

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

**OLASI BİR İSTANBUL DEPREMİNDE YARALI TOPLAMA NOKTALARININ
KONUŞLANDIRILMASININ OPTİMİZASYONU**

Burcu DARENDE ŞİMŞEK¹, Özgür YENİAY²

ÖZ

Bu çalışmada, olası bir İstanbul depreminden zarar görmüş bölge sakinlerinin erişebileceği yaralı toplama noktalarının en uygun konuş yerlerinin bulunması amaçlanmıştır. Çalışmada, İstanbul deprem afet planında yer alan dört senaryo deprem içerisinde meydana gelme olasılığı en yüksek olan senaryo deprem modeli ve ilçelere göre tahmini ağır yaralı sayıları kullanılmıştır. Problem, uygun kapsama uzaklıkları kullanılarak (1, 2, 3 km) bir maksimum kapsama problemi olarak modellenmiş ve SİTATION yazılımı ile çözülmüştür. Yaralı toplama noktalarının her biri, bu noktalara ulaşan/ulaştırılan yaralılara sağlık hizmeti sunacağı için birer tesis olarak düşünülürken; sağlık hizmeti alacak yaralıların buldukları ilçe merkezleri de talep noktaları olarak kabul edilmiştir. Uygun kapsama uzaklıklarının her biri için yapılan çözümlene sonuçları, ağır yaralı talebi karşılanan ve karşılanmayan ilçelerden oluşan tablolar halinde verilmiştir. Bu sonuçlar karşılaştırıldığında, kapsama uzaklığı arttığında talebin karşılanma oranı da beklendiği gibi artış göstermektedir. Ayrıca, çalışmada talep noktaları olarak ağır yaralı tahminlerine ilçeler bazında ulaşılabilirdiği için, her bir ilçenin ağır yaralı sayısı o ilçe merkezinin talebi olarak alınmıştır. Sağlık Bakanlığı'nın İstanbul için önerdiği yaralı toplama noktalarının ilgililenilen deprem senaryosu karşındaki yeterlilik durumu değerlendirilerek önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Maksimum kapsama problemi, Tesis yer seçimi problemleri, yaralı Toplama noktaları.

**OPTIMIZATION OF LOCATING CASUALTY COLLECTION POINTS IN A
POSSIBLE ISTANBUL EARTHQUAKE**

ABSTRACT

In this study, the selection of the casualty collection points that can be accessible for the wounded residents who have been damaged from the possible İstanbul earthquake is aimed to find the most

¹Başkent Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Bölümü, Ankara.
e-posta: darende@baskent.edu.tr

²Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, Ankara.
e-posta: yeniay@hacettepe.edu.tr

appropriate location. In the four scenarios of earthquakes which take place in the İstanbul earthquake disaster plan, the most possible scenario earthquake plan and the number of estimated wounded people are used in the study. The problem is modelled as a maximum coverage problem using the appropriate coverage distances (1, 2, 3 km) and solved with SITATION software. The each of casualty collection points are considered to be a facility to supply a health care for wounded people reached/transported this point, while the center of districts are accepted as demand points where wounded people demanding health care. The results of the analysis for each of the appropriate coverage distances are shown in tables composed of being covered and uncovered demand for seriously injured. According to these compared results, when the coverage distance increases, the percentage of covering demands increase which is expected. In addition to this, the center of districts are determined as demand points since the number of estimated wounded people are attainable only for districts in the study. In addition to the efficiency of the wounded collection points which ministry of health has offered for İstanbul has been assessed and advised.

Keywords: Maximal covering problems, Facility location problems, Casualty collection points.

1. GİRİŞ

Tesis yer seçimi problemleri yöneylem araştırmasında çok geniş uygulamalara sahiptir. Bu uygulamalar, fabrikalar, işletmeler, alışveriş merkezleri gibi ticari kuruluşların ya da okul, hastane, itfaiye merkezleri gibi kamu kuruluşlarının yer seçiminden, acil servis araçlarının yer seçimine kadar çok çeşitli konuda karşımıza çıkmaktadır. Tesis yer seçimi problemlerinin uygulama olarak karşımıza çıktığı diğer bir konu, bir afet sonrasında afetten etkilenen bölgede yaşanacak kargaşa durumunu azaltıcı faaliyetlerden olan yaralı toplama noktalarının yer seçimidir.

1.1 Yaralı Toplama Noktalarının Yer Seçimi

Yaralı toplama noktaları, yaralıların toplandığı, durumlarına göre sınıflandırıldığı, çok acil hastaların tedavilerinin yapıldığı, gerek görülen hastaların sahra hastanelerine ya da afet bölgesi dışındaki hastanelere nakledildiği geçici bir süre için oluşturulan yerlerdir (Schultz vd., 1996).

Yaralı toplama noktaları, çok sayıda yaralıya acil sağlık hizmeti gerektiren büyük afetlerde (deprem, sel, hortum vb.) derhal faaliyete başlamalıdır (Drezner vd., 2006). Aksi takdirde, hastanelere yoğun talep artışının olması ve sonucunda personel zamanı ve malzemenin kurtarılamayacak veya yardıma gerek olmadan iyileşecek yaralılara harcanması kaçınılmazdır.

