32 & (c_{60} + c_{07} - c_{67} = c_{06} + c_{07} - c_{67}) \\
s_{68} &= 25 & = 16 + 29 - 20 & (c_{60} + c_{08} - c_{68} = c_{06} + c_{08} - c_{68}) \\
s_{78} &= 23 & = 24 + 29 - 30 & (c_{70} + c_{08} - c_{78} = c_{07} + c_{08} - c_{78})
\end{aligned}$$

Merkezler arasında oluşan bu tasarruf miktarları, büyükten küçüğe doğru sıralanarak, talep miktarları doğrultusunda rotalar oluşturulur. 1 ve 3 numaralı merkezler ile 7 ve 8 numaralı merkezler arasındaki tasarruf miktarları eşit olduğundan, ilk adımda rotaya 1 ve 3 numaralı müşteriler, 7 ve 8 numaralı müşterilerden önce dahil edilir:

s₃₇ 0-3-7-0 Talep=40

s₁₂ 0-3-7-0 Talep=40 , 0-1-2-0 Talep=44

s₆₈ 0-3-7-0 Talep=40 , 0-1-2-0 Talep=44 , 0-6-8-0 Talep=53

s₁₃ 0-2-1-3-7-0 Talep=84 , 0-6-8-0 Talep=53

s₇₈ X

s₂₅ X

s₁₅ X

s₅₆ 0-2-1-3-7-0 Talep=84 , 0-5-6-8-0 Talep=74

s₄₅, s₁₇, s₂₃ X

Oluşturulan bu rotada 4 numaralı müşteri ziyaret edilmediğinden, bu müşteri için ayrıca bir tur oluşturulur:

0-2-1-3-7-0 Talep=84 , 0-5-6-8-0 Talep=74 , 0-4-0 Talep=30

Taşımacılık Maliyeti = 92 + 99 + 14 = 205

İkinci adımda, bu kez 7 ve 8 numaralı müşteriler, 1 ve 3 numaralı müşterilerden önce rotaya dahil edilerek rotalar oluşturulur:

s₃₇ 0-3-7-0 Talep=40

s₁₂ 0-3-7-0 Talep=40 , 0-1-2-0 Talep=44

s₆₈ 0-3-7-0 Talep=40 , 0-1-2-0 Talep=44 , 0-6-8-0 Talep=53

s₇₈ 0-3-7-8-6-0 Talep=93 , 0-1-2-0 Talep=44

s₁₃ X

s₂₅ 0-3-7-8-6-0 Talep=93 , 0-1-2-5-0 Talep=65

s₁₅ X

s₅₆ X

s₄₅ 0-3-7-8-6-0 Talep=93 , 0-1-2-5-4-0 Talep=95

$$\text{Taşımacılık Maliyeti} = 101 + 86 = 187$$

Örnek 1’ deki veri seti ile yapılan çözümde iki ayrı rota oluşmuştur. Ve bu çözüme göre; daha düşük taşımacılık maliyeti veren ikinci rota tercih edilmelidir.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM: ÖRNEK UYGULAMA

3.1.Verilerin Toplanması

Bu çalışmada Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi, Sakarya ve Düzce illerine hizmet vermekte olan, bir tıbbi atık toplama ve sterilizasyon tesisinden alınan, 5 haftalık veriler üzerine uygulanmıştır. İşletmenin mevcut tıbbi atık toplama sistemi ile ilgili bilgiler, işletme kayıtlarından ve işletme yetkililerinden temin edilmiştir. Uygulamanın yapılabilmesi için temin edilen bu bilgiler aşağıda sıralanmıştır:

- Tıbbi atık toplama hizmeti verilen sağlık kuruluşlarının isimleri,
- Hangi sağlık kuruluşundan, hangi miktarda atık toplandığı bilgisi,
- Tıbbi atık toplamada kullanılan araç sayısı,
- Tıbbi atık toplamada kullanılan araçların kapasiteleri,
- Sterilizasyon merkezinin açık adresi,
- Araçların her birinin mevcut tıbbi atık toplama rotası.

Söz konusu işletmeden temin edilen bu veriler doğrultusunda, tıbbi atık toplama hizmeti verilen sağlık kuruluşları ile sterilizasyon merkezinin, dijital haritalar üzerinden matematik konumları alınarak, kuruluşların birbirine ve sterilizasyon merkezine olan gerçek uzaklıkları, yine dijital haritalar üzerinden tespit edilmiştir. Elde edilen bu uzaklıklar, mesafeler matrisi tabloları halinde sunulmuştur. Çalışmada, öklid uzaklıkların yerine, gerçek uzaklıkların kullanılmasının, daha gerçeği yansıtan sonuçlar üretilmesini sağladığı düşünülmektedir.

Tıbbi atık toplama ve sterilizasyon işletmesi, tıbbi atık toplama hizmetini, her biri 223 varil kapasiteli 2 adet araçla gerçekleştirmektedir. Kullanılan variller, özdeş ve 30' ar litre kapasitelidir. Her bir sağlık kuruluşundan toplanan tıbbi atık miktarları, litre ve varil bazında olmak üzere tablolar halinde gösterilmiştir.

3.2. Uygulama (Mevcut Toplama Merkezi için Rotalama)

Uygulamada, bir önceki bölümde anlatılan Clarke&Wright Tasarruf Algoritması adaptasyonlu bir program olan VRP Paket Programı (Snyder, 2003) kullanılarak, işletmeye beş ayrı gün için; beş ayrı yeni rota önerisinde bulunulmuştur.

3.2.1. Pazartesi

Tablo 5’ te, Pazartesi günü ziyaret edilen, sağlık kuruluşlarından toplanan atık miktarları gösterilirken, Tablo 6’ da bu sağlık kuruluşlarının birbirlerine ve sterilizasyon merkezine olan gerçek uzaklıkları, mesafeler matrisi şeklinde gösterilmektedir.

Tablo 5: Günlük Atık Miktarları (Pazartesi)

Sağlık Kuruluşu	Atık Miktarı (litre)	Atık Miktarı (Varil)
A1	391,55	14
A2	206,085	7
A3	1127,705	38
A4	198,135	7
A5	423,97	15
A6	535,655	18
A7	104,085	4
A8	249,965	9
A9	307,12	11
A10	930,475	32
A11	11,25	1
A12	149,5	5
A13	1265,7	43
A14	162,745	6
A15	58,895	2
A16	218,975	8
A17	1831,78	62
A18	196,71	7
Toplam	8370,3	289

Tablo 6 : Mesafeler Matrisi (Pazartesi)

	M	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18
M	0																		
A1	9,6	0																	
A2	9,5	0,12	0																
A3	81,1	74,8	74,7	0															
A4	80,5	74,2	74,2	0,7	0														
A5	79,7	73,4	73,3	0,7	0,8	0													
A6	14,4	23,7	23,7	94,6	95	93,9	0												
A7	81,4	75,1	75	1,6	0,85	1,6	94,6	0											
A8	81	74,7	74,7	1,8	1	1,8	94,3	0,24	0										
A9	83,7	77,4	77,3	5,8	5,3	5,7	96,9	4,3	4	0									
A10	10,7	20	20	90,9	91,4	90,3	5,9	92,2	91,7	95,5	0								
A11	117	110	110	38,9	38,4	38,8	130	37,4	37,1	38,8	125	0							
A12	117	111	111	39	38,5	38,9	130	37,4	37,2	38,9	125	0,3	0						
A13	89	82,7	82,7	11,2	10,7	11,1	102	9,6	9,4	10,9	96,9	36,2	36,3	0					
A14	1,5	9	8,9	79,9	80,3	79,2	14,6	81,1	80,7	84,4	11,2	117	117	88,6	0				
A15	3,1	7,5	7,5	78,4	78,8	77,8	16,3	79,6	79,2	82,9	12,9	115	115	87,2	1,7	0			
A16	3	7,5	7,5	78,4	78,8	77,7	16,3	79,6	79,2	82,9	12,9	115	115	87,2	1,7	0,3	0		
A17	3,8	7	7,1	78,4	78,8	77,7	17,1	79,5	79,2	82,9	13,6	115	115	87,2	2,4	0,75	0,75	0	
A18	0,4	10	10	81	81,4	80,3	14,3	82,2	81,8	85,5	10,9	118	118	89,7	1,4	3,3	3,3	3,6	0

Tablo 7 ve Tablo 8, tıbbi atık toplamada kullanılan araçların, Pazartesi gününe ait mevcut rotalarını gösterirken; Tablo 9 ve Tablo 10, söz konusu araçlar için önerilen, yeni toplama rotasını göstermektedir.

Tablo 7: 1. Aracın Mevcut Toplama Rotası (Pazartesi)

Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	9,6
A1	14	0,12
A2	7	23,7
A6	18	5,9
A10	32	11,2
A14	6	1,7
A16	8	0,75
A17	62	3,6
A18	7	0,4
Toplam	154	56,97

Tablo 8: 2. Aracın Mevcut Toplama Rotası (Pazartesi)

Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	81,1
A3	38	0,7
A4	7	0,8
A5	15	1,6
A7	4	0,24
A8	9	4
A9	11	38,8
A11	1	0,3
A12	5	36,3
A13	43	87,2
A15	2	3,1
Toplam	135	254,14

Tablo 9: 1. Araç İçin Önerilen Rota (Pazartesi)

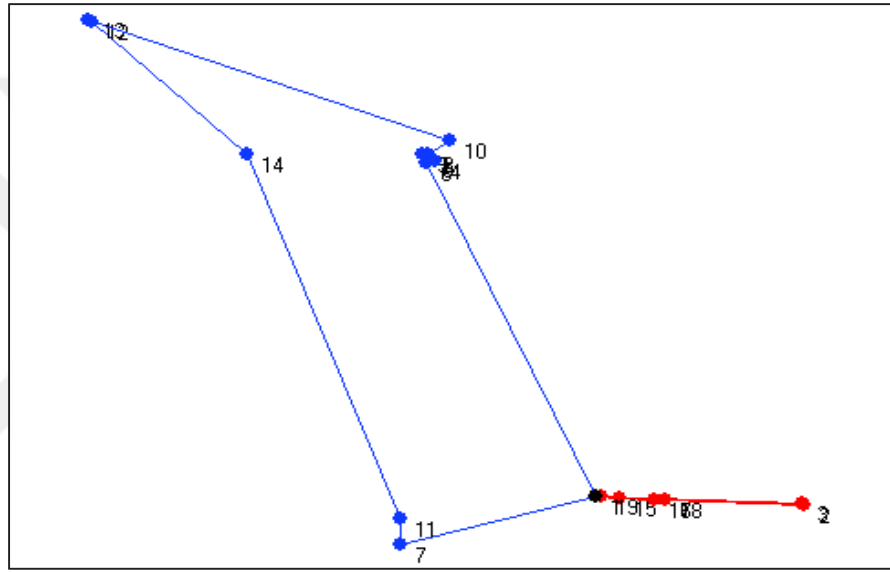
Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	89
A13	43	36,2
A11	1	0,3
A12	5	38,9
A9	11	4,3
A7	4	0,24
A8	9	1
A4	7	0,7
A3	38	0,7
A5	15	73,3
A2	7	0,12
A1	14	7
A17	62	3,6
A18	7	0,4
Toplam	223	255,76

Tablo 10: 2. Araç İçin Önerilen Rota (Pazartesi)

Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	1,5
A14	6	1,7
A16	8	0,3
A15	2	16,3
A6	18	5,9
A10	32	10,7
Toplam	66	36,4

İşletmenin Pazartesi günü ziyaret ettiği sağlık kuruluşları için kullandığı mevcut rotanın uzunluğu **311,11 km**’ dir. Her iki araç için önerilen, yeni rotaların toplam uzunlukları ise; **292,16 km**’ dir. Önerilen bu yeni rota ile Pazartesi günü için **18,95 km**’ lik mesafe tasarrufu elde edilmiştir. İşletmeye önerilen bu yeni rotanın harita gösterimi, Şekil 7’ deki gibidir.

