

Acil Sağlık Hizmetleri İstasyonlarının Yerleşim Probleminin  
Küme Kapsama ve Medyan Modeli Yaklaşımı ile Değerlendirilmesi:

Manisa İl Merkezi İçin Bir Uygulama

Begüm Eda Kısakol

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Aralık 2015

Evaluation of Location Problems of Emergency Health Services Stations

with the Approach of Set Covering and Median Model:

A Case Study for Manisa City Center

Begüm Eda Kısakol

**MASTER OF SCIENCE THESIS**

Department of Industrial Engineering

December 2015

Acil Sağlık Hizmetleri İstasyonlarının Yerleşim Probleminin Kùme Kapsama ve Medyan  
Modeli Yaklaşımı ile Değerlendirilmesi: Manisa İl Merkezi için Bir Uygulama

Begüm Eda Kısakol

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yöneylem Araştırması Bilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. Ahmet Sermet Anagün

Aralık 2015

## ONAY

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Begüm Eda Kısakol'un YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Acil Sağlık Hizmetleri İstasyonlarının Yerleşim Probleminin Küme Kapsama ve Medyan Modeli Yaklaşımı ile Değerlendirilmesi: Manisa İl Merkezi için Bir Uygulama ” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Ahmet Sermet Anagün

İkinci Danışman : -----

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Prof. Dr. Ahmet Sermet Anagün

Üye : Doç. Dr. Özden Üstün

Üye : Yrd. Doç. Dr. Rıfat Aykut Arapoğlu

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve  
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hürriyet ERŞAHAN

Enstitü Müdürü

## ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Prof. Dr. Ahmet Sermet Anagün danışmanlığında hazırlamış olduğum “Acil Sağlık Hizmetleri İstasyonlarının Yerleşim Probleminin Küme Kapsama ve Medyan Modeli Yaklaşımı ile Değerlendirilmesi: Manisa İl Merkezi için Bir Uygulama ” başlıklı YÜKSEK LİSANS tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 10/12/2015

Begüm Eda Kısakol

## ÖZET

Acil sağlık hizmetleri; acil hastalık, kaza, yaralanma gibi durumlarda, konusunda özel eğitim almış ekipler tarafından, tıbbi araç-gereç desteği ile olay yerinde, nakil sırasında ve sağlık kuruluşlarında sunulan tüm sağlık hizmetlerini içermektedir. Acil sağlık hizmetlerinde, operasyonel karar vericiler için en önemli husus çağrı merkezine bir çağrı geldiği anda çağrının vaka olup olmadığını tespit etmek, eğer vaka ise vakanın şiddetini ve aciliyetini netleştirecek istasyon ile ambulans tipini belirlemektir. Acil durumlarda zaman faktörü çok önemli olup, talebin karşılanması ve hızlı müdahalenin sağlanması için; uygun yerlerde, yeterli sayı ve kapasitede istasyonların yerleşimin yapılması gerekir. Bu ise yöneticiler için stratejik bir karar olup, uzun dönem kaynak planlamasını gerektirmektedir.

Bu çalışmada acil sağlık hizmetleri istasyonlarının yerleşim problemi Yöneylem Araştırması bakış açısıyla değerlendirilerek Manisa il merkezi için bir çalışma yapılmıştır. Çalışma kapsamında Manisa İli Sağlık Müdürlüğü'ne bağlı, yirmi dört saat kesintisiz ambulans hizmeti veren, yedi A tipi istasyon ele alınmıştır. İstasyonların eniyi şekilde yerleşimi ve hizmet alanlarının değerlendirilmesinde "P-Medyan Modeli" ile "Enbüyük Kapsama Yerleşim Modeli" etkileşimli olarak kullanılmıştır. Her iki model göz önünde bulundurulduğunda çalışmanın amacı, en az sayıda istasyon ve araç sayısı ile karşılanan talebin enbüyüklenmesidir. Kurulan matematiksel modeller GAMS 24.0 programında Cplex 12.5 çözücüsü ile çözülmüş olup sonuçları detaylı bir şekilde değerlendirilmiştir. Matematiksel modellerin uygulanması sonucunda nüfus ve vaka modellerinde uzaklık ve ulaşım süreleri ile kapsama oranlarında iyileşme olduğu görülmektedir.