Yardımla iyileşecekler ise gerekli hizmet verilemediğinden kayıplar artacaktır. (Akdur, 2001). Bu nedenle yaralı toplama noktaları bir afet meydana gelmeden önce planlanmalı ve afet planlarında yer almalıdır. Aksi takdirde, bu noktaların afet anında belirlenmesi, desteklenmesi ve yönetilmesi zor olacaktır (Callaway, 2002). Bir ülkenin doğal afetler sırasında etkili yönetim planlarını uygulamaya koyabilmesi için sağlık hizmetleri ve acil servislerde, hastane içi ve dışı organizasyonlar ile belirli stratejilerin ve standartların oluşturulması gereklidir (ambulans, acil ekipler için yolların açık tutulması, vb). Bu sistem, kazazedelerin uygun sağlık bakım olanaklarına hızlı ve organize bir şekilde ulaşabilecekleri veya taşınabilecekleri bir düzende kurulmalıdır (Akpek vd., 2002). Yaralı toplama noktaları olarak belirlenecek yerler, kolej ya da üniversite kampüsleri, lise bahçeleri, stadyumlar ve büyük parklar olabilir. Bu yerlerin yaralı toplama noktaları olarak düşünülmesinin nedeni, açık, yıkıntı ya da çökme durumu olmayan, çok sayıda kişiyi karşılayabilen ve helikopter konuşlanmasına uygun yerler olmalarıdır (Drezner, 2004).

(Koehler vd., 1992) Amerika'nın Kaliforniya eyaletinde meydana gelebilecek büyük bir afet durumunda yaralıların toplanması, öncelikli sınıflandırılmalarının (triya) ve ciddi tıbbi tedavilerinin yapılması, bekletilmesi ve tahliye edilmesi amacıyla yetkililer tarafından belirlenmiş yaralı toplama noktaları için bilgisayar simülasyonu yapmışlardır. Oluşturulan yaralı toplama noktalarını personel ve malzeme farklılıkları bakımından karşılaştırmışlardır.

Elde ettikleri sonuçlarda, yaralıların getirildiği yaralı toplama noktasının ve burada gerçekleştirilen öncelikli sınıflandırmanın ölüm oranına doğrudan etkisi olduğu görülmüştür. Bununla birlikte yaralıya müdahale etme zamanının önemi vurgulanmaktadır.

Yaralı toplama noktalarının yer seçimi, kamu sektöründe yer seçimi problemlerinin özel bir durumudur (ReVelle vd., 1977). Drezner (2004) yaralı toplama noktaları modeli için, acil hizmetler yer seçimi modellerine ek olarak yeni varsayımlar tanımlamıştır.

Bu varsayımlar:

- Afetten etkilenen bölgede alt yapı ciddi anlamda hasar görmüştür.
- Acil servisler talep noktalarına ulaşamamaktadır.
- Yardım talepleri, hastanelerin ve yardım kuruluşlarının kapasitesini aşmıştır.
- Hastanelerin kendileri de zarar görmüştür.

Bu varsayımlar altında yaralılar, etkilenen bölge içerisinde daha önceden belirlenmiş en yakın yaralı toplama noktalarına kendi imkanları ile ya da yürüyerek ulaşarak yardım alabilirler.

Yaralı toplama noktalarının birçok avantajı vardır. Bunlar;

- Durumu kritik olan yaralılara bir an önce müdahale edilebilir.
- Tıbbi personel bu noktalara gönderilerek karmaşa ortamını rahatlatılabilir.
- İhtiyaç duyulursa, tıbbi müdahale ekipleri formüle edilebilir, kontrolleri ve sevkleri sağlanabilir.
- Böylece yaralıların durumu değerlendirilerek kesin bakımları verimli bir şekilde yapılabilir.
- Yaralılar için gerekli sterilizasyon işlemleri kontrol edilebilir (Drezner, 2004).

2. YÖNTEMLER

2.1 İstanbul'da Büyük Ölçekli Bir Deprem Durumunda Oluşturulacak Yaralı Toplama Noktalarının Yer Seçimi

2.1.1 İstanbul ve Depremselliği

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sık sık doğal afetlerle karşı karşıya kalmaktadır. Ülkemizde yaşanan doğal afetlerin başında %76 oranında depremler gelmektedir. Özellikle ülkemizde başta İstanbul olmak üzere, en yıkıcı olan depremlerin 1509, 1766 ve 1894 depremleri olduğu ve bu depremlerin de Kuzey Anadolu Fay Hattı'nın İstanbul yakınındaki segmentlerin kırılması sonucu meydana gelmiş olduğu görülmektedir (Kundak ve Türkoğlu, 2007).

