

Kırıkkale’de Araç Rotalama Problemi İle Tıbbi Atıkların Toplanması

Hakan GÜVEZ, Muhammet DEGE, Tamer EREN*

Kırıkkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara yolu 71451, Kırıkkale

teren@kku.edu.tr

ÖZET

Araç rotalama problemi, belli bir müşteri kümesine hizmet sunmak için bir veya birden fazla depodan, bir araç filosu için optimal rotaların bulunması problemidir.

Bu çalışmada Kırıkkale’de faaliyet gösteren atık sektöründeki bir toplayıcı işletmenin, müşteri grubunda yer alan sağlık kurumlarından tıbbi atık toplama için aracın kullandıkları en uygun rotanın belirlenmesi ve önerilen rotanın maliyetinin en küçülenmesi amaçlanmıştır. Problemin çözümde, tamsayı programlama modeli kullanılmıştır. Söz konusu işletmenin, hizmet ettikleri sağlık kurumlarının konumları, dijital haritada belirlenip birbirleriyle olan uzaklıkları hesaplanmıştır. Daha sonra geliştirilen modelin önerdiği çözümle aracın izledikleri rotalar bir aylık verilerle karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarla mevcut sistem karşılaştırılmış ve önerilen modelin firmanın bir aylık toplam yol mesafesini % 20.63 oranında iyileştirdiği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Tıbbi atık toplama, araç rotalama problemi, tamsayı matematiksel programlama.

Medical Waste Collection with Vehicle Routing Problem in Kırıkkale

Abstract

The vehicle routing problem is a problem which calls for the determination of the optimal routes used by a fleet of vehicles, based at one or more depots, to serve a set of customers.

The aim of this study is to determine the suitable route for the vehicle which serve to healthcare services and to minimize the cost of the recommended route of a collection company, which takes place in medical waste sector in Kırıkkale. In the solution of the problem integer programming mathematical model is used. The locations of healthcare services, that are served by the company, are defined and the distances are calculated in digital map. Subsequently, the monthly data are compared with the routes of the vehicle that are suggested by developed model. The present system is compared with the developed solution and it is observed that the recommended model improved the total monthly travel distance by 20,63%.

Keywords: Medical waste collection, vehicle routing problem, integer mathematical programming.

1. GİRİŞ

Katı atıklar genel olarak, insan ve hayvan faaliyetleri sonucu oluşan, işe yaramayan ve istenmeyen bütün katı maddeler olarak tanımlanabilir. Katı atıklar, endüstri, ticari, yaşam ve tarım alanlarından ve madencilikten çıkan

maddelerin oluşumundan meydana gelir. Katı atıkların içine çöp, yapı malzemesi atıkları, ticari işletme atıkları, tıbbi atıklar ve içme ve atık su arıtımı tesislerinden çıkan çamurlar dâhil edilmektedir[1].

Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıklar, evsel katı atıkların dışında havada, suda ve toprakta kalıcı özellik gösteren ve ekolojik dengeyi bozan atıklardır. Bu atıklar, tehlikeli ve zararlı atık sınıfına girmekte ve bu tür atıkların üretim, taşıma, depolama ve bertarafına ilişkin özel önlemler alınması gerekmektedir. Diğer bütün kuruluşlarda olduğu gibi sağlık kuruluşlarında da her geçen gün atık miktarı verdikleri hizmet ölçüsünde hızla artmaktadır. Ancak bu artışın neden olabileceği tehlike riskinin ortadan kaldırılması için gerekli önlemlere ve uygulamalara geçiş aynı hızda gerçekleşmemektedir.

Tıbbi atıkların taşınması diğer atıklardan daha önemlidir. Taşımada özel olarak sadece bu işe ayrılmış dayanıklı üstü kapalı kamyonlar, damperli kamyonlar, römorklu traktörler kullanılabilir[2]. Taşıma sırasında özel önlemler alınır, kamyon dışına sızıntı olmaması gerekir ve havaların sıcak olduğu iklimlerde, kamyonlarda soğutucu olması tercih edilir[3]. Taşımanın yapıldığı kamyonlar her gün temizlenerek dezenfekte edilir. Halk sağlığı ve personel güvenliği açısından taşıyıcılar tüm taşıma ve toplama uygulamaları boyunca koruyucu elbise giyer ve eldiven, maske takar. Her iş günü sonunda da kullanılan ayakkabı ve elbiseler değiştirilir [4,5].