Çalışma sonucunda birincil olarak vakaya ulaşım mesafelerinin azaltılması, hızlı müdahale ile acil vakaların ölüm hızının düşürülmesi, vakanın müdahale sonrası yaşamını sağlama; ikincil olarak ise acil sağlık hizmetlerine olan güvenilirliğin ve hizmet kalitesinin artırılması amaçlanmaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** Acil Sağlık Hizmetleri, Acil Sağlık Hizmetleri İstasyonları Yerleşimi, Enbüyük Kapsama Yerleşim Modeli, P-Medyan Modeli, Stratejik karar verme, Uzun dönem kaynak planlaması

## SUMMARY

Emergency health services covers the health services of emergent illnesses, accident, injuries and the like practiced by the crew of trained staff especially in the field using support of health tools and related devices at the scene of accident, these activities include transportation of the victims to the hospital. When an emergency call is received, the most important issue for authorities at the emergency health services is to determine whether the case is serious as not if the case serious to clarify the urgency and assign the related station and the type of the ambulance. In urgent situations, time factor is vitally important to meet the call and to provide rapid invention when convenient, adequate number capacity must be established. This is a strategic decision for the authorities and needs a long-term resource planning.

In this study, location problem of the emergency health services stations is evaluated with Operations Research viewpoint and the study is realized for Manisa City Center. Depending on the scope of work seven A type station which can serve twenty four hours uninterrupted ambulance service and it belongs to Health Directorate of Manisa. In the evaluation of the optimal arrangement stations and services areas, “P-Median Model” and “Maximal Coverage Location Model” are used interactively. When both models considered, the purpose of study is maximizing the demand with the minimum number of station and the minimum number of vehicles. Established mathematical models are solved using Cplex 12.5 solver in GAMS 24.0 and results are discussed in detail. As a result of the application of mathematical models; distance, transportation time and covering rate are improved in population and case models.

At the end of the study, it is primarily aimed that reduction of transport distance from case, mortality rate with rapid response to emergencies ensure that cases of life after intervention; as secondary it is aim that increasing the reliability and quality of service that the emergency health services.

**Keywords:** Emergency Health Services, Emergency Health Services Stations Location, Maximum Coverage Location Model, P-Median Model, Strategic Decision Making, Long Term Resource Planning

## TEŞEKKÜR

Bu tezin her aşamasında bana danıŐmanlık ederek beni yÖnlendiren ok değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet Sermet Anagün'e en iten teŐekkürlerimi sunarım. alıŐmamın veri toplama aşamasında bana her tÖrlÖ desteği sağlayan Manisa Acil Sağlık Hizmetleri Őube MÖdÖrlÖğü Başhekimliği ve bÖnyesindeki İstatistik Birimi'ne, tezimin son aşamasında; kıymetli gÖrÖŐ ve Önerilerinden yararlandığım Sayın İsmail Yıldırım'a teŐekkÖrü bir borç bilirim.

Bu sÖrete bana her konuda destek ve yardımcı olan canım anneciğim ve babacığıma sonsuz teŐekkÖrler...



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET</b> .....	vi
<b>SUMMARY</b> .....	vii
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	viii
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	xi
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	xii
<b>KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	xiv
<b>1.GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. ACİL SAĞLIK VE AMBULANS HİZMETLERİNİN GELİŞİMİ</b> .....	3
2.1. Dünya’da Hastane Öncesi Acil Sağlık Hizmetleri .....	4
2.2. Türkiye’de Hastane Öncesi Acil Sağlık Hizmetleri .....	5
2.3. Türkiye’de Acil Sağlık Hizmetlerinin Yapısı .....	6
2.3.1. İl ambulans servisi başhekimliği .....	6
2.3.2. 112 komuta kontrol merkezi .....	7
2.3.3. 112 Acil sağlık hizmetleri istasyonları .....	9
2.3.3.1. <u>A tipi istasyon</u> .....	9
2.3.3.2. <u>B tipi istasyon</u> .....	10
2.3.3.3. <u>C tipi istasyon</u> .....	10
2.3.4. Komuta Kontrol Merkezi’nde çağrının değerlendirilmesi ve ambulansların yönlendirilmesi .....	10
<b>3. TESİS YERLEŞİM PROBLEMİ</b> .....	12
3.1. Literatür Taraması .....	12
3.2. Tesis Yerleşim Probleminin Temel Yapısı ve Sınıflandırılması .....	15
3.2.1. Statik tesis yerleşim problemleri .....	16
3.2.1.1. <u>Sürekli tesis yerleşim problemleri</u> .....	16
3.2.1.2. <u>Ayrık tesis yerleşim problemleri</u> .....	17
3.2.1.3. <u>Ağ tesis yerleşim problemleri</u> .....	17
3.2.2. Dinamik Tesis Yerleşim Problemleri .....	18
3.3. Tesis Yerleşim Probleminin Yöneylem Araştırmasındaki Yeri .....	19