Türkiye Deprem Vakfı'nın verilerine göre, İstanbul'da 325, 427, 478, 865, 986, 1462, 1500, 1509, 1719, 1754, 1766 ve 1894 yıllarında aletsel büyüklüğü tahmini 7 büyüklüğünde, 553 yılında da aletsel büyüklüğü tahmini 7.6 büyüklüğünde önemli 13 deprem meydana gelmiştir.

İstanbul ilinin %58'inin I. ve II. derece, %42'sinin ise III. ve IV. derece deprem tehlikesi altında bulunduğu söylenebilir (Özmen, 2002).

2.1.2 İstanbul için Kullanılacak Yaralı Toplama Noktaları

İstanbul'da büyük ölçekli bir deprem olması durumunda kullanılmak üzere 2009 yılı içinde Ulusal Medikal Kurtarma Ekipleri (UMKE) tarafından oluşturulmuş yaralı toplama noktaları aşağıda verilmiştir.

Avrupa yakası için oluşturulan yaralı toplama noktaları: Cennet Açık Otoparkı, Florya Belediye Tesisleri, Halkalı Olimpiyat Stadı, Bağcılar Devlet Hastanesi, Zeytinburnu Kazlıçeşme Miting Alanı, Vakıf Gureba Hastane bahçesi, Cankurtaran Futbol Alanı, Eyüp Feshane, Okmeydanı Miting Alanı, Alisamiyen Stadı, İnönü Stadı, Metris Cezaevi yanı, Avcılar Ambarlı, Veliefendi Hipodromu, Fırusköy Sivil Savunma Alanı, Kasımpaşa Askeriye Hastane önü, Yenikapı İDO İskelesi, Okmeydanı E.A.H.,

Bakırköy Ruh ve Sinir Hastalıkları Hastanesi, Beşiktaş İskele Meydanı.

Anadolu yakası için oluşturulan yaralı toplama noktaları: Erenköy Ruh Sinir Hastanesinin bahçesi, Fatih Sultan Mehmet Hastanesinin bahçesi, Validebağ Hastanesinin bahçesi, Kartal Stadı, Pendik Stadı, Bostancı Gösteri Merkezinin otoparkı, Süreyyapaşa Göğüs Hastalıkları Hastanesi bahçesi, Beylerbeyi Stadı, Göztepe Hastanesinin otoparkı, Merdivenköy Poliklinik Otoparkı, Kadıköy Carrefour otoparkı, Bostancı Carrefour otoparkı, Cevizli Carrefour otoparkı, Kadıköy Salı Pazarı Meydanı (yeni taşınan yeri), Suadiye Plaj yolu (deniz tahliyesi için), Bostancı İskelesi otoparkı, Kartal iskelesi, Kaynarca Kavşağındaki Büyük Otopark, Şile Stadı, Sabiha Gökçen Havaalanı.

İstanbul ili için 2002 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) ve Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA)'nın birlikte hazırladığı Deprem Master Planı'nda yer alan Model A'ya göre depremin büyüklüğü 7.5 Mw (Moment büyüklüğü) olduğunda İstanbul için bazı değerler şu şekilde tahmin edilmiştir:

- Ağır Hasarlı Bina: 51.000
- Orta Hasarlı Bina: 63.000
- Az Hasarlı Bina: 138.000
- Ölü Sayısı: 73.000
- Ağır Yaralı Sayısı: 120.000

İstanbul için düşünülen maksimum kapsama probleminde, yaralı toplama noktaları ve JICA-İBB Raporu (2002) çalışmasında yer alan Model A deprem senaryosunda her bir ilçe için hesaplanan ağır yaralı sayıları, o ilçe için yaralı talebi olarak kullanılmıştır. Her bir talep noktası uygun kapsama uzaklıkları ile en yakın yaralı toplama noktalarına atanarak elde edilen sonuçlar incelenmiştir.

Yaralı toplama noktalarının her biri, bu noktalara ulaşan/ulaştırılan yaralılara sağlık hizmeti sunacağı için birer tesis olarak düşünülürken; sağlık hizmeti alacak yaralıların buldukları ilçe merkezleri de talep noktaları olarak kabul edilmiştir.

Problem, sabit sayıda tesis ile makul hizmet uzaklığı D_c içinde kapsayabileceği talebi en

büyük yapmayı amaçladığından bir maksimum kapsama problemi olarak ele alınmıştır.

Ağır yaralılara hizmet cevabının hızlı olması hayati bir önem taşıdığından kapsama uzaklığının yaralılara en fazla yürüme mesafesinde ya da sedye ile hasta/yaralı taşınabilecek mesafede olması gerekir (Altıntaş, 2005). Uzmanlar bu nedenle kapsama uzaklığının 3 km'yi geçmemesi gerektiğini söylemektedir. Burada makul hizmet uzaklığı, diğer bir ifade ile kapsama uzaklığı D_c , 1, 2 ve 3 km alınarak toplam 40 tane yaralı toplama noktası ile kapsanabilen ilçeler ve kapsanan yaralı nüfus incelenmiştir.