Şekil 7: Önerilen Rotanın Harita Gösterimi (Pazartesi)



3.2.2. Salı

Tablo 11, Salı günü ziyaret edilen sağlık merkezlerinden çıkan atık miktarlarını, litre ve varil bazında gösterirken; Tablo 12, Salı günü ziyaret edilen bu sağlık merkezlerinin, merkezi depoya ve birbirlerine olan, gerçek uzaklıklarını gösteren matrisi vermektedir. Salı gününe ait mevcut rotalar, Tablo 13 ve Tablo 14’ te verilirken; benzer şekilde Tablo 15 ve Tablo 16’ da Salı günü için önerilen rotalar yer almaktadır.

Tablo 11: Günlük Atık Miktarları (Salı)

Sağlık Merkezi	Atık Miktarı (litre)	Atık Miktarı (Varil)
B1	221,085	8
B2	726,285	25
B3	22,81	1
B4	16,185	1
B5	593,25	20
B6	40,08	2
B7	85,13	3
B8	185,22	7
B9	38,315	2
B10	228,09	8
B11	112,24	4
B12	690,115	24
B13	1831,78	62
B14	14,24	1
B15	137,4	5
B16	649,395	22
B17	36,78	2
B18	385,62	13
B19	460,7	16
Toplam	6474,72	226

Tablo 12: Mesafeler Matrisi (Salı)

	M	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19
M	0																			
B1	42,8	0																		
B2	10,7	52,6	0																	
B3	1	43,3	11	0																
B4	1,6	41,5	11,9	2,3	0															
B5	5,4	42	18,7	8	4,4	0														
B6	2,3	42	13	2,5	1,4	5,9	0													
B7	2,8	41,4	12,4	3,8	1	4	0,85	0												
B8	2,5	42,4	13,5	4,2	2,8	2,5	1,1	1,3	0											
B9	1	42,5	12,3	1,4	1	6,6	0,9	0,95	2,9	0										
B10	0,5	42,6	11	0,85	1,2	7,2	1,3	1,1	2,2	0,75	0									
B11	0,95	42,4	12,2	1,4	1,1	7,1	1,2	1	2,1	0,65	1	0								
B12	54,1	96,3	54,9	53,9	56,4	55,5	54,4	54,6	54,7	55,3	53,9	55	0							
B13	3,8	40,1	13,2	5,6	2,8	4,6	2,8	2,7	3,7	3,2	4,6	3,3	57	0						
B14	19,9	62,1	19,9	19,7	22,2	21,3	20,2	20,4	20,5	21,1	19,7	20,8	35,2	22,9	0					
B15	24,6	66,8	25,4	24,4	26,9	26	24,9	25,1	25,2	25,8	24,4	25,5	30,7	27,6	5,1	0				
B16	3,7	41	12,5	4,4	2,6	6,1	3,9	3,8	5,2	3,2	4,1	3,3	58,8	2,8	24,9	29,4	0			
B17	2,9	41,5	12,5	3,9	1,9	4	1,8	1,7	3,1	2,2	3,6	2,3	56	2,1	22	26,6	3,6	0		
B18	5,7	43,2	11,6	6	5	8,5	6,3	6,2	7,6	5,6	6,7	5,7	57,9	5,3	23,9	28,5	3,5	4,5	0	
B19	33,9	13,1	43,3	35,7	32,9	33	32,8	32,7	33,3	33,2	34,6	33,3	87,3	30,8	53,3	57,8	33	31	35,4	0

Tablo 13: 1. Aracın Mevcut Toplama Rotası (Salı)

Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	42,8
B1	8	42,4
B11	4	55
B12	24	35,2
B14	1	5,1
B15	5	24,6
Toplam	42	205,1

Tablo 14: 2. Aracın Mevcut Toplama Rotası (Salı)

Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	10,7
B2	25	11
B3	1	2,3
B4	1	4,4
B5	20	5,9
B6	2	0,85
B7	3	1,3
B8	7	2,9
B9	2	0,75
B10	8	4,6
B13	62	2,8
B16	22	3,6
B17	2	4,5
B18	13	35,4
B19	16	33,9
Toplam	184	124,9

Tablo 15: 1. Araç İçin Önerilen Rota (Salı)

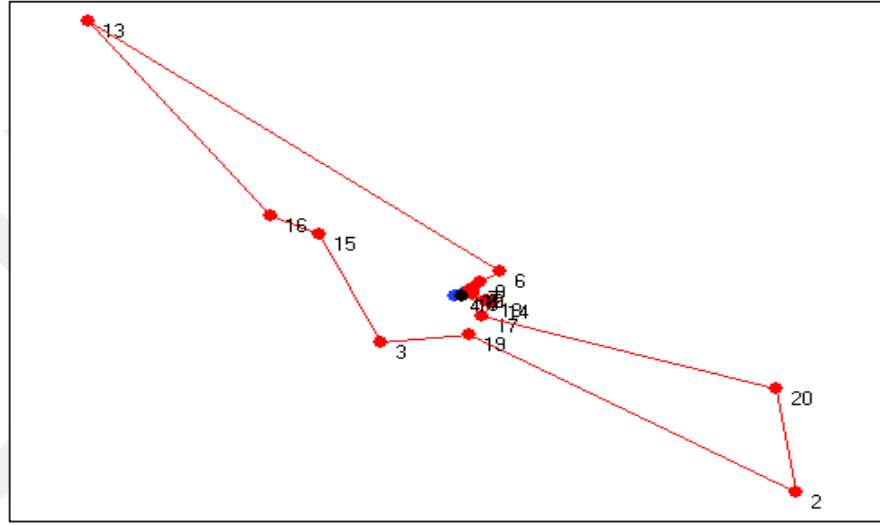
Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	1
B3	1	0,85
B10	8	0,5
Toplam	9	2,35

Tablo 16: 2. Araç İçin Önerilen Rota (Salı)

Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	1,6
B4	1	1,9
B17	2	2,1
B13	62	2,8
B16	22	33
B19	16	13,1
B1	8	43,2
B18	13	11,6
B2	25	19,9
B14	1	35,2
B12	5	55,5
B5	20	2,5
B8	7	1,1
B6	2	0,85
B7	3	0,95
B9	2	0,65
B11	4	25,5
B15	5	24,6
Toplam	217	276,05

İşletmenin Salı günü ziyaret ettiği sağlık kuruluşları için kullandığı mevcut rotanın uzunluğu **330 km**' dir. Her iki araç için önerilen, yeni rotaların toplam uzunlukları ise; **278,4 km**' dir. Önerilen bu yeni rota ile Salı günü için **51,6 km**' lik mesafe tasarrufu elde edilmiştir. İşletmeye önerilen bu yeni rotanın harita gösterimi, Şekil 8' deki gibidir.

Şekil 8: Önerilen Rotanın Harita Gösterimi (Salı)



3.2.3. Çarşamba

Tablo 17, Çarşamba günü ziyaret edilen, sağlık merkezlerinden çıkan günlük atık miktarlarını, litre ve varil bazında göstermektedir. Tablo 18’ de ise; bu sağlık merkezlerinin birbirlerine ve merkezi depoya olan, gerçek uzaklıklarından oluşan mesafeler matrisi verilmiştir.

Tablo 17: Günlük Atık Miktarları (Çarşamba)

Sağlık Merkezi	Atık Miktarı (litre)	Atık Miktarı (Varil)
C1	198,135	7
C2	423,97	15
C3	1127,705	38
C4	4,05	1
C5	12,77	1
C6	1265,7	43
C7	95,15	4
C8	19,165	1
C9	64,605	3
C10	218,975	8
C11	666,43	23
C12	17,53	1
C13	1748,035	59
C14	71,84	3
C15	196,71	7
C16	62,53	3
C17	21,795	1
C18	249,965	9
Toplam	6465,06	227

Tablo 18: Mesafeler Matrisi (Çarşamba)

	M	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
M	0																		
C1	80,5	0																	
C2	79,7	0,8	0																
C3	81,1	0,7	0,7	0															
C4	81,8	1,6	2,3	2,4	0														
C5	78,5	19,3	18,3	18,9	20,2	0													
C6	89	10,7	11,1	11,2	9	28,1	0												
C7	1,5	80,3	79,2	79,9	81,1	78,4	88,6	0											
C8	1,9	80,5	79,4	80,1	81,3	78,6	88,8	1,1	0										
C9	3,1	78,8	77,8	78,4	79,7	77	87,2	1,7	1,7	0									
C10	3,1	78,8	77,7	78,4	79,7	77	87,2	1,7	1,7	0,8	0								
C11	94,6	42,5	42,9	42,9	40,8	55,1	33,1	96,6	96,5	97,2	97,2	0							
C12	97,8	39,5	39,9	40	37,8	52,1	30,1	112	112	110	110	2	0						
C13	3,8	78,8	77,7	78,4	79,7	77	87,2	2,4	2,4	0,75	0,75	98,6	112	0					
C14	0,6	80,8	79,7	80,4	81,7	79	89,2	1,1	1,3	2,8	2,8	96,4	99,5	3	0				
C15	0,4	81,4	80,3	81	82,2	79,5	89,7	1,5	2,6	3,3	3,3	96,1	99,2	3,6	0,5	0			
C16	76,6	13,6	12,5	13,2	14,4	15,7	11	75,2	75,2	73,5	73,5	39,6	37,6	73,5	75,8	76,4	0		
C17	76,6	13,6	12,5	13,2	14,5	15,7	11	75,2	75,2	73,6	73,6	39,5	37,5	73,5	75,9	76,4	0,23	0	
C18	81	1	1,8	1,8	0,9	20,1	9,2	79,6	79,6	77,9	78	39,9	38	77,9	80,3	80,8	14	14	0

Tablo 19 ve Tablo 20’ de, işletmenin, Çarşamba günü ziyaret edeceği sağlık merkezleri için kullanmakta olduğu mevcut rota yer alırken; Tablo 21 ve Tablo 22 söz konusu işletmeye, Çarşamba günü için önerilen rotaları göstermektedir. Önerilen yeni rotaların harita gösterimi ise Şekil 9’ daki gibidir.