Kaçtıoğlu ve Şengül [6] yaptıkları çalışmada ambalaj atıklarını Erzurum’da toplamak için tersine lojistik ağı tamsayı programlama modeli kurmuşlardır.

Bu çalışmada da Kırıkkale ilinde tıbbi atıkların toplanması konusu ele alınmıştır. Tıbbi atık toplamada güzergahı belirleme, araç rotalama problemi ile tanımlanabilmektedir. Ele alınan problemde tüm atıkları toplamak için belirlenen en kısa mesafe, mevcut durumla karşılaştırılmış ve sonuçlar gösterilmiştir.

Çalışmanın planı şu şekildedir: Çalışmanın ikinci bölümünde tıbbi atık problemi anlatılmıştır. Araç rotalama problemi üçüncü bölümde anlatılmıştır. Dördüncü bölümde ise örnek uygulama verilmiş ve kullanılan çözüm yöntemleriyle sonuçlar gösterilmiştir. Son bölüm olan beşinci bölümde ise çalışmanın sonuçları ve gelecekte yapılacak çalışmalara hakkına bilgi verilmiştir.

2. TIBBİ ATIK TOPLAMA PROBLEMİ

Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıklar, evsel katı atıkların dışında havada, suda ve toprakta kalıcı özellik

gösteren ve ekolojik dengeyi bozan atıklardır. Bu atıklar, tehlikeli ve zararlı atık sınıfına girmekte ve bu tür atıkların üretim, taşıma, depolama ve bertarafına ilişkin özel önlemler alınması gerekmektedir. Diğer bütün kuruluşlarda olduğu gibi sağlık kuruluşlarında da her geçen gün atık miktarı verdikleri hizmet ölçüsünde hızla artmaktadır. Ancak bu artışın neden olabileceği tehlike riskinin ortadan kaldırılması için gerekli önlemlere ve uygulamalara geçiş aynı hızda gerçekleşmemektedir.

Dünya Sağlık Teşkilatı'na (WHO) göre "sağlık kuruluşları, araştırma kuruluşları ve laboratuvarlar tarafından oluşturulan tüm atıklar ile evde yapılan tıbbi bakım (dializ, insülin enjeksiyonları) esnasında üretilen atıklar gibi küçük veya dağınık durumda bulunan kaynaklardan çıkan atıklar" tıbbi atıklar olarak tanımlanmaktadır. İngiltere atık mevzuatına göre ise tıbbi atıklar "tıbbi, hemşirelik, hasta bakımı, diş, veteriner, farmasötikal veya benzeri uygulamalar, tedavi, bakım, eğitim ve araştırma veya kan toplama işlemlerinden kaynaklanan, temas edildiğinde enfeksiyona neden olan her türlü atık" şeklinde tanımlanmaktadır[7].

Tıbbi atık yönetiminin en önemli basamaklarından biri, enfekte atıkların çıktıkları noktalarda evsel ve geri dönüşümü sağlanabilen atıklardan ayrı olarak toplanmasıdır. Kaynağında ayrılabilen atıkların bertaraf edilmesinde önemli olan, bu tür atıkların evsel atıklardan bağımsız ve türlerine göre ayrı torbalar halinde toplanmasıdır. Bu çalışmada da tıbbi atıkların taşınmasında en uygun rotanın seçilmesi problemi ele alınmıştır.

3. ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ

Dağıtım yapan firmalar araç rotalama problemi ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu problem firmalara bir dağıtım maliyeti yaratmaktadır. Dağıtım maliyetleri, ürün maliyetlerinin yaklaşık %15-20'sini oluşturmaktadır. Genellikle firmalar bu probleme herhangi bir matematiksel model kullanmadan, geçmiş tecrübelerinden veya kendi geliştirdikleri algoritmaları kullanarak çözüm aramaktadırlar. Firmaların bir matematiksel model kullanmadan yaptıkları bu araç rotaları, yüksek dağıtım maliyetlerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Etkin olmayan dağıtım rotaları, firmalara ekstra bir maliyet yaratmaktadır. Sonuç olarak etkin bir dağıtım rotası oluşturmak firmaya büyük bir maliyet tasarrufu oluşturmakta ve günümüzdeki rekabetçi ortamda önemli bir avantaj sağlamaktadır[8,9].