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
<b>4. ACİL SAĞLIK HİZMETLERİ AMBULANSLARININ YERLEŞİM</b>	
<b>PROBLEMİNE İLİŞKİN MODELLER .....</b>	20
4.1. Kapsama Kavramı .....	20
4.2. Kapsama Temelli Acil Ambulans Yerleşim Modelleri .....	22
4.2.1. Statik yerleşim için temel modeller .....	22
4.2.2. Ek kapsamalı deterministik statik modeller .....	24
4.2.3. Ek kapsamalı olasılıklı statik modeller .....	26
4.2.4. Dinamik modeller .....	27
4.3. Medyan Temelli Acil Ambulans Yerleşim Modeli .....	28
4.4. Modellerin Değerlendirilmesi .....	30
<b>5. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	33
5.1. P-Medyan Modeli .....	34
5.2. Enbüyük Kapsama Yerleşim Modeli .....	36
5.3. Mevcut Acil Sağlık İstasyonlarının Yerleşiminin Etkinliğinin Yıllara Göre Değerlendirilmesi .....	38
5.4. P-Medyan Modelinin Sonuçları ve Önerilen 112 Acil Yardım Ambulanları Yerleşiminin Etkinliğinin Yıllara Göre Değerlendirilmesi .....	41
5.4.1. Nüfus parametrelili p-medyan modeli sonuçları .....	41
5.4.2. Vaka parametrelili p-medyan modeli sonuçları .....	46
5.4.3. Nüfus vaka çarpımı parametrelili p-medyan modeli sonuçları .....	52
5.5. Model Sonuçlarının Yıllara Göre Değerlendirilmesi .....	58
5.6. Sistemin Dinamikliğinin Değerlendirilmesi .....	64
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	67
<b>7. KAYNAKLAR DİZİNİ .....</b>	70
<b>8. EK AÇIKLAMALAR .....</b>	75

**ŞEKİLLER DİZİNİ**

<b><u>Şekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
3.1. Alfred Weber'in yerleşim teorisi probleminin şematik gösterimi .....	13
3.2. Tesis yerleşim probleminin şematik gösterimi .....	14
4.1. Acil ambulans yerleşimi probleminin temel yapısı .....	21
4.2. Toplam mesafenin enküçüklenmesi modelinin şematik gösterimi .....	29

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge</b>	<b><u>Sayfa</u></b>
5.1. Mevcut acil sağlık hizmetleri istasyonları ve hizmet verdiği mahalleler.....	38
5.2. 2012-2014 yılları Manisa il merkezi nüfusu ve il merkezinde gerçekleşen vaka sayıları.....	40
5.3. 2012-2014 yıllarına göre mevcut yedi istasyonun yerleşimin kapsama etkinliği.....	40
5.4. 2012-2013 yılları nüfus parametrelili p-medyan modeli sonuçları.....	41
5.5. 2014 yılı nüfus parametrelili p-medyan modeli sonuçları.....	43
5.6. 2012-2014 yılları nüfus sayısına göre önerilen yerleşimlerin kapsama oranları.....	45
5.7. 2012 yılı vaka parametrelili p-medyan modeli sonuçları.....	46
5.8. 2013 yılı vaka parametrelili p-medyan modeli sonuçları.....	48
5.9. 2014 yılı vaka parametrelili p-medyan modeli sonuçları .....	50
5.10. 2012-2014 yılları vaka modellerine göre önerilen yerleşimlerin kapsama oranları.....	51
5.11. 2012 yılı nüfus vaka çarpımı parametrelili p-medyan modeli sonuçları.....	52
5.12. 2013 yılı nüfus vaka çarpımı parametrelili p-medyan modeli sonuçları.....	54
5.13. 2014 yılı nüfus vaka çarpımı parametrelili p-medyan modeli sonuçları.....	56
5.14. 2012-2014 yılları nüfus vaka çarpımına göre önerilen yerleşimlerin kapsama oranları.....	58
5.15. 2012-2014 yılları nüfus parametrelili modellere göre ambulans sayısına bağlı kapsama oranları.....	59
5.16. 2012-2014 yılları vaka parametrelili modellere göre ambulans sayısına bağlı kapsama oranları .....	60
5.17. 2012-2014 yılları nüfus vaka çarpımı parametrelili modellere göre ambulans sayısına bağlı kapsama oranları.....	60

**ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)**

<b>Çizelge</b>		<b><u>Sayfa</u></b>
5.18.	2012-2014 yılları nüfus parametrelili modellere göre istasyon sayısına bağlı kapsama oranları .....	61
5.19.	2012-2014 yılları vaka parametrelili modellere göre istasyon sayısına bağlı kapsama oranları .....,	61
5.20.	2012-2014 yılları nüfus vaka parametrelili modellere göre istasyon sayısına bağlı kapsama oranları .....	61
5.21.	Mevcut ve önerilen modellere göre istasyonların hizmet verdiği mahallelere olan toplam uzaklıkları .....	63