2.2 Maksimum Kapsama Problemi

Çoğu yer seçimi probleminde müşterilere hizmet sunumu, müşteriler ile atandıkları tesisler arasındaki uzaklığa bağlıdır. Bazı yer seçimi problemlerinde ortalama uzaklıklar en küçüklenmeye çalışılırken, bazı durumlar için bu amaç uygun değildir. Örneğin, itfaiye ya da ambulans gibi acil servis araçlarının bir şehir içindeki yer seçiminde, talebin kısa bir zaman içinde karşılanması yaşamsal önem taşıdığından, bir maksimum makul hareket uzaklığı ya da zamanı belirlenmesi gerekir. Burada anahtar, *kapsama* sözcüğüdür (Owen ve Daskin, 1998).

Çoğu zaman bir talep düğümü ile tesis arasındaki en kısa yol uzunluğu kapsama uzaklığından daha küçük ya da eşitse, taleplerin kapsandığı söylenir. Tek bir kapsama uzaklığı, tüm talep düğümleri için kullanılabilir ya da kapsama uzaklığı hem kapsanan talep düğümlerine hem de aday tesis yerlerine bağlı olabilir (Daskin, 1995).

Kapsama problemleri, tüm talebin kapsanması gerektiren küme kapsama problemleri (set covering problems) ve talebin en iyi kapsanma durumunu veren maksimum kapsama problemi (maximum covering problems) olarak ikiye ayrılır (Owen ve Daskin, 1998).

Küme kapsama modellerinin amacı, sonlu bir aday yerler kümesinden tüm talebi karşılayacak minimum sayıda tesis yerine karar vermektir. Afet yardım zincirlerinde bunun anlamı, her bir potansiyel talep noktası, yardım

yapılacak ağ üzerinde bulunan bir tesisin belirlenmiş bir hedef cevap zamanı içinde olmalıdır. Diğer bir ifade ile, en yakınında bulunan tesisin kapsama uzaklığı içinde olmalıdır. Ancak, bu durumun sağlanması maliyetli olabilir, ya da dağıtım merkezleri her bir felaket senaryosunun talebini karşılayacak kadar uygun olmayabilir. Bu nedenle, kaynak kısıtlamaları olan ve maksimum düzeyde talebi karşılayacak tesis yerlerini seçmeyi amaçlayan bir maksimum kapsama tipi modeli, yardım zinciri ağ tasarımı için daha uygundur (Balcık ve Beamon, 2008).

İlk olarak Church ve ReVelle (1974) tarafından formüle edilen maksimum kapsama probleminin amacı, sabit sayıda tesis yerleştirilerek, makul hizmet uzaklığı D_c içinde kapsanan talep miktarını en büyükmektir (Church ve ReVelle, 1974).

Problemin matematiksel formülasyonu,

$$\text{Maks } \sum_{i \in I} h_i z_i \quad (1)$$

$$z_i \leq \sum_{j \in N_i} x_j \quad \forall i \in I \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} x_j \leq p \quad (3)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (4)$$

$$z_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad (5)$$

biçimindedir. Burada,

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{eğer tesis } j \text{ aday yerine} \\ & \text{yerleştirilirse} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$z_i = \begin{cases} 1, & \text{i talebi karşılanıyorsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

I , talep düğümlerinin kümesi; J , aday yerlerin kümesi; p , yerleştirilecek tesislerin sayısı ve h_i , i . düğümdeki talep miktarıdır. N_i ise, i talep düğümünü kapsayabilen tüm aday yerlerin kümesidir. Amaç fonksiyonu, kapsanan talep miktarını en büyükmektedir. (2) kısıtı, makul hizmet uzaklığı içinde hangi talep noktalarının kapsanacağını belirler. Kısıt (3), yerleştirilecek tesislerin sayısını p ile sınırlar. (4) ve (5) kısıtları, bütünlük kısıtlarıdır.

3. BULGULAR

İstanbul için oluşturulan yaralı toplama noktalarının, Model A senaryo depremine göre tahmin edilen ilçeler bazındaki ağır yaralı nüfusu kapsama oranları üç farklı kapsama uzaklığı (1, 2, 3 km) kullanılarak elde edilmiştir.

3.1 Model A İçin Maksimum Kapsama Probleminin Modellenmesi ve Çözümü

İstanbul için maksimum kapsama problemi sabit sayıda tesis ile makul hizmet uzaklığı D_c içinde kapsayabileceği talebi en büyük yapmayı amaçladığından bir maksimum kapsama problemi olarak ele alınmıştır. Buna göre oluşturulan model (1)-(5) eşitliklerine göre,

$$\text{Maks } \sum_{i \in I} h_i z_i \quad (6)$$

$$z_i \leq \sum_{j \in N_i} x_j \quad i=1, \dots, 30 \quad (7)$$

$$\sum_{j \in J} x_j \leq 40 \quad (8)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (9)$$