Tablo 19: 1. Aracın Mevcut Toplama Rotası (Çarşamba)

Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	80,5
C1	7	0,8
C2	15	0,7
C3	38	2,4
C4	1	20,2
C5	1	28,1
C6	43	33,1
C11	23	2
C12	1	37,6
C16	3	0,23
C17	1	14
C18	9	81
Toplam	142	310,38

Tablo 20: 2. Aracın Mevcut Toplama Rotası (Çarşamba)

Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	1,5
C7	4	1,1
C8	1	1,7
C9	3	0,8
C10	8	0,75
C13	59	3
C14	3	0,5
C15	7	0,4
Toplam	85	9,75

Tablo 21: 1. Araç İçin Önerilen Rota (Çarşamba)

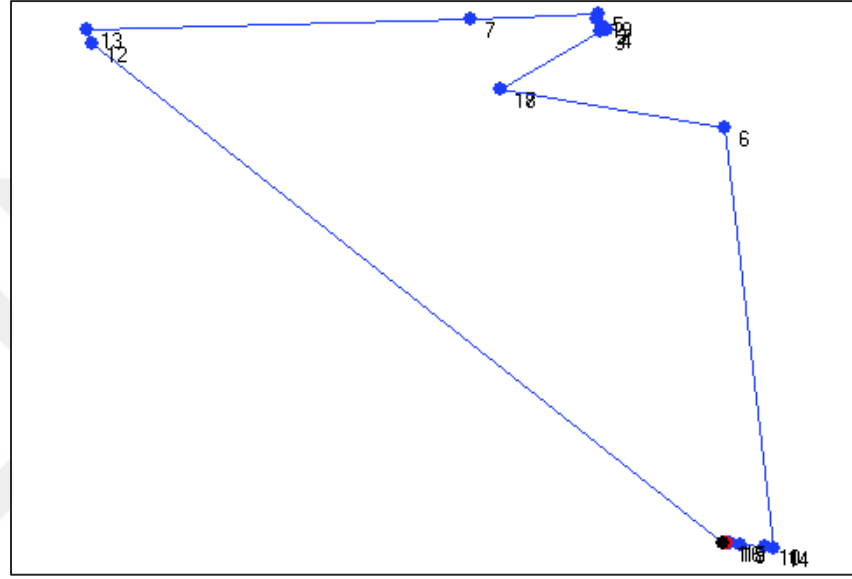
Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	94,6
C11	23	2
C12	1	30,1
C6	43	9
C4	1	0,9
C18	9	1
C1	7	0,7
C3	38	0,7
C2	15	12,5
C16	3	0,23
C17	1	15,7
C5	1	77
C13	59	0,75
C9	3	0,8
C10	8	1,7
C7	4	1,1
C8	1	1,3
C14	3	0,6
Toplam	220	250,68

Tablo 22: 2. Araç İçin Önerilen Rota (Çarşamba)

Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	0,4
C15	7	0,4
Toplam	7	0,8

İşletmenin Çarşamba günü ziyaret ettiği sağlık kuruluşları için kullandığı mevcut rotanın uzunluğu **320,13 km**' dir. Her iki araç için önerilen, yeni rotaların toplam uzunlukları ise; **251,48 km**' dir. Önerilen bu yeni rota ile Çarşamba günü için **68,65 km**' lik mesafe tasarrufu elde edilmiştir.

Şekil 9: Önerilen Rotanın Harita Gösterimi (Çarşamba)



3.2.4. Perşembe

Perşembe günü ziyaret edilen, sağlık merkezlerinden çıkan atık miktarları, litre ve varil bazında olmak üzere Tablo 23’ te verilmiştir. Tablo 24, bu sağlık merkezlerinin, birbirlerine ve merkezi depoya olan, gerçek uzaklıklarını içeren mesafeler matrisinden oluşurken; Tablo 25 ve Tablo 26, işletmenin, bu sağlık merkezlerini ziyaret ederken kullandığı mevcut rotayı göstermektedir. İşletmeye Perşembe günü için önerilen yeni rotalar da; Tablo 27 ve Tablo 28’ deki gibidir.

Tablo 23: Günlük Atık Miktarları (Perşembe)

Sağlık Merkezi	Atık Miktarı (litre)	Atık Miktarı (Varil)
D1	593,25	20
D2	185,22	7
D3	535,655	18
D4	1265,7	43
D5	123,64	5
D6	930,475	32
D7	72,21	3
D8	513,695	18
D9	482,04	17
D10	1748,035	59
D11	13,45	1
D12	17,51	1
D13	206,085	7
D14	391,55	14
D15	27,24	1
Toplam	7105,755	246

Tablo 24: Mesafeler Matrisi (Perşembe)

	M	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
M	0	5,4	4	14,4	89	34,2	10,7	3,5	36,1	31,2	3,8	0,95	25,5	9,6	9,6	13,3
D1	5,4	0	2,5	18,7	84,1	39,6	18,5	7,8	31,1	26,2	4,6	7,1	21,3	8,7	8,7	9,1
D2	4	2,5	0	17,8	84,9	38,8	17,7	6,9	31,9	27	3,7	2,1	22,1	9	9	9,9
D3	14,4	18,7	17,8	0	102	28,4	5,9	14,1	48,2	43,3	16,6	15,6	38,6	22,4	22,4	28,7
D4	89	84,1	84,9	102	0	119	99,7	89,6	45	73,2	87,2	89,6	78,9	82,3	82,4	80,4
D5	34,2	39,6	38,8	28,4	119	0	24,6	34,8	65	60	37,3	34,6	59,8	47,2	47,2	45,4
D6	10,7	18,5	17,7	5,9	99,7	24,6	0	10,7	43,9	39	13,2	12,2	38,7	18,9	19	24,4
D7	3,5	7,8	6,9	14,1	89,6	34,8	10,7	0	38,4	33,3	4,6	3,8	28,6	10,8	10,8	16,4
D8	36,1	31,1	31,9	48,2	45	65	43,9	38,4	0	26,9	33,5	35,3	32,7	38,2	38,2	26,8
D9	31,2	26,2	27	43,3	73,2	60	39	33,3	26,9	0	30,9	33,2	8,4	26	26,1	13,8
D10	3,8	4,6	3,7	16,6	87,2	37,3	13,2	4,6	33,5	30,9	0	3,4	24,5	6,5	6,5	12,3
D11	0,95	7,1	2,1	15,6	89,6	34,6	12,2	3,8	35,3	33,2	3,4	0	26,8	9	9	14,7
D12	25,5	21,3	22,1	38,6	78,9	59,8	38,7	28,6	32,7	8,4	24,5	26,8	0	24,9	24,9	12,6
D13	9,6	8,7	9	22,4	82,3	47,2	18,9	10,8	38,2	26	6,5	9	24,9	0	0,12	13,7
D14	9,6	8,7	9	22,4	82,4	47,2	19	10,8	38,2	26,1	6,5	9	24,9	0,12	0	13,8
D15	13,3	9,1	9,9	28,7	80,4	45,4	24,4	16,4	26,8	13,8	12,3	14,7	12,6	13,7	13,8	0

Tablo 25: 1. Araç İçin Mevcut Toplama Rotası (Perşembe)

Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	4
D2	7	84,9
D4	43	45
D8	18	26,9
D9	17	33,2
D11	1	26,8
D12	1	12,6
D15	1	13,3
Toplam	88	246,7

Tablo 26: 2. Araç İçin Mevcut Toplama Rotası (Perşembe)

Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	5,4
D1	20	18,7
D3	18	28,4
D5	5	24,6
D6	32	10,7
D7	3	4,6
D10	59	6,5
D13	7	0,12
D14	14	9,6
Toplam	158	108,62

Tablo 27: 1. Araç İçin Önerilen Rota (Perşembe)

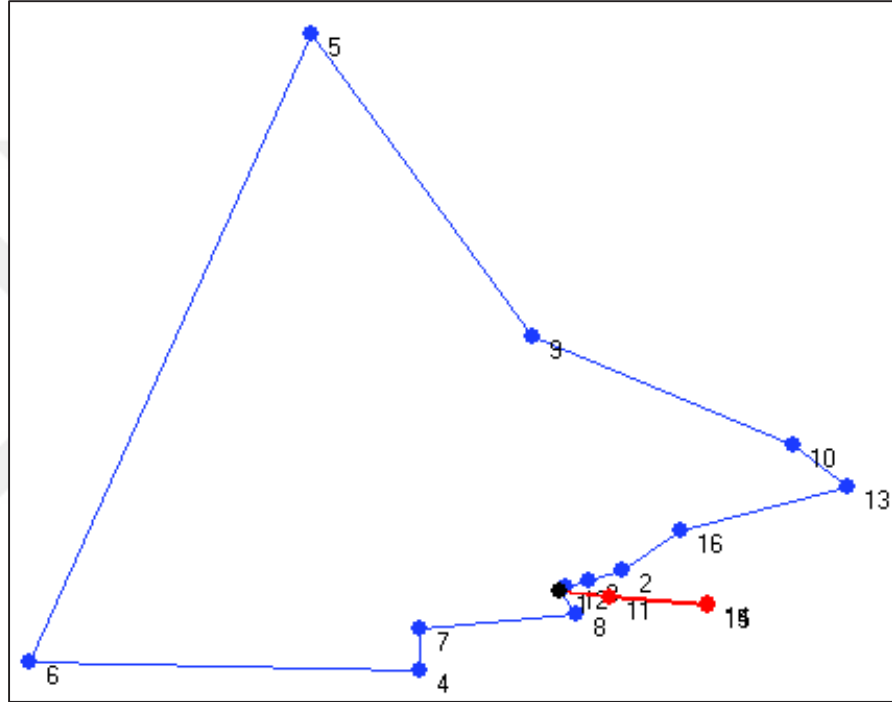
Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	3,5
D7	3	10,7
D6	32	5,9
D3	18	28,4
D5	5	119
D4	43	45
D8	18	26,9
D9	17	8,4
D12	1	12,6
D15	1	9,1
D1	20	2,5
D2	7	2,1
D11	1	0,95
Toplam	166	275,05

Tablo 28: 2. Araç İçin Önerilen Rota (Perşembe)

Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	3,8
D10	59	6,5
D14	14	0,12
D13	7	9,6
Toplam	80	20,02

İşletmenin Perşembe günü ziyaret ettiği sağlık kuruluşları için kullandığı mevcut rotanın uzunluğu **355,32 km**’ dir. Her iki araç için önerilen, yeni rotaların toplam uzunlukları ise; **295,07 km**’ dir. Önerilen bu yeni rota ile Perşembe günü için **60,25 km**’ lik mesafe tasarrufu elde edilmiştir. İşletmeye önerilen bu yeni rotanın harita gösterimi, Şekil 10’ daki gibidir.