## KISALTMALAR DİZİNİ

### Kısaltmalar

ASHİ	Acil Sağlık Hizmetleri İstasyonu
BACOP1	Yedek Kapsama Modeli 1 (Backup Coverage Location Problem 1)
BACOP2	Yedek Kapsama Modeli 2 (Backup Coverage Location Problem 2)
DACL	Dinamik Hazır Bulunma Kapsama Yerleşim Modeli (Dynamic Available Coverage Location)
DDSM	Dinamik Çift Standart Modeli (Dynamic Double Standard Model)
DSM	Çift Standart modeli (Double Standard Model)
LSCM	Yerleşim Küme Kapsama Modeli (Location Set Covering Model)
MALP I	Enbüyük Hazır Bulunma Yerleşim Modeli 1 (Maximal Available Location Problem 1)
MALP II	Enbüyük Hazır Bulunma Yerleşim Modeli 2 (Maximal Available Location Problem 2)
MCLM	Enbüyük Kapsama Yerleşim Modeli (Maximal Covering Location Model)
MEXCLP	Enbüyük Beklenen Kapsama Yerleşim Modeli (Maximal Expected Coverage Location Problem)
NP-Zor (NP-Hard)	Deterministik Olmayan Polinomsal Süreli Zor Non-Deterministic Polynomial-Time Hard
WHO	Dünya Sağlık Örgütü World Health Organisation

## 1. GİRİŞ

Acil veya yaşamı tehdit eden durumlarda sağlık hizmetlerine erişim birçok toplumda önemli bir beklentidir (WHO, 2000). Sri Lanka'nın iki bölgesinde yapılan ankette insanların birincil sağlık hizmetlerinden acil bakım almayı bekledikleri ortaya konmuştur. Küçük rahatsızlıklar için geleneksel yöntemleri, ev ilaçlarını kullanırlarken, akut şikayetlerde birinci basamak sağlık kuruluşlarına başvurmuşlardır (Razak ve Kellerman, 2002). Acil sağlık hizmetleri, gerekli müdahalenin zamanında ve uygun bir şekilde yapılması durumunda, hizmete ihtiyaç duyan kişinin hayatını kurtaracak bir etkiye sahip olduğu için çok büyük öneme sahiptir (Demirhan, 2003).

112 acil sağlık hizmetleri; herhangi bir kaza veya yaşamı tehlikeye düşüren bir durumda, sağlık görevlilerinin yardımı sağlanıncaya kadar, hayatın kurtarılması ya da durumun kötüye gitmesini önleyebilmek amacı ile olay yerinde, tıbbi araç-gereç aranmaksızın, mevcut araç ve gereçlerle yapılan ilaçsız uygulamalardır. Tehlikede olan bir yaşam için acil sağlık hizmetlerinin önemli olması kadar sağlık görevlilerinin en kısa sürede olay yerine ulaşmaları da önemlidir.

Kaza ve yaralanmalardan sonra ölümlerin %10'unun ilk 3-5 dakikada; %54-60'ının ise ilk 30 dakikada meydana geldiği saptanmıştır. Bu durum pek çok ülkede sistemli bir ilkyardım sistemi organizasyonunun kurulmasına zemin hazırlamıştır. Bu durumda hastane öncesi sağlık hizmetleri ölümlerin önlenmesinde ve sakatlıkların azalmasında büyük bir öneme sahiptir (Demirhan, 2003). Kuzey Avrupa ülkelerinde yılda her 1000 kişiden 77-101'i ambulans hizmetinden yararlanmaktadır. İngiltere'de ambulans kullanım oranı yılda binde 140, Amerika Birleşik Devletleri'nde yılda binde 11-139 olarak bildirilmiştir (Sofuoğlu, 2007).

Sağlık personelinin vaka yerine (olay yerine, çağrının geldiği yere) en kısa sürede ulaşmaları ambulans istasyonunun vaka bölgesine yakınlığı ile doğru orantılıdır. Eldeki kullanılabilir kaynaklar sınırlıdır ve istasyon dağılımları en iyi şekilde yapılmalıdır. Erken müdahale hayat kurtarır ve erken müdahale için gerekli olan vaka yerine erken ulaşma ise istasyon yerleşimlerinin eniyi şekilde yapılmasına bağlıdır. Bir vakaya ulaşma ve olay yerinde müdahale zamanı, acil sağlık hizmetleri için önemli bir performans ölçütüdür. Sistem yöneticileri müdahale zamanını azaltmak için araç ve istasyon sayılarını

arttırabilmekte veya mevcut araç yerleşim düzenini değiştirebilmektedir. Bu esnada alınacak stratejik karar, yüksek düzeyde hizmet kalitesi sunulması ve zamanında müdahalenin sağlanabilmesi için, yeterli sayıda istasyonun uygun şekilde konumlandırılmasıdır. Bu durum göz önüne alındığında, etkin bir yerleşimin yapılması büyük önem kazanmaktadır.