Araç rotalama problemi (ARP), müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için bir araç filosu için en küçük maliyetli rotaların belirlenmesi problemidir. Kuzey Amerika ve Avrupa da gerçekleştirilen pratik uygulamalar da, bilimsel yöntemler kullanılarak planlanan dağıtım işlemleri ile toplam ulaştırma maliyetlerinde %5 ile %20 arasında bir iyileşme gerçekleşmiştir. Bu tür iyileştirmeler global ekonomi üzerinde gözle görülür bir etkiye neden olmaktadır. Bu öneminden dolayı yaklaşık 50 yıldır üzerinde çalışmalar yapılan AR problemi, ilk kez 1959 yılında Dantzig ve Ramser [10] tarafından öne sürülmüştür. Bu bölümde AR probleminin en temel hali olan Kapasite Kısıtlı AR (KK-AR) problemi incelenecek ve bu problem

için geliştirilen matematiksel modele değinilecektir. Ele alınan araç rotalama problemi NP-zor problemidir[11].

AR probleminin en temel hali olarak düşünülen KK-AR probleminin temel varsayımları şunlardır.

1. Müşteri talepleri belirli, biliniyor ve bölünemez,
2. Depo ile müşteri ve müşteriler arasındaki uzaklıklar sabit ve biliniyor,
3. Araçlar özdeş, sınırsız sayıda, kapasiteli, kapasitesi biliniyor ve merkezi depoda müşterilere servis için hazır beklemekte,

Bu varsayımlar ışığında KK-AR probleminde amaç, bütün müşterilerin ihtiyacını karşılayan en küçük maliyetli rotaların belirlenmesidir.

KK-AR problemi şu şekilde tanımlanabilir: $G(V,A)$ tam bağlı (bütün düğümler arasında doğrudan bir hattın mevcut olduğu durum) bir şebeke olsun. Burada $V=\{0, \dots, N\}$ düğüm kümesi, A ise bu düğümler arasında tanımlanan hat kümesidir. Düğüm kümesinde '0' düğümü depoyu, '1, ..., N' düğümleri ise müşterileri temsil etmektedir. KK-AR problemi, tanımlanan bu şebeke üzerinde aşağıdaki kısıtların sağlayan en küçük maliyetli rotaların tespiti problemidir.

1. Her müşteriye kesinlikle bir kez uğranmalı,
2. Bir rota depodan başlamalı ve tekrar depoda son bulmalı,
3. Rota üzerindeki müşterilerin talepleri toplamı araç kapasitesini geçmemeli.

KK-AR probleminin matematiksel modelinde kullanılan notasyonlar ve matematiksel modeli aşağıda verilmektedir[12].

Problem Girdileri:

- N ; tüm düğümlerin kümesi (0, ..., N),
 N_0 ; müşteriler kümesi (1, ..., N),
 c_{ij} ; i müşterisinden j müşterisine geçiş maliyeti,
 d_i ; i müşterisinin talebi,
 C ; araç kapasitesi

Karar Değişkenleri:

x_{ij} , araç i düğümünden j düğüme geçiyorsa ($\forall i, j \in N$) 1 aksi halde 0