Şekil 10: Önerilen Rotanın Harita Gösterimi (Perşembe)



3.2.5. Cuma

Tablo 29; Cuma günü ziyaret edilen sağlık merkezlerinin günlük atık miktarlarını, Tablo 30; bu sağlık merkezlerinin birbirlerine ve merkezi depoya olan gerçek uzaklıklarını veren matrisi, Tablo 31 ve Tablo 32; söz konusu işletmenin, Cuma günü için kullandığı mevcut rotaları ve son olarak Tablo 33 ile Tablo 34; Cuma günü için işletmeye önerilen yeni rotaları göstermektedir.

Tablo 29: Günlük Atık Miktarları (Cuma)

Sağlık Merkezi	Atık Miktarı (litre)	Atık Miktarı (Varil)
E1	307,12	11
E2	593,25	20
E3	24,73	1
E4	93,77	4
E5	84,1	3
E6	64,605	3
E7	218,975	8
E8	36,78	2
E9	16,835	1
E10	910,685	31
E11	1127,705	38
E12	104,085	4
E13	198,135	7
E14	1602,51	54
E15	21,715	1
E16	162,745	6
E17	423,97	15
E18	185,22	7
E19	196,71	7
E20	228,09	8
E21	38,195	2
E22	249,965	9
Toplam	6889,895	242

Tablo 30: Mesafeler Matrisi (Cuma)

	M	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22
M	0																						
E1	83,7	0																					
E2	7,8	81	0																				
E3	33,2	70,9	28,2	0																			
E4	74,4	17	58,9	59,9	0																		
E5	80,6	6,3	75,6	66	10,2	0																	
E6	4,2	82,9	4,2	32,9	71	78,8	0																
E7	4,2	82,9	4,2	32,9	71	78,8	0,8	0															
E8	2,9	84,3	4	31	72,4	80,3	1,9	1,9	0														
E9	0,75	85	6,8	34,9	73	80,9	2,8	2,8	2,4	0													
E10	89	10,9	84,1	74,5	18,6	10,7	86	86	86,2	88,6	0												
E11	81,1	5,5	76,1	66,5	10,7	0,7	78	78	78,2	80,6	11	0											
E12	81,4	4,3	76,4	66,8	11	0,9	78,3	78,3	78,5	80,9	9,3	1,6	0										
E13	80,5	6,2	75,6	66	10,1	0,2	77,5	77,5	77,7	80,1	10,5	0,7	0,85	0									
E14	4,9	82,9	4,6	32,9	71	78,8	0,75	0,75	1	3,4	87,2	78,4	79,6	78,8	0								
E15	1,9	84,6	4,3	34,6	72,6	80,5	2,4	2,4	2	1,3	88,8	80,1	81,3	80,5	2,7	0							
E16	1,5	84,4	4,1	34,4	72,4	80,3	2,2	2,2	1,8	1,4	88,6	79,9	81,1	80,3	2,5	0,7	0						
E17	79,7	6,7	74,7	65,1	9,3	0,8	76,6	76,6	76,8	79,2	11	0,7	1,6	0,8	76,6	78,3	78,3	0					
E18	2,5	85,3	2,5	29,5	73,3	81,2	3,2	3,2	2,7	2	86,2	80,7	82	81,2	3,4	2,4	3	80,1	0				
E19	0,4	85,5	7,3	35,4	73,5	81,4	3,3	3,3	2,9	0,55	89,7	81	82,2	81,4	3,6	2,6	1,5	80,3	2,2	0			
E20	0,5	85,4	7,2	35,4	73,5	81,3	3,3	3,3	2,8	0,5	89,7	80,9	82,1	81,3	3,6	2,5	1,8	80,2	2,2	0,45	0		
E21	0,3	85,5	7,6	32,9	73,6	81,4	3,4	3,4	2,9	0,6	89,8	81	82,2	81,4	3,7	2,6	2,7	80,3	2,3	0,55	0,11	0	
E22	81	4,9	76,1	66,5	10,6	1,1	77,9	78	78,2	80,6	9,2	1,8	0,25	1	77,7	79,4	79,4	1,8	80,5	80,5	80,7	80,6	0



Tablo 31: 1. Aracın Mevcut Toplama Rotası (Cuma)

Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	83,7
E1	11	70,9
E3	1	59,9
E4	4	10,2
E5	3	10,7
E10	31	11
E11	38	1,6
E12	4	0,85
E13	7	0,8
E17	15	1,8
E22	9	81
Toplam	123	332,45

Tablo 32: 2. Aracın Mevcut Toplama Rotası (Cuma)

Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	7,8
E2	20	4,2
E6	3	0,8
E7	8	1,9
E8	2	2,4
E9	1	3,4
E14	54	2,7
E15	1	0,7
E16	6	3
E18	7	2,2
E19	7	0,45
E20	8	0,11
E21	2	0,3
Toplam	119	29,96

Tablo 33: 2. Araç İçin Önerilen Rota (Cuma)

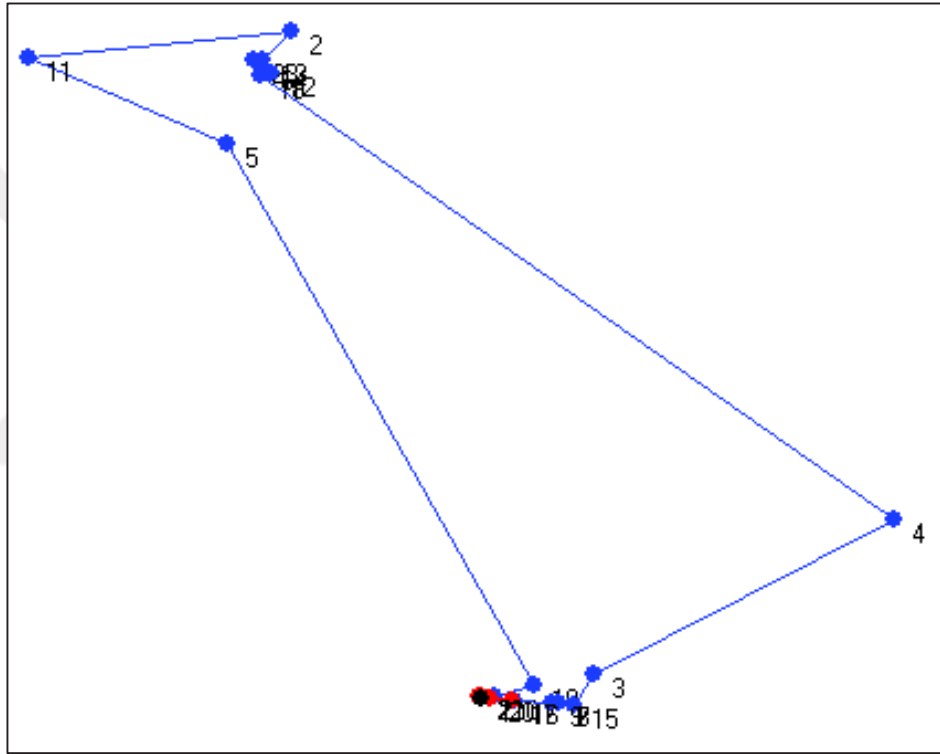
Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	0,75
E9	1	2
E18	7	73,3
E4	4	18,6
E10	31	10,9
E1	11	4,3
E12	4	0,25
E22	9	1,1
E5	3	0,2
E13	7	0,7
E11	38	0,7
E17	15	65,1
E3	1	28,2
E2	20	4,6
E14	54	0,75
E6	3	0,8
E7	8	1,9
E8	2	2
E15	1	1,9
Toplam	219	218,05

Tablo 34: 2. Araç İçin Önerilen Rota (Cuma)

Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	1,5
E16	6	1,5
E19	7	0,45
E20	8	0,11
E21	2	0,3
Toplam	23	3,86

İşletmenin Cuma günü ziyaret ettiği sağlık kuruluşları için kullandığı mevcut rotanın uzunluğu **362,41 km**' dir. Her iki araç için önerilen, yeni rotaların toplam uzunlukları ise; **221,91km**' dir. Önerilen bu yeni rota ile Cuma günü için **140,5 km**' lik mesafe tasarrufu elde edilmiştir. İşletmeye önerilen bu yeni rotanın harita gösterimi, Şekil 11' deki gibidir.

Şekil 11: Önerilen Rotanın Harita Gösterimi (Cuma)



3.3. Uygulama (Yeni Merkez Önerisi için Rotalama)

Uygulamanın bu kısmında, mevcut tıbbi atık toplama merkezine alternatif olarak, yeni bir merkez önerisinde bulunulacak ve bu yeni toplama merkezine göre rotalama tekrar yapılacaktır. Yeni toplama Merkezinin yerinin tespiti için Ağırlık Merkezi Yöntemi (Center-of-GravityMethod) kullanılmıştır.

Ağırlık Merkezi Yöntemi (Center of GravityMethod), kuruluş yeri seçiminde kullanılan, yük ve mesafeyi baz alan, sayısal bir tekniktir. Bu tekniğe göre yeni tesisin koordinatları aşağıdaki formülle hesaplanır (Russel ve Taylor, 1995: 388-389):

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n X_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}, \quad y = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

x,y: Yeni Tesisin Koordinatları

x_i, y_i: Mevcut Tesisin Koordinatları

W_i: i Tesisinden Sevk Edilen Yük Miktarıdır.

Ağırlık Merkezi Yöntemi Metodu, yer seçimi problemlerinde, aranılan noktanın ilk aşamada kabaca tespit edilmesinde kullanılır. Kesin koordinatlar; ulaşım durumu, arsa maliyetleri gibi diğer faktörler göz önüne alınarak belirlenir. Ayrıca bu yöntemin kesin ve değişmez sonuçları garanti etmediği hatırlatılmalıdır (Kobu, 2014: 177).

Ağırlık Merkezi Yöntemi kullanılarak belirlenen alternatif merkezin koordinatları; 40.809552, 30.647868'dir. Ancak yol ve arsa durumu göz önüne alındığında bu merkezin **40.778064, 30.660166** koordinatlarına çekilmesi uygun olacaktır. Bu koordinatlara göre yapılan yeni rotalama 3.3.1 - 3.3.5 kısımlarında, haftanın her günü için ayrı ayrı açıklanacaktır.

3.3.1. Pazartesi

Alternatif toplama merkezine göre, Pazartesi ziyaret edilen sağlık merkezlerinin, birbirlerine ve alternatif merkeze olan, gerçek uzaklıklarından oluşan mesafeler matrisi, Tablo 35’ te verilmiştir. Tablo36 ve Tablo37’ de, alternatif toplama merkezi için önerilen yeni rotalar yer almakta iken; şekil 12, önerilen yeni rotaların harita gösterimini vermektedir.