Coşkun'a (2007) göre, Türkiye'de müdahale süresini etkileyen en önemli problemlerin, vaka durum tespitinde karşılaşılan sorunlar, çağrı merkezine gelen yanlış çağrılar, yanlış adres bildirimleri, yetersiz teknolojiye kaynaklanan zaman kaybı, kaynak yetersizliği veya kaynakların verimsiz kullanımından kaynaklanan atıl kaynaklar, standart müdahale süresinde olay yerine ulaşamama, yoğun trafik, personelin eğitiminden kaynaklanan problemler, kurumlar arası bütünleşme bozukluğu olduğu görülmektedir. Bu sorunların bir kısmı doğru yerlere doğru sayıda acil sağlık hizmetleri istasyonlarının yerleşiminin yapılmamasından kaynaklanmaktadır. Acil sağlık hizmetlerinde, çağrı geldiği anda acil sağlık hizmetleri yöneticileri için önemli olan vakanın durumunu, şiddetini ve aciliyetini tespit etmek ve gönderilecek ambulans tipi, sayısını ve uygun ekipmanı belirlemektir. Acil durumlarda zaman çok önemli olduğundan, talebin karşılanması ve hızlı müdahalenin sağlanması için uygun donanım ve personelin yanı sıra en iyi istasyon yerleşiminin olması gerekmektedir.

Çalışmanın amacı, ambulans istasyonu yerleşim ölçütleri dikkate alınarak Manisa il merkezi içerisinde acil sağlık hizmeti veren ambulans istasyonlarının vakalara en kısa sürede ulaşabileceği, gerçekleşen vakalara yeterli sayıda ambulansla hizmet vererek istasyonların mümkün olduğu ölçüde en yüksek verimle çalışabileceği yerleşimleri oluşturup değerlendirmektir.

Çalışmanın içeriği izleyen biçimdedir. Yapılan çalışmanın ikinci bölümünde, acil sağlık ve ambulans hizmetlerinin gelişimine yer verilmiştir. Üçüncü bölümde tesis yerleşim problemi, problemin yapısı ve sınıflandırma esas alınarak tanıtılmıştır. Dördüncü bölümde, acil sağlık hizmetleri ambulanslarının yerleşim problemine ilişkin modeller değerlendirilmiştir. Beşinci bölümde, seçilen modeller gerçek hayat problemine uygulanmış, model sonuçları yıllar bazında karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Altıncı bölümde sonuç ve öneriler sunulmuştur.



## 2. ACİL SAĞLIK VE AMBULANS HİZMETLERİNİN GELİŞİMİ

Acil sağlık hizmetlerinin geçmişine bakıldığında, tıbbın tarihiyle paralel gelişme gösterirken; hastane öncesi acil sağlık hizmetleri ise dünyada son 30 yılda önem kazanmaya başlamıştır. Bilinen insanlık tarihi süresince kazalar, savaşlar ve afetler sonucu yaralanan; acil sağlık sorunuyla karşılaşan hasta ve yaralılar için çeşitli tıbbi girişimler yapılmıştır. Günümüzden 5000 yıl önce Mısır'da acil tıbbi müdahalelerin geliştirildiği ve uygulandığı, eski Yunan ve Roma uygarlıklarının ilk yardım ve savaş meydanlarından yaralıların taşınması ile ilgili uygulamalar yaptıkları bilinmektedir. 11. yüzyılda St. John şövalyeleri, haçlı seferleri sırasında savaş alanlarında yaralananların cephe gerisine taşınması ve tedavi edilmesi için çalışmalar yapmışlardır.

Tarihte ilk ambulans benzeri araç, atlı arabalarla 1487 yılında Malaga kuşatması sırasında İspanyol ordusu tarafından kullanılmıştır. O dönemde ambulans kullanımındaki esas amaç şundakinden farklı olarak hayat kurtarmaktan daha çok savaşın kazanılmasına yönelik; yaralıların savaş alanından güvenli bölgeye taşınması olmuştur. Napolyon'un baş cerrahı Baron Dominique Jean Larrey, Prusya seferi sırasında ilk kez askeri tıbbi birliği kurmuş ve 1793 yılında atlı arabalarla oluşturulan ve uçan ambulans denilen araçlarla hasta ve yaralılar taşınmıştır (James, 1997). 1881-1882 yıllarında İngiltere'de ve İskoçya'da kilise yardım örgütleri Kraliçe Victoria'nın izniyle savaş yaralıları ve ilk yardım konularında teşkilatlanma ve kitap yayınlama izni almışlar ve ilk ambulans birlikleri de kurulmaya başlanmıştır.