$$z_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad (10)$$

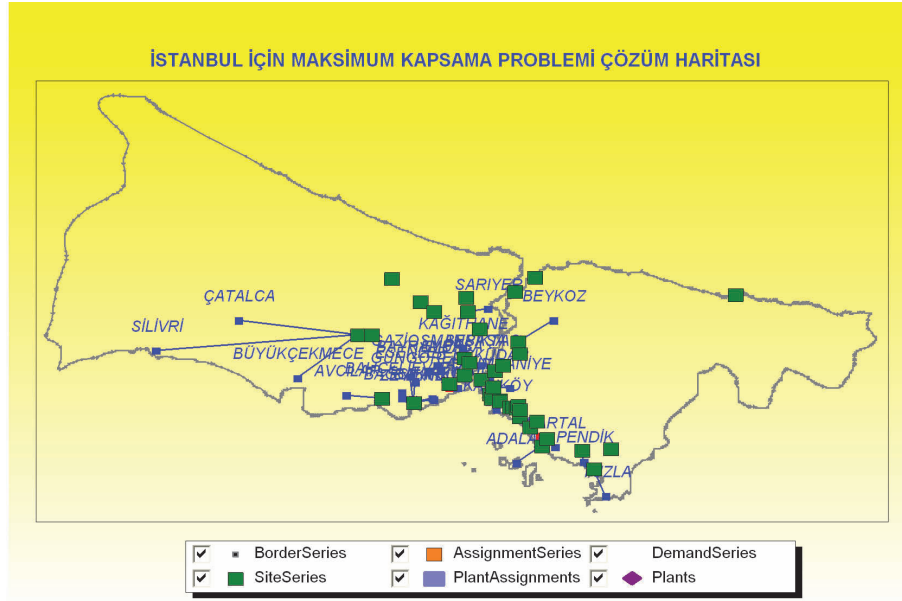
biçiminde oluşturulmuştur. Burada,

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{yaralı toplama noktası} \\ & \text{j aday yerine yerleştirilirse} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$z_i = \begin{cases} 1, & \text{i. ilçe merkezindeki ağır} \\ & \text{yaralıların talebi karşılanıyorsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

I ilçe merkezlerinin kümesi, J yaralı toplama noktası olmaya aday yerlerin kümesi ve h_i , i . ilçe merkezindeki ağır yaralı talep miktarıdır. N_i ise, i ilçe merkezinin ağır yaralı talebini karşılayabilen tüm aday yerlerin kümesidir.

Situation yazılımında kapsama uzaklığı (D_c) 1 km alınarak çözüldüğünde elde edilen sonuçlar Şekil 1'de gösterilmiştir.

Şekil 1. Model A için çözüm haritası ($D_c=1$)

Şekil 1’de Kapsama uzaklığı (D_c) 1 km alındığında elde edilen çözüm haritası görülmektedir. Sonuçlar tartışılmadan önce harita üzerindeki noktaların ne anlam ifade ettiklerinden söz edilecek olursa, yeşil renkli noktalar yaralı toplama noktalarını, kırmızı renkli noktalar makul kapsama uzaklığı içinde talebi

karşılanan ilçeleri ve mavi olarak okunan yerler ise talebi karşılanmayan ilçeleri göstermektedir.

Talebi karşılanan ilçe merkezleri, talep sayıları ve atandıkları yaralı toplama noktaları Tablo1’de verilmiştir.

Tablo 1. Talebi karşılanan ilçeler ($D_c=1$)

Düğüm numarası	Talebi karşılanan ilçe ismi	Talep sayısı	Atandığı yaralı toplama noktası
48	Beyoğlu	4.914	Vakıf Gureba Hastane bahçesi
49	Eminönü	4.418	Veliefendi Hipodromu
58	Küçükçekmece	7.583	Cennet Açık Otoparkı
59	Maltepe	3.925	Cevizli Carrefour otoparkı
62	Şişli	2.369	Vakıf Gureba Hastane bahçesi
KARŞILANAN TOPLAM TALEP SAYISI: 23.209			