Tablo 35: Alternatif Merkeze Göre Mesafeler Matrisi (Pazartesi)

	M	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18
M	0																		
A1	27,2	0																	
A2	27,2	0,12	0																
A3	44,4	74,8	74,7	0															
A4	43,8	74,2	74,2	0,7	0														
A5	43	73,4	73,3	0,7	0,8	0													
A6	37,4	23,7	23,7	94,6	95	93,9	0												
A7	44,7	75,1	75	1,6	0,85	1,6	94,6	0											
A8	44,3	74,7	74,7	1,8	1	1,8	94,3	0,24	0										
A9	47	77,4	77,3	5,8	5,3	5,7	96,9	4,3	4	0									
A10	32,8	20	20	90,9	91,4	90,3	5,9	92,2	91,7	95,5	0								
A11	80,1	110	110	38,9	38,4	38,8	130	37,4	37,1	38,8	125	0							
A12	80,2	111	111	39	38,5	38,9	130	37,4	37,2	38,9	125	0,3	0						
A13	52,3	82,7	82,7	11,2	10,7	11,1	102	9,6	9,4	10,9	96,9	36,2	36,3	0					
A14	26,2	9	8,9	79,9	80,3	79,2	14,6	81,1	80,7	84,4	11,2	117	117	88,6	0				
A15	26,4	7,5	7,5	78,4	78,8	77,8	16,3	79,6	79,2	82,9	12,9	115	115	87,2	1,7	0			
A16	26,4	7,5	7,5	78,4	78,8	77,7	16,3	79,6	79,2	82,9	12,9	115	115	87,2	1,7	0,3	0		
A17	26,1	7	7,1	78,4	78,8	77,7	17,1	79,5	79,2	82,9	13,6	115	115	87,2	2,4	0,75	0,75	0	
A18	26,4	10	10	81	81,4	80,3	14,3	82,2	81,8	85,5	10,9	118	118	89,7	1,4	3,3	3,3	3,6	0

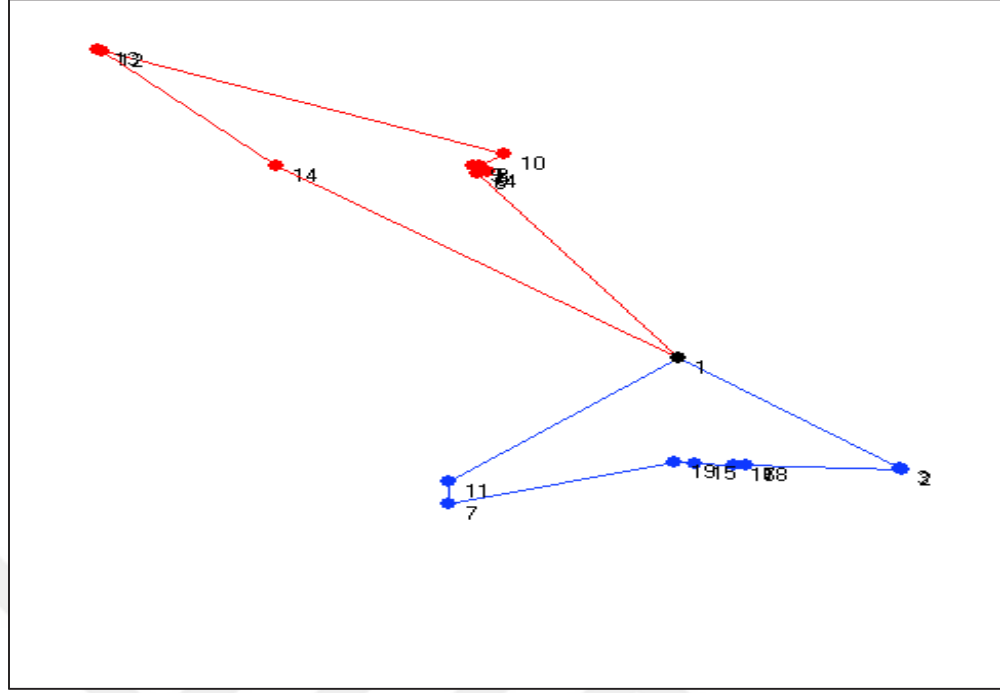
Tablo 36: Alternatif Merkeze Göre 1. Araç İçin Önerilen Rota (Pazartesi)

Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	27,2
A2	7	0,12
A1	14	7
A17	62	0,75
A15	2	0,3
A16	8	1,7
A14	6	1,4
A18	7	14,3
A6	18	5,9
A10	32	32,8
Toplam	156	91,47

Tablo 37: Alternatif Merkeze Göre 2. Araç İçin Önerilen Rota (Pazartesi)

Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	52,3
A13	43	36,2
A11	1	0,3
A12	5	38,9
A9	11	4,3
A7	4	0,24
A8	9	1
A4	7	0,7
A3	38	0,7
A5	15	43
Toplam	133	177,64

Şekil 12: Alternatif Merkeze Göre Önerilen Rotanın Harita Gösterimi (Pazartesi)



3.3.2. Salı:

Alternatif toplama merkezine göre, Salı günü ziyaret edilen sağlık merkezlerinin, birbirlerine ve alternatif merkeze olan, gerçek uzaklıklarından oluşan mesafeler matrisi, Tablo 38’ de verilmiştir. Tablo 39 ve Tablo 40’ ta, alternatif toplama merkezi için önerilen yeni rotalar yer almakta iken; Şekil 13, önerilen yeni rotaların harita gösterimini vermektedir.

Tablo 38: Alternatif Merkeze Göre Mesafeler Matrisi (Salı)

	M	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19
M	0																			
B1	60,6	0																		
B2	32,6	52,6	0																	
B3	24,5	43,3	11	0																
B4	25,4	41,5	11,9	2,3	0															
B5	24,4	42	18,7	8	4,4	0														
B6	24,7	42	13	2,5	1,4	5,9	0													
B7	26,4	41,4	12,4	3,8	1	4	0,85	0												
B8	25	42,4	13,5	4,2	2,8	2,5	1,1	1,3	0											
B9	25	42,5	12,3	1,4	1	6,6	0,9	0,95	2,9	0										
B10	24,6	42,6	11	0,85	1,2	7,2	1,3	1,1	2,2	0,75	0									
B11	23,3	42,4	12,2	1,4	1,1	7,1	1,2	1	2,1	0,65	1	0								
B12	52,3	96,3	54,9	53,9	56,4	55,5	54,4	54,6	54,7	55,3	53,9	55	0							
B13	26,3	40,1	13,2	5,6	2,8	4,6	2,8	2,7	3,7	3,2	4,6	3,3	57	0						
B14	32	62,1	19,9	19,7	22,2	21,3	20,2	20,4	20,5	21,1	19,7	20,8	35,2	22,9	0					
B15	34,1	66,8	25,4	24,4	26,9	26	24,9	25,1	25,2	25,8	24,4	25,5	30,7	27,6	5,1	0				
B16	28,9	41	12,5	4,4	2,6	6,1	3,9	3,8	5,2	3,2	4,1	3,3	58,8	2,8	24,9	29,4	0			
B17	26,4	41,5	12,5	3,9	1,9	4	1,8	1,7	3,1	2,2	3,6	2,3	56	2,1	22	26,6	3,6	0		
B18	28,6	43,2	11,6	6	5	8,5	6,3	6,2	7,6	5,6	6,7	5,7	57,9	5,3	23,9	28,5	3,5	4,5	0	
B19	51,5	13,1	43,3	35,7	32,9	33	32,8	32,7	33,3	33,2	34,6	33,3	87,3	30,8	53,3	57,8	33	31	35,4	0

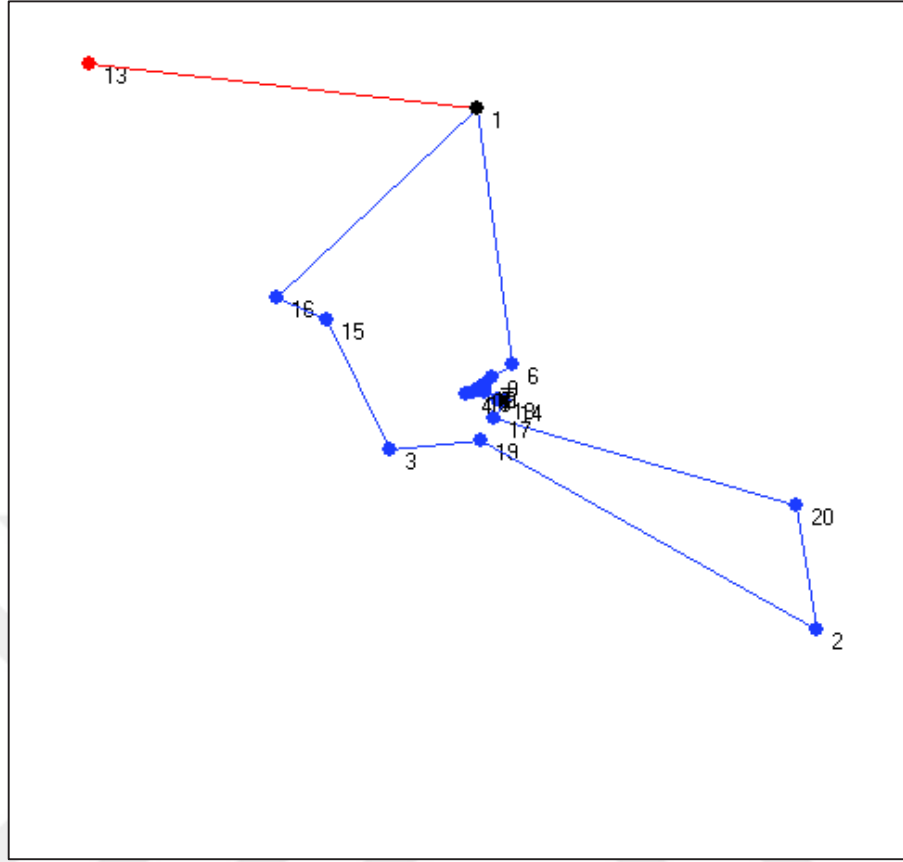
Tablo 39: Alternatif Merkeze Göre 1. Araç İçin Önerilen Rota (Salı)

Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	52,3
B12	24	52,3
Toplam	24	104,6

Tablo 40: Alternatif Merkeze Göre 2. Araç İçin Önerilen Rota (Salı)

Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	34,1
B15	5	5,1
B14	1	19,9
B2	25	11,6
B18	13	43,2
B1	8	13,1
B19	16	33
B16	22	2,8
B13	62	2,1
B17	2	1,9
B4	1	2,3
B3	1	0,85
B10	8	1
B11	4	0,65
B9	2	0,95
B7	3	0,85
B6	2	1,1
B8	7	2,5
B5	20	24,4
Toplam	202	201,4

Şekil 13: Alternatif Merkeze Göre Önerilen Rotanın Harita Gösterimi (Salı)



3.3.3. Çarşamba:

Alternatif toplama merkezine göre, Çarşamba günü ziyaret edilen sağlık merkezlerinin, birbirlerine ve alternatif merkeze olan, gerçek uzaklıklarından oluşan mesafeler matrisi, Tablo 41’ de verilmiştir. Tablo 42 ve Tablo 43’ te, alternatif toplama merkezi için önerilen yeni rotalar yer almakta iken; Şekil 14’te önerilen yeni rotaların harita gösterimi yer alır.