İlk sivil ambulans organizasyonu 1878 yılında Londra'da kurulmuş ve ilk tam gün süreli ambulans servisi 1897 yılında yine Londra'da hizmet vermeye başlamıştır. Bilinen ilk tıbbi hava taşıma 1915 yılında Arnavutluk'tan Sırp ordusunun geri çekilmesi sırasında oluşmuştur. Birinci ve İkinci Dünya Savaşları'nda çok sayıda hasta ve yaralı kara ambulansları yanında trenler, gemiler, uçak ve helikopterler ile hastanelere taşınmış, özellikle Kore ve Vietnam savaşları sırasında askeri helikopterler yoğun bir şekilde yaralıları taşıma amacı ile kullanılmıştır. 1960 yılı sonlarına doğru ABD ve Fransa'da ambulanslarda paramedikler ve hekimlerin görev almaya başlaması ile birlikte daha hızlı ve kaliteli acil sağlık hizmeti sunulmaya başlanmıştır. Cincinnati Üniversitesi'nde 1970 yılında Acil Tıp Anabilim dalı açılmıştır. 1975 yılında Akademik Acil Tıp Derneği hekimler için bir model olacak acil sağlık hizmetleri eğitim programı hazırlamıştır. 1991 yılında ambulans hizmetleri

akreditasyon komisyonu tarafından ambulans hizmetleri için standartlar ve ölçütler belirlenmiştir (James, 1997).

## 2.1. Dünya’da Hastane Öncesi Acil Sağlık Hizmetleri

Ambulans servislerinin, tarihsel gelişim içindeki organizasyonel yapısına bakıldığında o ülkedeki yerel koşullara özgü bazı temel farklılıkların ortaya çıktığı görülmektedir. Örneğin ABD ve Kanada gibi ülkelerde; itfaiye, polis ve ambulans ekiplerinin tek bir merkezden yönetildiği, her türlü acil çağrının (sağlık, güvenlik, yangın, patlama, saldırı vb.) özel eğitilmiş personeller tarafından karşılanarak gerekli ekiplerin olay yerine yönlendirildiği ve güvenlik teşkilatının daha ön planda olduğu bir sistem mevcuttur. Ambulanslarda eğitim düzeylerine göre tıbbi yetkileri farklı olan sağlık personeli görev yapmakta olup, itfaiye istasyonları dışındaki hastanelere bağlı ambulanslar ise mobil olarak devamlı hareket halindedir (Sofuoğlu, 2007). İsrail’de de benzer bir sistem uygulanmaktadır. Ancak buldukları bölgenin özelliği ve karşılaştıkları travma ağırlıklı vakalar nedeni ile askeri personel ve helikopterler sistemde yoğun olarak kullanılmakta, travma merkezlerine bağlı çalışılmaktadır.

Avrupa ülkelerine bakıldığında, organizasyonun tarihsel bazı nedenlerden ötürü belirgin farklılıkları mevcuttur. İkinci Dünya savaşından sonra başta Almanya olmak üzere birçok Avrupa ülkesinde askeri ve güvenlik teşkilatlarının yok olması, bunun yanında savaş sırasında ve sonrasında itfaiye teşkilatlarının çok önem kazanması nedeniyle ambulans hizmetleri itfaiye teşkilatlarının içinde yürütülmeye başlanmıştır. Halen birçok bölge ve eyalette ambulanslar itfaiye merkezlerinden yönetilmektedir. Buradaki uygulamalar ülkemizden oldukça farklıdır. Bu merkezlerin ülkemizdeki gibi medikal olayları değerlendirme ve hastane bağlantılı bir organizasyona girme yetkileri veya yetenekleri yoktur. İki farklı kategorideki ambulanslarda genellikle sağlık personeli ve kurtarma elemanları görev yapmakta, olay yerine ulaştıklarında tıbbi yetkilerinin olmadığı durumlarda merkezden doktor aracı veya helikopter ile doktor talep etmektedir. Bu doktorlar genelde hastanelerin acil servislerinde çalışan anestezi veya travma uzmanları olmaktadır (Sofuoğlu, 2007). İngiltere’de biraz daha farklı olarak bir özel sektör kuruluşu gibi organize olmuş, profesyonel bir yönetim kurulu ile yönetilen ambulans servisleri vardır. Bu servisler itfaiyeden ayrı bir merkezden yönetilmektedir. Fransa’da ise şehirden şehire, bölgeden bölgeye farklılıklar göze çarpar ve diğer ülkelere farklı olarak doktorlar daha ön plandadır.