M ; rota sayısı,

Model:

$$\text{Min } \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Kısıtlar

$$\sum_{i \in N} x_{ij} = 1 \quad j \in N_0 \quad (2)$$

$$\sum_{j \in N} x_{ij} = 1 \quad i \in N_0 \quad (3)$$

$$\sum_{i \in N} x_{i0} = M \quad (4)$$

$$\sum_{j \in N} x_{0j} = M \quad (5)$$

$$x_{ij} \in \{0 - 1\} \quad i, j \in N \quad (6)$$

$$M \geq 0, \text{ tms} \quad (7)$$

Bu matematiksel modelde, amaç fonksiyonu (1) toplam taşıma maliyetini en küçüklemektedir. (2) ve (3) numaralı kısıtlar ise bir müşteriye bir aracın girmesini ve çıkmasını garantilemekte, (4) ve (5) numaralı kısıtlar depoya giren ve çıkan araç sayısını (rota sayısı) birbirine eşitlemektedir. (6) ve (7) numaralı kısıtlar tamamlayıcı değişkenler olarak tanımlanmış olup, (6) numaralı kısıt x_{ij} karar değişkenlerinin '0' ya da '1' değerini almasını sağlarken,

(7) numaralı kısıt rota sayısının pozitif ve tamsayı olmasını garantilemektedir.

$$U_i - U_j + Cx_{ij} \leq C - d_j \quad i, j \in N_0, \quad (8)$$

$$d_i \leq U_i \leq C \quad i \in N_0 \quad (9)$$

Burada U_i i düğümünden çıkan aracın yük durumunu belirleyen yeni karar değişkenidir. Bu kısıtlarda görüldüğü gibi, x_{ij} karar değişkeni '1' değerini alırsa (8) numaralı kısıt $U_j \leq U_i + d_j$ şeklinde olacaktır ve (9) numaralı kısıt ile beraber incelendiğinde alt turları ve araç kapasitesinin aşılması engellenecektir. x_{ij} karar değişkeni '0' değerini aldığı anda ise (8) numaralı kısıt, $U_i \leq C$ ve $d_j \leq U_j$ olduğu için, anlamsız olacaktır.

Nagy ve Salhi [13] dağıtım-toplamalı araç rotalama problemleri için genel bir algoritma geliştirmiş ve bu algoritmayı hem karışık dağıtım-toplamalı araç rotalama problemlerinde hem de eş zamanlı dağıtım-toplamalı araç rotalama problemlerine uygulamışlardır. Geliştirdikleri algoritmayı Min [14]'in algoritması ile kıyaslamışlar ve daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Eş zamanlı dağıtım toplamalı araç rotalama problemlerine olan ilginin son yıllarda arttığı gözlenmiştir [15-22]. Dege vd. yaptığı çalışmada Kırıkkale Halk ekmek fabrikasında üç bölgeye ekmek dağıtımını problemi araç rotalama problemi alternatif model önermişlerdir.

4. ÖRNEK UYGULAMA

Araç rotalama problemi Kırıkkale'de tıbbi atık toplama güzergahının bulunmasında uygulanmıştır. Optima Müh. Ltd. Şti; Kırıkkale ilinde tıbbi atık toplama konusunda hizmet vermektedir. Optima Müh. Ltd. Şti.'nin özellikleri:

- Tıbbi atık toplama araç kapasitesi 2.300 kg'dır.
- Kırıkkale'de tıbbi atık toplama yeri 70 adet olmakla beraber tıbbi atık toplanan yerlerde çıkan miktar farklı olduğundan dolayı gün gün farklı sayılarda yerlere gidilmektedir.
- Haftanın 5 günü toplama yapılmakla beraber, cumartesi ve pazar günü çıkan tıbbi atıklar pazartesi günü ile beraber toplam olarak alınmaktadır.
- Her gün toplanan tıbbi atık miktarının kayıtları tutulmaktadır.

Modelin uygulanması aşamasında Optima Müh. Ltd. Şti.'nin 1 aylık verisi baz alınarak gün içindeki tüm yapmış olduğu tıbbi atık toplama işlemini göz önüne alınmış ve bu noktalara yapılabilecek en uygun rotalar belirlenerek en iyi toplama planı oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu toplama işlemini yapan 1 araç mevcuttur. Pazartesi günü 21 adet, salı günü için 12, çarşamba günü için 16, perşembe günü için 11, cuma günü için 28 adet tıbbi atık toplama noktasından toplama işlemi gerçekleştirilmektedir.

Çalışmada ilk önce toplama yapılacak tıbbi atık noktalarının firmaya ve birbirine olan uzaklıkları kilometre cinsinden dijital harita kullanılarak hesaplanmıştır.