Tablo 41: Alternatif Merkeze Göre Mesafeler Matrisi (Çarşamba)

	M	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
M	0																		
C1	43,9	0																	
C2	43	0,8	0																
C3	44,4	0,7	0,7	0															
C4	45,2	1,6	2,3	2,4	0														
C5	45,2	19,3	18,3	18,9	20,2	0													
C6	52,4	10,7	11,1	11,2	9	28,1	0												
C7	26,2	80,3	79,2	79,9	81,1	78,4	88,6	0											
C8	25,9	80,5	79,4	80,1	81,3	78,6	88,8	1,1	0										
C9	26,5	78,8	77,8	78,4	79,7	77	87,2	1,7	1,7	0									
C10	26,5	78,8	77,7	78,4	79,7	77	87,2	1,7	1,7	0,8	0								
C11	79,3	42,5	42,9	42,9	40,8	55,1	33,1	96,6	96,5	97,2	97,2	0							
C12	76,3	39,5	39,9	40	37,8	52,1	30,1	112	112	110	110	2	0						
C13	26,1	78,8	77,7	78,4	79,7	77	87,2	2,4	2,4	0,75	0,75	98,6	112	0					
C14	26,7	80,8	79,7	80,4	81,7	79	89,2	1,1	1,3	2,8	2,8	96,4	99,5	3	0				
C15	26,4	81,4	80,3	81	82,2	79,5	89,7	1,5	2,6	3,3	3,3	96,1	99,2	3,6	0,5	0			
C16	40	13,6	12,5	13,2	14,4	15,7	11	75,2	75,2	73,5	73,5	39,6	37,6	73,5	75,8	76,4	0		
C17	40	13,6	12,5	13,2	14,5	15,7	11	75,2	75,2	73,6	73,6	39,5	37,5	73,5	75,9	76,4	0,23	0	
C18	44,4	1	1,8	1,8	0,9	20,1	9,2	79,6	79,6	77,9	78	39,9	38	77,9	80,3	80,8	14	14	0

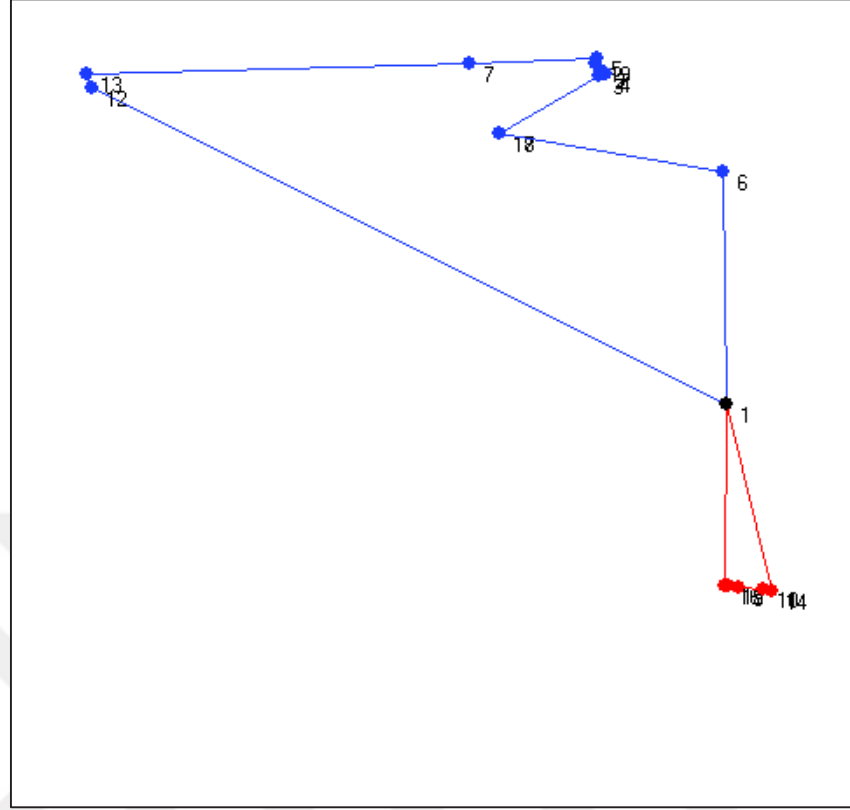
Tablo 42: Alternatif Merkeze Göre 1. Araç İçin Önerilen Rota (Çarşamba)

Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	79,3
C11	23	2
C12	1	30,1
C6	43	9
C4	1	0,9
C18	9	1
C1	7	0,7
C3	38	0,7
C2	15	12,5
C16	3	0,23
C17	1	15,7
C5	1	45,2
Toplam	142	197,33

Tablo 43: Alternatif Merkeze Göre 2. Araç İçin Önerilen Rota (Çarşamba)

Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	26,4
C15	7	0,5
C14	3	1,3
C8	1	1,1
C7	4	1,7
C10	8	0,8
C9	3	0,75
C13	59	26,1
Toplam	85	58,65

Şekil 14: Alternatif Merkeze Göre Önerilen Rotanın Harita Gösterimi (Çarşamba)



3.3.4. Perşembe:

Alternatif toplama merkezine göre, Perşembe günü ziyaret edilen sağlık merkezlerinin, birbirlerine ve alternatif merkeze olan, gerçek uzaklıklarından oluşan mesafeler matrisi, Tablo 44’ te verilmiştir. Tablo 45 ve Tablo 46’ da, alternatif toplama merkezi için önerilen yeni rotalar yer almakta iken; Şekil 15, önerilen yeni rotaların harita gösterimini vermektedir.

Tablo 44: Alternatif Merkeze Göre Mesafeler Matrisi (Perşembe)

	M	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
M	0															
D1	24,2	0														
D2	25,1	2,5	0													
D3	37,2	18,7	17,8	0												
D4	52,4	84,1	84,9	102	0											
D5	53,7	39,6	38,8	28,4	119	0										
D6	32,6	18,5	17,7	5,9	99,7	24,6	0									
D7	27,6	7,8	6,9	14,1	89,6	34,8	10,7	0								
D8	7,5	31,1	31,9	48,2	45	65	43,9	38,4	0							
D9	19,5	26,2	27	43,3	73,2	60	39	33,3	26,9	0						
D10	26,1	4,6	3,7	16,6	87,2	37,3	13,2	4,6	33,5	30,9	0					
D11	23,3	7,1	2,1	15,6	89,6	34,6	12,2	3,8	35,3	33,2	3,4	0				
D12	25,3	21,3	22,1	38,6	78,9	59,8	38,7	28,6	32,7	8,4	24,5	26,8	0			
D13	27,2	8,7	9	22,4	82,3	47,2	18,9	10,8	38,2	26	6,5	9	24,9	0		
D14	27,3	8,7	9	22,4	82,4	47,2	19	10,8	38,2	26,1	6,5	9	24,9	0,12	0	
D15	19,4	9,1	9,9	28,7	80,4	45,4	24,4	16,4	26,8	13,8	12,3	14,7	12,6	13,7	13,8	0

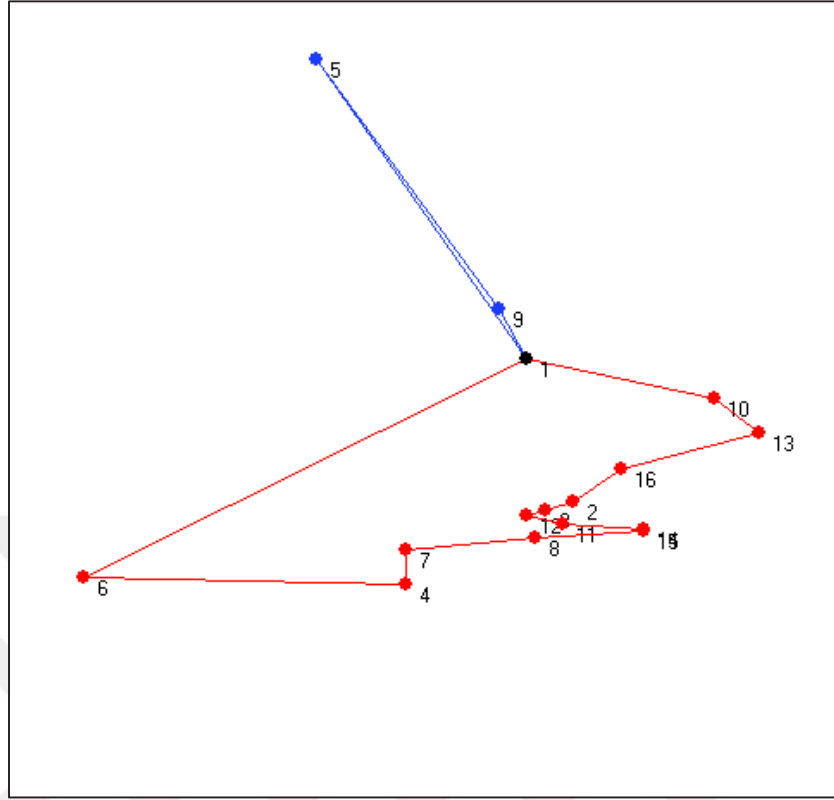
Tablo 45: Alternatif Merkeze Göre 1. Araç İçin Önerilen Rota (Perşembe)

Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	52,4
D4	43	45
D8	18	7,5
Toplam	61	104,9

Tablo 46: Alternatif Merkeze Göre 2. Araç İçin Önerilen Rota (Perşembe)

Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	19,5
D9	17	8,4
D12	1	12,6
D15	1	9,1
D1	20	2,5
D2	7	2,1
D11	1	3,4
D10	59	6,5
D13	7	0,12
D14	14	10,8
D7	3	10,7
D6	32	5,9
D3	18	28,4
D5	5	53,7
Toplam	185	173,72

Şekil 15: Alternatif Merkeze Göre Önerilen Rotanın Harita Gösterimi (Perşembe)



3.3.5. Cuma:

Alternatif toplama merkezine göre, Cuma günü ziyaret edilen sağlık merkezlerinin, birbirlerine ve alternatif merkeze olan, gerçek uzaklıklarından oluşan mesafeler matrisi, Tablo 47’ de verilmiştir. Tablo 48 ve Tablo 49’ da, alternatif toplama merkezi için önerilen yeni rotalar yer almakta iken; Şekil 16, önerilen yeni rotaların harita gösterimini vermektedir.