Ambulans merkezi genelde hastane içinde olup, ambulanslarda doktorlar ve sağlık personeli birlikte görev yapmakta, itfaiye teşkilatı içindeki diğer ambulans servisi ile de işbirliği yapılmaktadır. Ülkemizdeki sistemle büyük benzerlikler taşımaktadır.

Avrupa Birliği'nin üye ve üyelik başvurusunda bulunan ülkelere tavsiye ettiği 112 numarasının tüm acil durumlar için tek numara olarak kullanılması henüz hiçbir ülkede tam anlamıyla uygulamaya konulamamıştır. AB'ye üye ülkelerde polis, itfaiye ve ambulans için ayrı numaralar kullanılmakla birlikte, AB kararları doğrultusunda telekom sistemleri içinde 112 numarası ile ulaşılabilen merkezler oluşturulmuş ve buraya gelen acil çağrılar ilgili merkezlere yönlendirilecek şekilde bir organizasyon yapılmıştır. Sadece Hollanda, İzlanda, İsveç ve Malta'da 112 tek numara olarak kullanılmaktadır. Bu ülkelerde nüfus sayısının ve acil çağrı sayılarının diğer ülkelere göre düşük olması sistemin tek merkezden yönetilebilir olmasını kolaylaştırmıştır.

## 2.2. Türkiye'de Hastane Öncesi Acil Sağlık Hizmetleri

Türkiye'de ambulans hizmetlerinin sunumundaki gelişmeler 1980 sonlarında başlamıştır. 1986 yılında "Hızır Acil Servis" adı altında üç metropol kentte (Ankara, İstanbul ve İzmir) hasta taşınması şeklinde ambulans hizmeti vermeye başlanmıştır. Türkiye'de acil sağlık hizmetlerinin gelişimi gerçek anlamda 1990 yılında İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi'nin daveti ile Türkiye'ye gelen ABD'li bir acil tıp uzmanı olan Dr. John Fowler'ın Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi Acil Servisi'nde çalışmaya başlaması ile olmuştur. Bu dönemden sonraki kronolojik tarihçe ise şöyledir (Batı, 2012):

- **1993:** İlk ve Acil Yardım (Acil Tıp) yeni bir uzmanlık dalı olmuştur. Dokuz Eylül ve Fırat Üniversitesinde İlk ve Acil Yardım Anabilim Dalları açılmış ve uzmanlık eğitimi vermeye başlanmıştır.
- **1993:** Acil tıp teknikeri eğitim programı başlamıştır.
- **1994:** Hastane öncesi hizmetlerde 077 Hızır Acil'den "112 Acil Yardım ve Kurtarma" ya geçilmiştir.
- **1994-1995:** İstanbul, Ankara ve İzmir'de 112 ekipleri kurulmuştur. Telsiz ağı yenilenmiş, telefon santrali oluşturulmuştur.
- **1996:** Sağlık Bakanlığı'na bağlı okullarda ilk yardım ve acil bakım teknisyenliği bölümü açılmıştır.

- **2000:** Acil sağlık hizmetlerinin bütün yurttta eşit, ulaşılabilir, kaliteli, süratli ve verimli olarak yürütülmesini sağlamak amacıyla acil sağlık hizmetlerinin sevk ve idaresine dair usul ve esasları belirleyen ‘‘Acil Sağlık Hizmetleri Yönetmeliği’’ ıkarılmıştır.
- **2004:** İlk defa Sağlık Bakanlığı’nın 112 acil yardım ve kurtarma istasyonlarına ve hastane acil servislerine ambulans ve acil bakım teknikeri ve acil tıp teknisyenlerinin atamaları yapılmıştır.
- **2007:** 2000 yılında ıkarılan Acil Sağlık Hizmetleri Yönetmeliği’nde değişiklik yapılarak 28. maddesine ambulans ve acil bakım teknikeri ve acil tıp teknisyenlerinin görev, yetki ve sorumlulukları eklenmiştir.
- **2009:** ‘‘Ambulans ve Acil Bakım Teknikerleri İle Acil Tıp Teknisyenlerinin alışma Usul ve Esaslarına Dair Tebliği’’ hazırlanarak ‘‘Yetişkin Uygulama ve ocuk Uygulama Kılavuzu’nda ambulans ve acil bakım teknikeri ve acil tıp teknisyenlerinin görev, yetki ve sorumlulukları algoritmik bir şekilde tanımlanmıştır.