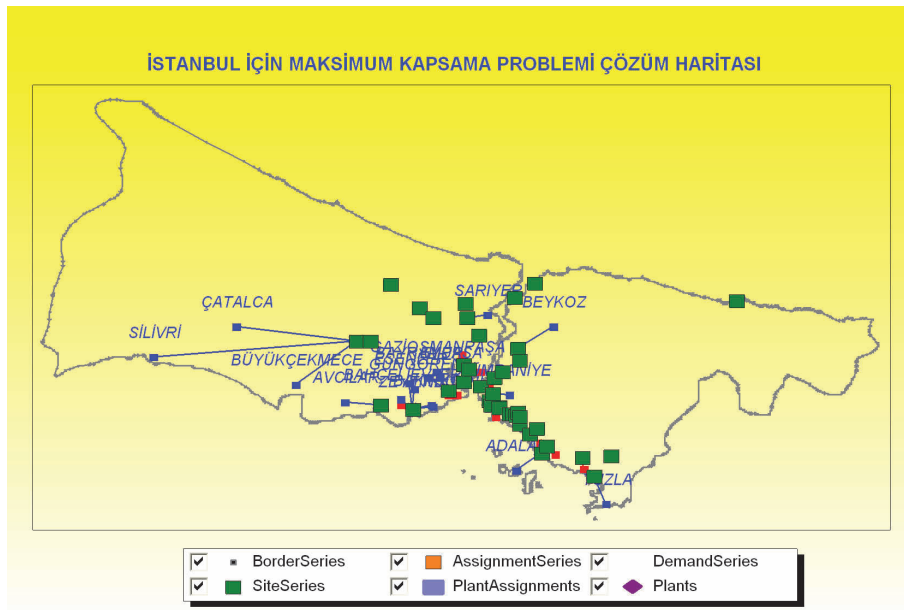
Tablo 1’de görüldüğü gibi karşılanan toplam talep sayısı 23.209’dur. Bu durumda yaralı toplama noktaları talebin en fazla % 19,404’ünü karşılayabilmektedir. Talebi karşılanmayan ilçeler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Talebi karşılanmayan ilçeler ($D_c=1$)

Düğüm numarası	Talebi karşılanmayan ilçe ismi	Talep sayısı	Düğüm numarası	Talebi karşılanmayan ilçe ismi	Talep sayısı
41	Avcılar	6.154	56	Kağıthane	2.654
42	Bağcılar	6.376	57	Kartal	4.265
43	Bahçelievler	7.630	60	Pendik	4.528
44	Bakırköy	5.735	61	Sarıyer	585
45	Bayrampaşa	5.713	63	Tuzla	2.762
46	Beşiktaş	2.108	64	Ümraniye	2.108
47	Beykoz	646	65	Üsküdar	2.764
50	Esenler	4.610	66	Zeytinburnu	6.785
51	Eyüp	3.316	67	Büyükçekmece	1.661
52	Fatih	7.873	68	Çatalca	47
53	Gaziosmanpaşa	3.846	69	Silivri	1.080
54	Güngören	4.959	70	Adalar	3.001
55	Kadıköy	5.196			
Toplam:		64.162	Toplam:		32.240
KARŞILANMAYAN TOPLAM TALEP SAYISI: 96.402					

Tablo 2’de görüldüğü gibi kapsama uzaklığı (D_c) 1 km alındığında 30 ilçeden 25’ inin talebi karşılanmamaktadır.

Problem, kapsama uzaklığı (D_c) 2 km alınarak çözüldüğünde elde edilen sonuçlar Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Model A için çözüm haritası ($D_c=2$)

Kapsama uzaklığı (D_c) 2 km alındığında talebi karşılanan ilçe merkezleri, talep sayıları

ve atandıkları yaralı toplama noktaları Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Talebi karşılanan ilçeler ($D_c=2$)

Düğüm numarası	Talebi karşılanan ilçe ismi	Talep sayısı	Atandığı yaralı toplama noktası
42	Bağcılar	6.376	Florya Belediye Tesisleri
46	Beşiktaş	2.108	Cankurtaran Futbol Alanı
48	Beyoğlu	4.914	Vakıf Gureba Hastane Bahçesi
49	Eminönü	4.418	Veliefendi Hipodromu
52	Fatih	7.873	Veliefendi Hipodromu
55	Kadıköy	5.196	Göztepe Hastanesinin Otoparkı
56	Kağıthane	2.654	Bakırköy Ruh Sinir Hastalıkları Hastanesi
57	Kartal	4.265	Cevizli Carrefour Otoparkı
58	Küçükçekmece	7.583	Cennet Açık Otoparkı
59	Maltepe	3.925	Cevizli Carrefour Otoparkı
60	Pendik	4.528	Pendik Stadı
62	Şişli	2.369	Vakıf Gureba Hastane Bahçesi
65	Üsküdar	2.764	Validebağ Hastanesinin Bahçesi
KARŞILANAN TOPLAM TALEP SAYISI: 58.973			

Kapsama uzaklığı 2 km iken, karşılanan toplama talep sayısı 58.973, karşılanmayan toplam talep sayısı 60.638, yaralı toplama nok-

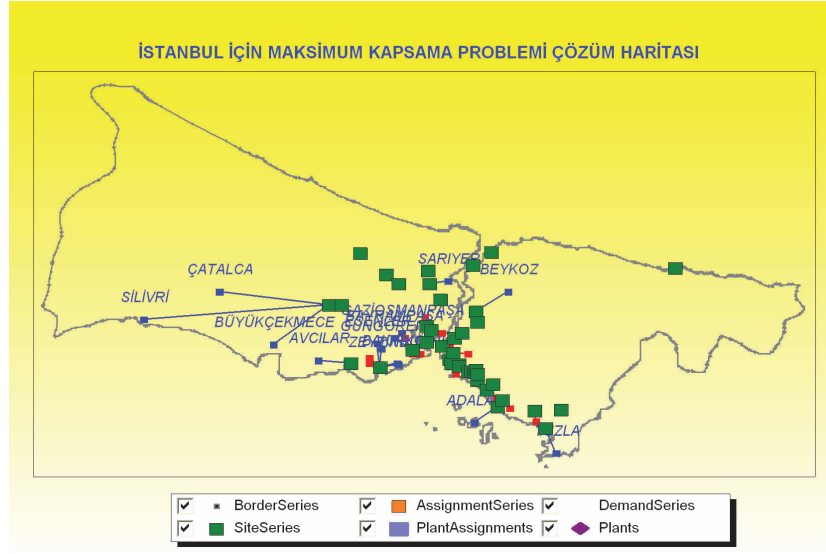
talesinin talebi maksimum kapsama düzeyi % 49,304'tür. Talebi karşılanmayan ilçe merkezleri ve talep sayıları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Talebi karşılanmayan ilçeler ($D_c=2$)