Tablo 47: Alternatif Merkeze Göre Mesafeler Matrisi (Cuma)

	M	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22
M	0																						
E1	47	0																					
E2	24,2	81	0																				
E3	17,6	70,9	28,2	0																			
E4	35,3	17	58,9	59,9	0																		
E5	43,9	6,3	75,6	66	10,2	0																	
E6	26,5	82,9	4,2	32,9	71	78,8	0																
E7	26,5	82,9	4,2	32,9	71	78,8	0,8	0															
E8	26,4	84,3	4	31	72,4	80,3	1,9	1,9	0														
E9	25,5	85	6,8	34,9	73	80,9	2,8	2,8	2,4	0													
E10	52,4	10,9	84,1	74,5	18,6	10,7	86	86	86,2	88,6	0												
E11	44,4	5,5	76,1	66,5	10,7	0,7	78	78	78,2	80,6	11	0											
E12	44,7	4,3	76,4	66,8	11	0,9	78,3	78,3	78,5	80,9	9,3	1,6	0										
E13	43,9	6,2	75,6	66	10,1	0,2	77,5	77,5	77,7	80,1	10,5	0,7	0,85	0									
E14	26,1	82,9	4,6	32,9	71	78,8	0,75	0,75	1	3,4	87,2	78,4	79,6	78,8	0								
E15	25,7	84,6	4,3	34,6	72,6	80,5	2,4	2,4	2	1,3	88,8	80,1	81,3	80,5	2,7	0							
E16	26	84,4	4,1	34,4	72,4	80,3	2,2	2,2	1,8	1,4	88,6	79,9	81,1	80,3	2,5	0,7	0						
E17	43	6,7	74,7	65,1	9,3	0,8	76,6	76,6	76,8	79,2	11	0,7	1,6	0,8	76,6	78,3	78,3	0					
E18	25	85,3	2,5	29,5	73,3	81,2	3,2	3,2	2,7	2	86,2	80,7	82	81,2	3,4	2,4	3	80,1	0				
E19	26,1	85,5	7,3	35,4	73,5	81,4	3,3	3,3	2,9	0,55	89,7	81	82,2	81,4	3,6	2,6	1,5	80,3	2,2	0			
E20	24,6	85,4	7,2	35,4	73,5	81,3	3,3	3,3	2,8	0,5	89,7	80,9	82,1	81,3	3,6	2,5	1,8	80,2	2,2	0,45	0		
E21	24,6	85,5	7,6	32,9	73,6	81,4	3,4	3,4	2,9	0,6	89,8	81	82,2	81,4	3,7	2,6	2,7	80,3	2,3	0,55	0,11	0	
E22	44,4	4,9	76,1	66,5	10,6	1,1	77,9	78	78,2	80,6	9,2	1,8	0,25	1	77,7	79,4	79,4	1,8	80,5	80,5	80,7	80,6	0

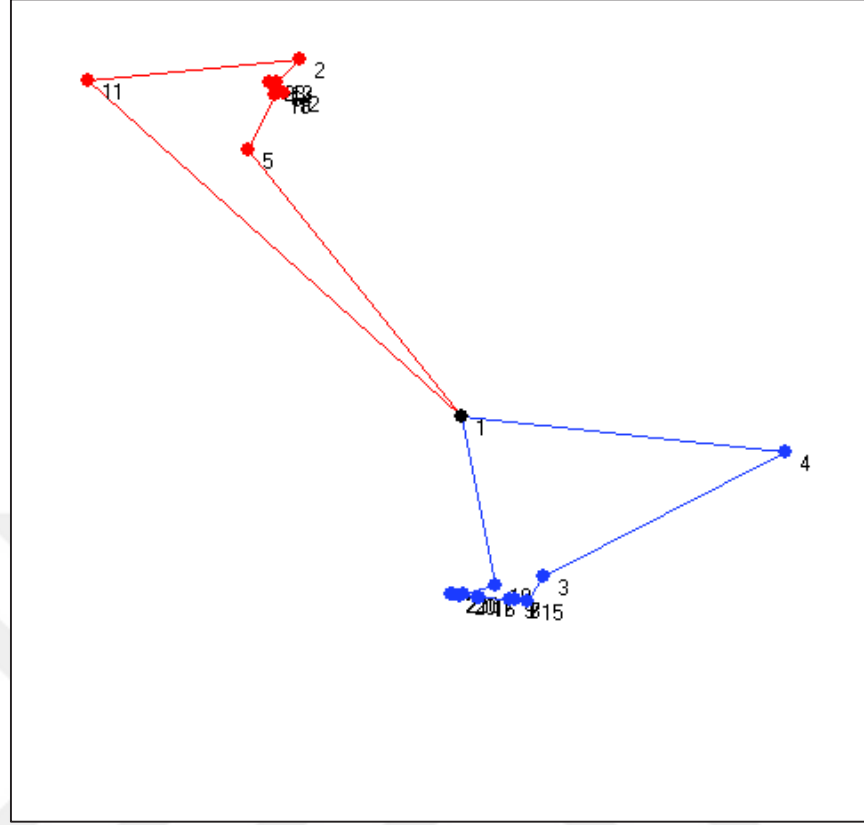
Tablo 48: Alternatif Merkeze Göre 1. Araç İçin Önerilen Rota (Cuma)

Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	25
E18	7	2
E9	1	0,5
E20	8	0,11
E21	2	0,55
E19	7	2,6
E15	1	0,7
E16	6	3
E8	2	1,9
E7	8	0,8
E6	3	0,75
E14	54	4,6
E2	20	28,2
E3	1	17,8
Toplam	120	88,51

Tablo 49: Alternatif Merkeze Göre 2. Araç İçin Önerilen Rota (Cuma)

Durak	Yük (Varil)	Mesafe (km)
Merkez	0	52,4
E10	31	10,9
E1	11	4,3
E12	4	0,25
E22	9	1,1
E5	3	0,2
E13	7	0,7
E11	38	0,7
E17	15	9,3
E4	4	35,5
Toplam	122	115,35

Şekil 16: Alternatif Merkeze Göre Önerilen Rotanın Harita Gösterimi (Cuma)



3.4. Sonuç

Tıbbi atık toplama ve sterilizasyon merkezinin, mevcut durumda kullandığı toplama rotasının toplam uzunluğu **1678,97 km**’ dir. Mevcut toplama merkezine göre yapılan rotalama işlemi sonucunda, işletmeye önerilen yeni rotaların toplam uzunluğu ise; **1339,02 km**’ dir. Buna karşılık, mevcut toplama merkezine alternatif olarak belirlenen, yeni toplama merkezine göre yapılan rotalama sonucunda toplam kat edilecek olan mesafe **1313,57 km** olarak hesaplanmıştır.

Mevcut toplama merkezine göre önerilen yeni rota ile, haftalık **339,95 km**’ lik tasarruf elde edilmektedir. Bu da yıllık yaklaşık olarak **18 000 km**’ lik bir tasarruf anlamına gelmektedir.

Ağırlık merkezi yöntemi ile koordinatları belirlenen, alternatif toplama merkezine göre yapılan rotalama sonucunda ise; mevcut rotadan haftalık **365,4 km**’ lik, yıllık ise yaklaşık **19 000 km**’ lik tasarruf elde edileceği görülmüştür. Bu durum mevcut merkeze göre önerilen rotadan **25,45 km** daha kısa olmaktadır. Ancak; kuruluş maliyetleri göz önüne alındığında; haftalık 25,45 km’ lik, yıllık ise yaklaşık 1300 km’ lik bir tasarrufun, maliyetleri karşılayamayacağı açıkça öngörülebilmektedir. Bunun sonucu olarak işletmeye mevcut toplama merkezine göre yapılan yeni rotalar önerilebilir.

Tablo 50, tüm bu karşılaştırmaları özetlemektedir.

Tablo 50: Karşılaştırma Tablosu

	Mevcut Merkeze Göre Toplam Mesafe	Önerilen Merkeze Göre Toplam Mesafe	Mevcut Durumda Kat Edilen Mesafe
Pazartesi	292,16 km	269,11 km	311,11 km
Salı	278,4 km	306 km	330 km
Çarşamba	251,48 km	255,98 km	320,13 km
Perşembe	295,07 km	278,62 km	355,32 km
Cuma	221,91 km	203,86 km	362,41 km
TOPLAM	1339,02 km	1313,57 km	1678,97 km

Sonuç ve Değerlendirme

Tarihsel süreçteki değişime bakıldığında; tarımdaki gelişmelere ve endüstrileşmelere, tıp alanındaki ilerlemelere, teknolojiye gelişmelere, güvenli ve yeterli su imkanlarının artmasına bağlı olarak, dünya nüfusunun her geçen gün hızla arttığı görülmektedir. Nüfustaki bu hızlı artış, endüstri faaliyetlerinin hızlanmasına ve buna paralel olarak tüketimin de sürekli olarak artmasına neden olmaktadır.

Sanayi Devriminden itibaren başlayan hızlı nüfus artışı, üretim ve tüketim faaliyetlerinin artmasına yol açarken, bu faaliyetlerin sonucunda ortaya çıkan atık miktarları da her geçen gün artmaktadır. Bu durum, atık yönetimi konusunun, günümüzün en önemli çevre sorunlarından biri haline gelmesine neden olmuştur.

Tersine lojistiğin faaliyetlerinden biri olan atık yönetimi; atıkların daha kaynağındayken azaltılması, özelliklerine göre ayrılması, doğru biçimde toplanması, depolanması ve taşınması ve en sonunda geri kazanılması ya da bertarafı aşamalarını kapsar. Etkin bir atık yönetimi, tüm bu faaliyetlerin doğru biçimde gerçekleştirildiği durumda mümkün olacaktır.

Sağlık merkezlerindeki işlemler sonucunda ortaya çıkan, evsel, enfeksiyöz, patolojik, kesici-delici her türlü atık, tıbbi atık başlığı altında incelenmektedir. Tıbbi atıklar, çevreye ve insan sağlığına tehdit oluşturan atık türleridir. Bu nedenle; bu atıkların gerek toplanması ve taşınması, gerekse geri kazanımı ya da imha edilmesi aşamaları son derece kritiktir ve bu aşamalar yönetmeliklerle düzenlenmiştir.

Artan nüfusun ve beraberinde gelen endüstrileşmenin yol açtığı başka bir problem ise; kısıtlı olan doğal kaynakların giderek hızlı bir biçimde tükenmesidir. Araştırmalara göre; son 40 yılda, doğal kaynakların kullanım oranı birkaç kat artmıştır. Hayati değere sahip olan doğal kaynakların, büyük bir hızla azalması, canlıların yaşam alanlarını kısıtlamakta ve canlı yaşamı için felaketlere yol açabilecek iklim değişikliklerine neden olmaktadır.