Tıbbi atık toplanacak uzaklıklar hesaplandıktan sonra firmanın her bir noktadan toplanacak ortalama tıbbi atık miktarı bulunmuştur. Tablo 1'de 2011 nisan ayında toplam atık miktarı verilmiştir. Nisan ayı içerisinde haftanın çalışma günlerinde toplam ne kadar tıbbi atık toplandığı

Tablo 2' de hesaplanmıştır. Toplama noktalarının güzergahları 0-1 tamsayı matematiksel programlama modeli GAMS 23.5 [23] paket programıyla çözülerek bulunan sonuçlar ile mevcut durumda uğrayacakları sıralama pazartesi günü Tablo 3'de, Salı günü Tablo 4'de, Çarşamba günü Tablo 5'de Perşembe günü Tablo 6'da ve Cuma günü Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 1. Kırıkkale 2011 nisan ayı toplam atık miktarı (kg)

Tıbbi Atık Alınan Yerler	Miktarı
Kırıkkale Merkez Hastane ve Sağlık Kuruluşları	12650
Kırıkkale Merkez Sağlık Ocakları	327
Kırıkkale İlçeler Hastane ve Sağlık Ocakları	444
Toplam	13421

Tablo 2. 2011 nisan ayı günlerine düşen toplam atık miktarları (kg)

	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma
Toplam Atık	4513	1530	2233	1924	3207
Ortalama Atık	1128	383	558	481	641

Tablo 3. Pazartesi günü mevcut ve optimal rota sırası

Sağlık Merkezleri	Mevcut sıralama	Optimal sıralama
Tepebaşı A.S.M.	16	15
Bahçelievler A.S.M.	17	16
Karşıyaka A.S.M.	18	11
Sanayi A.S.M.	19	8
Etiler Sanayi A.S.M.	11	7
Etiler A.S.M.	10	14
Yenimahalle A.S.M.	12	19
Çallıöz A.S.M.	13	12
Kızılay Kan Merkezi	8	13
Ana Çocuk Sağlığı	14	9
Çallıöz-Seyrantepe A.S.M.	15	1
Kırıkkale Devlet Hastanesi	1	6
H.Hidayet Kadın Doğum Hst.	2	10
Süleyman Demirel Tıp Fakültesi	3	5
Yüksek İhtisas Hastanesi	4	4
Yonca Diyaliz	9	21
Kırıkkale Diyaliz Merkezi	5	3
Kale Can Diyaliz	6	2
Özel İnal Göz Merkezi	7	18
Kırıkkale Üni.Dış Hekimliği Fak.	20	17
Kırıkkale Ağız Dış Sağlığı Mrkz.	21	20

Tablo 4. Salı günü mevcut ve optimal rota sırası

Sağlık Merkezleri	Mevcut sıralama	Optimal sıralama
Balışeyh Aile Sağlığı Mrkz.	9	9
Sulakyurt Devlet Hastanesi	7	11
Sulakyurt Aile Sağlığı Mrkz.	8	8
Delice Devlet Hastanesi	10	7
Delice Aile Sağlığı Merkezi	11	10
Çerikli Aile Sağlığı Merkezi	12	12
Kırıkkale Devlet Hastanesi	1	2
Süleyman Demirel Tıp Fakültesi	2	3
Yüksek İhtisas Hastanesi	3	1
Yonca Diyaliz	6	6
Kırıkkale Diyaliz Merkezi	5	4
Hilal Kırıkkale Tıp Merkezi	4	5

Tablo 5. Çarşamba günü mevcut ve optimal rota sırası

Sağlık Merkezleri	Mevcut sıralama	Optimal sıralama
Keskin Devlet Hastanesi	10	13
Keskin Aile Sağlığı Merkezi	11	16
Sulakyurt Devlet Hastanesi	12	12
Delice Devlet Hastanesi	13	8
Karakeçili Devlet Hastanesi	14	9
Bahşılı Aile Sağlığı Merkezi	16	15
Çelebi Toplum Sağlığı Mrkz.	15	14
Kırıkkale Bel. Hayvan Barınağı	9	10
Kızılay Kan Merkezi	8	11
Kırıkkale Devlet Hastanesi	1	6
Süleyman Demirel Tıp Fakültesi	2	5
Yüksek İhtisas Hastanesi	3	7
Yonca Diyaliz	7	2
Kırıkkale Diyaliz Merkezi	5	1
Kale Can Diyaliz	4	4
Hilal Kırıkkale Tıp Merkezi	6	3