Düğüm numarası	Talebi karşılanmayan ilçe ismi	Talep sayısı	Düğüm numarası	Talebi karşılanmayan ilçe ismi	Talep sayısı
41	Avcılar	6.154	61	Sarıyer	585
43	Bahçelievler	7.630	63	Tuzla	2.762
44	Bakırköy	5.735	64	Ümraniye	2.108
45	Bayrampaşa	5.713	66	Zeytinburnu	6.785
47	Beykoz	646	67	Büyükçekmece	1.661
50	Esenler	4.610	68	Çatalca	47
51	Eyüp	3.316	69	Silivri	1.080
53	Gaziosmanpaşa	3.846	70	Adalar	3.001
54	Güngören	4.959			
Toplam:		42.609	Toplam:		18.029
KARŞILANMAYAN TOPLAM TALEP SAYISI: 60.638					

Tablo 4'te görüldüğü gibi kapsama uzaklığı 1km'den 2km'ye arttırıldığında beklendiği gibi talebi karşılanmayan ilçe ve talep sayısında bir azalma olmuştur. Ancak 30 ilçeden 17'si ağır yaralı taleplerinin karşılanması bakımından

açıkta kalmaktadır. Problem, kapsama uzaklığı (D_c) 3 km alınarak çözüldüğünde elde edilen sonuçlar Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Model A için çözüm haritası ($D_c=3$)

Kapsama uzaklığı (D_c) 3 km alındığında talebi karşılanan ilçe merkezleri, talep sayıları

ve atandıkları yaralı toplama noktaları Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Talebi karşılanan ilçeler ($D_c=3$)

Düğüm numarası	Talebi karşılanan ilçe ismi	Talep sayısı	Atandığı yaralı toplama noktası
42	Bağcılar	6.376	Florya Belediye Tesisleri
43	Bahçelievler	7.630	Florya Belediye Tesisleri
46	Beşiktaş	2.108	Cankurtaran Futbol Alanı
48	Beyoğlu	4.914	Vakıf Gureba Hastane Bahçesi
49	Eminönü	4.418	Veliefendi Hipodromu
51	Eyüp	3.316	Veliefendi Hipodromu
52	Fatih	7.873	Veliefendi Hipodromu
55	Kadıköy	5.196	Göztepe Hastanesinin Otoparkı
56	Kağıthane	2.654	Bakırköy Ruh Sinir Hastalıkları Hastanesi
57	Kartal	4.265	Cevizli Carrefour Otoparkı
58	Küçükçekmece	7.583	Cennet Açık Otoparkı
59	Maltepe	3.925	Cevizli Carrefour Otoparkı
60	Pendik	4.528	Pendik Stadı
62	Şişli	2.369	Vakıf Gureba Hastane Bahçesi
64	Ümraniye	2.108	Validebağ Hastanesinin Bahçesi
65	Üsküdar	2.764	Validebağ Hastanesinin Bahçesi
KARŞILANAN TOPLAM TALEP SAYISI: 72.027			

Kapsama uzaklığı 3 km iken, karşılanan toplama talep sayısı 72.027, karşılanmayan toplam talep sayısı 47.584, yaralı toplama noktalarının talebi

maksimum kapsama düzeyi % 60,218'tür. Tablo 6'da talebi karşılanmayan ilçeler verilmiştir.

Tablo 6. Talebi karşılanmayan ilçeler ($D_c=3$)

Düğüm numarası	Talebi karşılanmayan ilçe ismi	Talep sayısı	Düğüm numarası	Talebi karşılanmayan ilçe ismi	Talep sayısı
41	Avcılar	6.154	61	Sarıyer	585
44	Bakırköy	5.735	63	Tuzla	2.762
45	Bayrampaşa	5.713	66	Zeytinburnu	6.785
47	Beykoz	646	67	Büyüçekmece	1.661
50	Esenler	4.610	68	Çatalca	47
53	Gaziosmanpaşa	3.846	69	Silivri	1.080
54	Güngören	4.959	70	Adalar	3.001
Toplam:		31.663	Toplam:		15.921
KARŞILANMAYAN TOPLAM TALEP SAYISI: 47.584					