İnsan ihtiyaçları var olduğu müddetçe lojistik faaliyetleri de varlığını sürdürmeye devam edecektir. Kuşkusuz, insan ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik hemen her faaliyette olduğu gibi, lojistik faaliyetlerin de gerçekleştirilebilmesi için doğal kaynak

kullanımı şarttır. Lojistik kavramı, sadece taşımacılık faaliyeti kısmıyla ele alındığında dahi, bu faaliyetin gerçekleştirilebilmesi için; zaman, enerji ve para gerekliliği ortadadır.

Amaç fonksiyonu, toplam taşımacılık maliyetlerini en aza indirmek olan Araç Rotalama Problemi, en az kaynak kullanımı ile en fazla dağıtımın ve/veya toplamının gerçekleştirilmesini hedefler. Taşımacılık maliyetlerinin, zaman ve enerji kullanımından kaynaklandığı düşünüldüğünde, maliyetleri azaltmaya yönelik olan bu faaliyetlerin, doğal kaynak kullanımını da azaltacağı ortadadır.

Bu tez çalışmasının uygulama bölümünde, tıbbi atıkların toplanması işlemi sırasında kat edilen mesafenin en aza indirgenmesi amaçlanmıştır. Kat edilen mesafenin en aza indirgenmesi; taşımacılık için gereken enerjinin, zamanın ve dolayısıyla maliyetlerin en aza indirgenmesini sağlayacaktır. Daha uzun vadeli düşünüldüğünde ise; taşımacılıkta kat edilen mesafenin ve harcanan enerjinin en aza indirgenmesi, hava kirliliğinin ve küresel ısınmanın en büyük nedenlerinden biri olan karbondioksit emisyonunun da en aza indirgenmesini sağlayacaktır.

Bu çalışmanın, gerek işletmeler için gerekse yerel yönetimler için fikir verici nitelikte olduğu düşünülmektedir. Uygulamada kullanılan yöntem olan Clarke & Wright Tasarruf Algoritmasının pratikliği ve önerilen değişikliğin hiçbir maliyete yol açmadığı düşünüldüğünde, çalışmanın hayata geçirilmesinin faydaları açıkça görülmektedir.

İleride yapılacak olan çalışmalarda, bu çalışmaya ek olarak, Araç Rotalama Problemine zaman kısıtı, belirsiz talep kısıtı ve benzeri kısıtlar eklenerek, benzer veriler üzerinde farklı uygulamalar gerçekleştirilebilir. Özellikle uygulamaya konu olan tıbbi atıkların, bulundukları yerde uzun süre bekletilemeyecek olması, Araç Rotalama Probleminin, zaman kısıtı eklenerek ele alınmasına elverişlidir.

Ayrıca, ileriki çalışmalarda, benzer veri setleri ile kurulan problemler için; Araç Rotalama Problemlerinin çözümünde kullanılan diğer kesin çözüm yöntemlerinin ya da sezgisel yöntemlerin sonuçları karşılaştırılabilir.

KAYNAKÇA

Kitaplar

- BLUMBERG, D.F., (2005). "Introduction to Management of Reverse Logistics and Closed Loop Supply Chain Processes", CRC Press, 30-31.
- CHRISTOPHER, M., (2005). "LOGISTICS and SUPPLY CHAIN MANAGEMENT (Creating Value-Adding Networks)", Pearson Education Limited, 3.
- DE BRITO, M.P., (2003), "Managing Reverse Logistics or Reversing Logistics Management", Thesis, Erasmus University Rotterdam: 46.
- FLEISCHMANN, M., (2000). "Quantitative Models for Reverse Logistics (Thesis)", 6.
- JONSSON, P., (2008). "Logistics and Supply Chain Management", McGraw-Hill Education(UK), 34.
- KAĞNICIOĞLU, C.H., (2013). "ÜRETİM YÖNETİMİ (Süreçleri ve Tedarik Zincirleri)", Krajewski/Ritzman/Malthora, Bölüm-10, 376.
- KESKİN, H.M., (2009). "LOJİSTİK, Tedarik Zinciri Yönetimi (geçmişi, değişimi, bugünü, geleceği), Nobel Yayın Dağıtım: 33, 34, 39.
- KOBU, B., (2014). "ÜRETİM YÖNETİMİ", 17. Baskı, Beta Basım A.Ş., 177, 229.
- MANGAN, J., LALWANI, C., BUTCHER, T., 2008. "Global Logistics and Supply Chain Management". Wiley, 8.
- ROGERS, D.S., TIBBEN-LEMBKE, R., (1998). "Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices", Reverse Logistics Executive Council, 2.
- RUSSEL, R.S., TAYLOR, B.W., (1995). "PRODUCTION AND OPERATIONS MANAGEMENT, Focusing on Quality and Competitiveness), Prentice-Hall International (UK), 388-389.
- TAŞKIN, Ç., EMEL, G.G., (2009). "İşletme Lojistiği, Rotalamada Sayısal Modeller ve Çözümlü Örnekler", Alfa Aktüel, 18, 70, 73.

Sürelı Yayınlar

- ABDULLA, F., QDAIS, H.A., RABI, A., (2008), Site Investigation on Medical Waste Management Practices in Northern Jordan, Waste Management 28, 450-458.
- CLARKE, G. & WRIGHT, J.W., 1964, “Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points”. Operations Research, 12, 568-581.
- CORDEAU, J.F., LAPORTE, G., SAVELSBERG, M.W.P., VIGO, D., (2007), “Vehicle Routing”. C. Barnhart and G. Laporte (Eds.), Handbook in OR & MS, Vol. 14, Chapter 6, 367-428.
- ÇETİN, S., GENCER, C., (2010), “ Kesin Zaman Pencereli - Eş Zamanlı Dağıtım Toplamalı Araç Rotalama Problemi: Matematiksel Model”, Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt:25, No:3, 579-585.
- DANTZİG, G.B., RAMSER, J.H., 1959, “The Truck Dispatching Problem”. Management Science, Vol. 6, No.1, 80-91.
- DÜZAKIN, E., DEMİRCİOĞLU, M., (2009), Araç Rotalama Problemleri ve Çözüm Yöntemleri, Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt:13, Sayı:1, Haziran 2009, 68-87.
- GÜVEZ, H., DEGE, M., EREN, T., (2012), Kırıkkale’ de Araç Rotalama Problemi ile Tıbbi Atıkların Toplanması, International Journal of Engineering Research and Development, Vol.4, No.1: 41-45.
- HU, T.L., SHEU, J.B., HUANG, K.H., (2002), “A Reverse Logistics Cost Minimization Model for the Treatment of Hazardous Wastes”, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Volume 38, Issue 6, Kasım 2002 :457–473.
- LAMBERT, D.M., STOCK, J.R., (1981), “Strategic Physical Distribution Management”, Homewood, IL:Irvin : 19.

- LYSGARD, J., (1997), Clarke&Wrights Algorithm, The Aarhus School of Business Department of Management Sciences and Logistics, 1-2.
- MURPHY, P.R., POIST, R.P., (1989), “Management of Logistical Retromovements: An Empirical Analysis of Literature Suggestions”, Transportation Research Forum, Vol. 29., No. 1.: 177-184.
- PICHPIBUL, T., KAWTUMMACHAI, R., (2012), “An improvedClarkeand Wright savingsalgorithmforthecapacitatedvehiclerouting problem.”, ResearchArticle/scienceasia1513-1874.2012.38, 307-318.
- PICHPIBUL, T., KAWTUMMACHAI, R., (2013), “A HeuristicApproachBased on Clarke-Wright Algorithmfor Open Vehicle Routing Problem.”, TheScientific World Journal, Vol 2013, Article ID 874349, 1-11.
- RAND, G.K.,(2009), “The life andtimes of theSavingsMethodforVehicle Routing Problems”. Orion Journals, Vol 25 (2), 125-145.
- ROGERS, D.S., TIBBEN-LEMBKE, R., (2001), “An Examination of ReverseLogisticsPractices”, Journal of Business Logistics, Vol. 22, No. 2., 129-148.
- STEINER, M., WIEGEL U., (2009), Katı Atık Yönetimi: Atık Yönetiminin Temellerine Yönelik Rehber Kitap, European Leonardo Da Vinci Project: Waste Training, 120.
- STOCK, J.R., (1998a), “Development and Implementation of Reverse Logistics Programs”, OAK Brook, IL: Council of Logistic Management.
- ŞAHİN, Y., EROĞLU, A., (2014), Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi İçin Metasezgisel Yöntemler: Bilimsel Yazın Taraması, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Y.2014, C.19, 337-355.
- THIERRY, M., SALOMON, M., NUNEN, J.V., WASSENHAVE, L.V., (1995), “Strategic IssuesIn Product Recovery Management”, California Management Review, Vol.37, No.2, 114-135.

TIBBEN-LEMBKE, R., ROGERS, D.S., (2002), Differences Between Forward and Reverse Logistics in a Retail Environment. Supply Chain Management: An International Journal, vol.7, no.5, 271-282.

Diğer Yayınlar

<http://http://www.utikad.org.tr/haberler/>

<http://tdk.gov.tr/>

SNYDER, L., Department of Industrial and Systems Engineering Lehigh University, lys2@lehigh.edu, <http://users.iems.northwestern.edu/~lsnyder>

mm.iit.uni-miskolc.hu/data/texts/BOOKS/Artificial_Intelligence2/node23.html

http://kisi.deu.edu.tr/uzeyme.dogan/dosyalar/Uretim_Islemler_Yonetimi_04.pdf

<http://www.umsl.edu/~campbell/308B/VehicleRouting.doc>

Çevre ve Orman Bakanlığı, (2005). Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Beşinci Bölüm Madde 27, 22 Temmuz 2005 Tarihli Resmi Gazete.

Çevre ve Orman Bakanlığı, (2005). Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Beşinci Bölüm Madde 28, 22 Temmuz 2005 Tarihli Resmi Gazete

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2015). Atık Yönetimi Yönetmeliği, Birinci Bölüm, 2 Nisan 2015 Tarihli Resmi Gazete.

WHO, (2004). Safe Healthcare Waste Management: Policy Paper.

ÖZGEÇMİŞ

Tuba Ezgi ÇAKIR, 1989 yılında İskenderun’ da doğdu. İlk öğrenimini Nimettullah Mahruki İlköğretim Okulu’ nda, orta öğrenimini ise Nişantaşı Anadolu Lisesi’ nde tamamladı. 2012 yılında İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi’ nden mezun olarak, 2013 yılında Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Üretim Yönetimi ve Pazarlama Bilim Dalında Yüksek Lisans Programına başladı. Tuba Ezgi ÇAKIR, lisans üstü eğitimine Sakarya Üniversitesi’ nde halen devam etmektedir.