Tablo 6. Perşembe günü mevcut ve optimal rota sırası

Sağlık Merkezleri	Mevcut sıralama	Optimal sıralama
Balışeyh Aile Sağlığı Mrkz.	11	4
Keskin Devlet Hastanesi	7	1
Keskin Aile Sağlığı Merkezi	8	5
Sulakyurt Devlet Hastanesi	9	2
Delice Devlet Hastanesi	10	3
Kırıkkale Bel. Hayvan Barınağı	6	8
Kırıkkale Devlet Hastanesi	1	7
Süleyman Demirel Tıp Fakültesi	2	11
Yüksek İhtisas Hastanesi	3	6
Yonca Diyaliz	4	9
Kırıkkale Diyaliz Merkezi	5	10

Bir haftalık günlere göre mevcut durum ile optimal durumun mesafe (km) olarak karşılaştırılması Tablo 8'de verilmiştir. Toplam olarak haftalık 360.48 km ile % 20.63'lük bir tasarruf sağlanırken, yıllık mesafede 18744.96 km tasarruf sağlanacaktır.

TEŞEKKÜR

Verdiği destekten dolayı Optima Müh. Ltd. Şirketine teşekkür ederiz.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada Kırıkkale ilinde tıbbi atıkların toplanması için özel bir firmanın sağlık kuruluşlarında topladığı rota incelenmiş ve optimal rota bulunarak yıllık 18744.96 km ile % 20.63'lük yeni bir rotalama önerilmiştir.

Bundan sonraki çalışmalarda diğer illerde tıbbi atık toplam ile ilgili çalışmalar yapılabileceği gibi, diğer atıkların toplanması ile ilgili çalışmalarda yapılabilir.

6. KAYNAKLAR

- [1] U. Pradhan, „Sustainable solid waste management in a mountain ecosystem”, *Darjeeling West Bengal, India*, 2008.
- [2] EPA/US, “Medical Waste Management and Disposal US, Pollution Technology”, *Review no 200 Noyas Data Corporation*, New Jersey, 1991.
- [3] M. Borat, “Hastane Atıkları Eğitim El Kitabı”, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, İzmir İli Çevre Koruma Vakfı, 1991.
- [4] S. Takacs, A. Tatar, “Trace elements in the environment and in human organs”, *Environmental Research*, 42, 1987, 312-320.
- [5] Ç. Bayır, “Ülkemizde tıbbi atık yönetimi, bertaraf edilmesi ve mevcut durumun incelenmesi”, *Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, Muğla, 2011.
- [6] S. Kaçtıoğlu, Ü. Şengül, “Erzurum kenti ambalaj atıklarının geri dönüşümü için tersine lojistik ağı tasarımı ve bir karma tamsayılı programlama modeli”, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 24:1, 2010, 89-112.

Tablo 7. Cuma günü mevcut ve optimal rota sırası

Sağlık Merkezleri	Mevcut sıralama	Optimal sıralama
Tepebaşı A.S.M.	12	27
Bahçelievler A.S.M.	13	23
Selim Özer A.S.M.	15	26
Karşıyaka A.S.M.	19	11
Gündoğdu 6 Nolu A.S.M.	20	10
Sanayi A.S.M.	22	19
Etiler A.S.M.	21	20
Bağlarbaşı A.S.M.	23	9
Yenimahalle A.S.M.	11	13
70.Yıl A.S.M.	7	18
Hacı Hidayet Doğurur A.S.M.	18	8
Verem Savaş Dispanseri	16	17
Callöz A.S.M.	24	15
Kızılay Kan Merkezi	8	12
Ana Çocuk Sağlığı	17	7
Bahçelievler Top. Sağlığı Mer.	14	6
Kaletepe A.S.M.	25	3
Çalılıöz-Seyrantepe A.S.M.	26	4
Kırıkkale Devlet Hastanesi	4	2
Süleyman Demirel Tıp Fakültesi	5	16
Yüksek İhtisas Hastanesi	6	28
Yonca Diyaliz	10	24
Kırıkkale Diyaliz Merkezi	9	1
Kale Can Diyaliz	3	14
Derman Deri Hst. Merkezi	1	25
Yaşam Tıp Merkezi	2	5
Kırıkkale Üni.Dış Hekimliği Fak.	27	21
Kırıkkale Ağız Dış Sağlığı Mrkz.	28	22