Tablo 6’da görüldüğü gibi kapsama uzaklığı 3 km olarak alındığında 14 ilçenin ağır yaralı talebi karşılanmamaktadır.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Elde edilen sonuçlardan görülmektedir ki, İstanbul’un Avrupa ve Anadolu yakaları için ayrı ayrı düşünülmüş toplam 40 tane yaralı toplama noktasının 1, 2 ve 3 km kapsama uzaklıkları için yaralı nüfusu kapsama oranları beklenenden düşüktür. Kapsama uzaklığı arttırıldığında talebin kapsama oranının da artacağı açıktır, ancak ağır yaralılara hizmet cevabının hızlı olması gerekliliği göz önünde bulundurulduğunda, ağır yaralılara olan uzaklığı 3 km’yi geçen yaralı toplama noktalarının hayat kurtarmada yeterli olmadığı söylenebilir.

Bu nedenle İstanbul için oluşturulan yaralı toplama noktalarının, talep noktalarına olan uzaklıklarına ve olası yaralı tahmin sayılarına göre yeniden gözden geçirilip belirlenmesi gerekmektedir. Çalışmada aynı zamanda, İstanbul’daki yaralı toplama noktası olmaya aday yerler kümesinden makul kapsama uzaklıkları içinde talebin maksimum kapsanması amacıyla ihtiyaç duyulacak yaralı toplama sayısına karar verilmek istenmiş, ancak aday yerlerin kümesine ve koordinatlarına ulaşma zorluğu nedeniyle bu uygulamaya yer verilememiştir. Ayrıca, çalışmada talep noktaları olarak ağır yaralı tahminlerine ilçeler bazında ulaşılabildiği için, her bir ilçenin ağır yaralı sayısı o ilçe merkezinin talebi olarak alınmıştır. Ağır yaralı tahmin

sayıları belediyeler ya da mahalleler bazında incelenemediğinde, daha anlamlı sonuçlar elde edilebileceği açıktır.

KAYNAKLAR

- Akdur, R. (2001). Disaster preparedness and disaster management. Afetlerde Sağlık Hizmetleri Yönetimi T.C. Sağlık Bakanlığı Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü, TAKAV Matbaacılık, Ankara 1-62.
- Akpek, A.E, Dönmez, A., Kızıllan, A. ve Arslan, G. (2002). Role of a back-up anaesthesia department after massive disaster: our experience during the Marmara Earthquake. *Türkiye Klinikleri, Tıp Bilimleri* 22(5), 502–504.
- Altıntaş, H. (2005). Disasters and disaster medicine, Bölüm 12. İn: Halk Sağlığı Temel Bilgiler. Editörler Güler Ç, Akın L. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara 646.
- Balcık, B. and Beamon, B.M. (2008). Facility location in humanitarian relief. *International Journal of Logistics: Research and Applications* 11(2), 101–121.
- Callaway, D.W. (2002). Emergency medical services in disaster: In Hogan D. E., Burstein J. L., eds. *Disaster Medicine* 2nd ed. Lippincott Williams & Wilkins 127-139.

- Church, R.L. and ReVelle, C. (1974). Maximal covering location problem. *Papers of the Regional Science Association*; 32 (1), 101–118.
- Daskin, M.S. (1995). *Network and discrete location: Models, Algorithms and Applications*. John Wiley & Sons, Inc., New York 520.
- Drezner, T. (2004). Location of casualty collection points. *Environment and Planning C: Government and Policy* 22(6), 899–912.
- Drezner, T., Drezner, Z. and Salhi, S.A. (2006). multi-objective heuristic approach for the casualty collection points location problem. *Journal of the Operational Research Society* 57(6), 727-734.
- JICA-IMM “İstanbul Metropolitan Municipality-Japan International Cooperation Agency, A Disaster Prevention/Mitigation Basic Plan in İstanbul”, Final Report, Aralık 2002.
- Koehler, G.A., Foley, D. and Jones, M. (1992). Computer simulation of a California casualty collection point used to respond to a major earthquake. *Operations Research and Health Care: A Handbook of Methods and Applications* 7(4), 339-47
- Kundak, S. ve Türkoğlu, H. (2007). Analysis of earthquake risk in İstanbul. *İtü dergisi/a - Mimarlık, Planlama, Tasarım Serisi* 6(2), 37- 46.
- Owen, S.H. and Daskin, M.S. (1998). Strategic facility location: A review. *European Journal of Operational Research* 111(3), 423-447.
- Özmen, B. (2002). Earthquake Scenario for İstanbul. *Türkiye Mühendislik Haberleri*; 417(47), 23-28.
- ReVelle, C., Bigman, D., Schilling, D., Cohon, J. and Church, R. (1977). Facility location: a review of context-free and EMS models. *Health Services Research* 12 (2), 129-146.
- Schultz, C.H., Koenig, K.L. and Noji, E.K. (1996). A medical disaster response to reduce immediate mortality after an earthquake. *New England Journal of Medicine* 334(7), 438–444.