Tablo 8. Mevcut ve optimal mesafenin (km) karşılaştırılması

Günler	Mesafe	
	Mevcut	Optimal
Pazartesi	224.2	186.62
Salı	372.55	262.35
Çarşamba	521.35	403.74
Perşembe	395	345.59
Cuma	233.9	188.22

- [7] WHO MDI/EIP, "Marketing and Dissemination", Wastes from Health", *Care Activities*, Genova, 2000.
- [8] A. Rushton, P. Croucher, P. Baker, "Handbook of Logistics and Distribution Management", 3rd Edition, Kogan Page, Limited, 2006.
- [9] M. Demircioğlu, "Araç rotalama probleminin sezgisel bir yaklaşım ile çözümlenmesi üzerine bir uygulama", *Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Doktora tezi, Adana, 2009.
- [10] G.B. Dantzig, J.H. Ramser, "The Truck Dispatching Problem", *Management Science*, 6, 1959, 80-91.
- [11] P. Toth, D. Vigo, "The Vehicle Routing Problem", Siam, Bologna, 2002.
- [12] G. Clarke, J.W. Wright, "Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points", *Operations Research*, 12, 1964, 568-581.
- [13] G. Nagy, S. Salhi, "Heuristic Algorithms for Single and Multiple Depot Vehicle Routing Problems with Pickups and Deliveries", *European Journal of Operational Research*, 162, 2003, 126-141.
- [14] H. Min, "The Multiple Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pick-Up Points", *Transportation Research Part A*, 23:5, 1989, 377-386.
- [15] F.A.T. Montane, R.D. Galvao, "A Tabu Search Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pick-Up and Delivery Service", *Computers and Operations Research*, 33, 2006, 595-619.
- [16] P. Chen, H. Huang, X. Dong, "An ant colony system based heuristic algorithm for the vehicle routing problem with simultaneous delivery and pickup", *ICIEA 2007: 2007 Second IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications*, 136-141, 2007.
- [17] E.E. Zachariadis, C.D. Tarantilis, C.T. Kiranoudis, "Hybrid metaheuristic algorithm for the vehicle routing problem with simultaneous delivery and pick-up service", *Expert System with Applications*, 36, 2009, 1070-1081.
- [18] E.E. Zachariadis, C.D. Tarantilis, C.T. Kiranoudis, "An adaptive memory methodology optimization for the vehicle routing problem with simultaneous pick-ups and deliveries", *European Journal of Operational Research*, 202:2, 2009, 401-411.
- [19] A. Subramanian, L.M.A. Drummond, C. Bentes, L.S. Ochi, R. Farias, "A parallel heuristic for the vehicle routing problem with simultaneous pickup and delivery", *Computers & Operations Research*, 37, 2009, 1899-1911.
- [20] Y. Gajpal, P. Abad, "An ant colony system (ACS) for vehicle routing problem with simultaneous delivery and pickup", *Computers & Operations Research*, 36:12, 2009, 3215-3223.
- [21] T.J. Ai, V. Kachitvichyanukul, "A particle swarm optimization for the vehicle routing problem with simultaneous pickup and delivery", *Computers & Operations Research*, 36, 2009, 1693-1702.
- [22] M. Dege, E. Sungur, B. Aytaç, T. Eren, "Araç rotalama problemi ile Kırıkkale Belediyesi halk ekmek dağıtımı", *Proceedings of the 12th International Symposium on Econometrics Statistics and Operations Research*, 66-276, Denizli, Turkey, 2011.
- [23] GAMS 22.5, Development Corporation GAMS- the solver manuals, *GAMS user notes*, Washington, DC USA, 2007.