### 2.3. Türkiye’de Acil Sağlık Hizmetlerinin Yapısı

Acil sağlık hizmetleri acil hastalık ve yaralanma hallerinde, konusunda özel eğitim almış ekipler tarafından, tıbbi araç ve gereç desteği ile olay yerinde, nakil sırasında, sağlık kurum ve kuruluşlarında sunulan tüm sağlık hizmetlerini içermektedir. Acil Sağlık Hizmetleri şube Mdrlğ, il düzeyinde hastane öncesi acil sağlık hizmetlerini, bünyesine bağlı İl Ambulans Servisi Başhekimliği aracılığı ile yürütmektedir.

#### 2.3.1. İl ambulans servisi başhekimliği

Ambulans hizmetlerinin il düzeyindeki; organizasyonunu, yönlendirilmesini, uygulanmasını ve değerlendirilmesini il ambulans servisi başhekimliği sağlamaktadır.

İl ambulans servisi başhekimliğinin görevleri şunlardır (24046 Sayılı Resmi Gazete, Acil Sağlık Hizmetleri Yönetmeliği, 2000, 3. Bölüm Madde 8):

- Acil bakım hizmetine katılan kurum ve kuruluşlar arasındaki işbirliğini sağlamak
- Merkez ve istasyonlar ile ambulans servisinin tüm birimlerini ve personelini sevk ve idare etmek
- Hizmetin sürekliliği ve geliştirilmesi için gerekli personel, bina, araç ve malzemenin sağlanması amacıyla mali kaynak temini ve kullanılması için gerekli planlama ve organizasyonu yapmak

- Komuta kontrol merkezi ve istasyonlarda kullanılan tüm araç ve gereçlerin temin, kayıt, bakım ve onarımlarını sağlamak
- İlin coğrafi özelliklerine, nüfusa ve ihtiyaca göre yeterli sayıda kara, hava ve deniz ambulansları ile acil sağlık ve hizmet araçlarını bulundurmak
- Hizmetle ilgili tüm kayıt ve istatistikleri tutmaktır.

Komuta kontrol merkezi ve acil sağlık hizmetleri istasyonları başhekimliğe bağlı olarak çalışmaktadır.

### **2.3.2. 112 komuta kontrol merkezi**

Bir bölgede veya ilde acil hastalık ve yaralanma durumlarında, ambulans istemi için acil çağrı tek bir merkeze yapılmakta olup, ülkemiz için bu çağrı merkezinin telefon numarası 112'dir. Bu numaraya sabit ve ankesörlü telefonlar, cep telefonları ile kısa sürede ulaşılabilmekte, ücretsiz olarak görüşme sağlanabilmektedir. Bunun yanı sıra ülkemizde yardım talep ve ihbarlar, çeşitli kurumlara ait acil yardım telefonlarına (110-112-155-156-177 vb.) yapılmaktadır; ancak acil yardım numaralarının çeşitli ve çok sayıda olması nedeniyle uygulamada zorluklar çekilmektedir. Ayrıca karşılaşılan olayın hangi kurumu ne derecede ilgilendirdiği veya önceliğin hangisinde olduğu hususunda tereddüt yaşanmakta ve birkaç kurumu ilgilendiren bir olay karşısında tüm irtibat telefonları bilinse bile, ayrı numaraların aranması gerektiğinden; zaman, kaynak israfı ile birlikte can ve mal kayıpları da yaşanabilmektedir.

Avrupa ülkelerinde; emniyet, sağlık ve yangın gibi acil yardım hizmetleri tek merkezden koordine edilmekte olup, Avrupa Birliği ülkelerinde 112, Amerika'da 911 numarası acil yardım hattı olarak kullanılmaktadır. Avrupa Birliği, 29 Temmuz 1991 tarihli kararı ile birlik çatısı altındaki tüm ülkelerde 112 hattının “Tek Avrupa Acil Çağrı Numarası (Single European Emergency Call Number) olarak kullanımını öngörmüştür. Avrupa Birliği'ne uyum sürecinde, Ülkemizde “Tek Acil Çağrı Numarası” oluşturma çalışmalarına; 2003 yılında, Hollanda Hükümeti ile T.C. İçişleri Bakanlığı'nın işbirliği ile MATRA Projeleri kapsamında başlanmış, 06 Nisan 2005 tarihinde Antalya pilot il olarak belirlenmiştir. 05 Ekim 2009 tarihi itibarıyla Antalya Büyükşehir Belediyesi sınırları içinde yapılan 110 çağrıları, 112 Acil Çağrı Merkezi'nden karşılanmaya başlanmıştır. İlçe sınırları içinde yapılan 110 çağrıları kademeli olarak 112 acil çağrı merkezine yönlendirilmektedir.

Komuta kontrol merkezinin birçok ülkedeki genel adı, çağrı merkezidir. Komuta kontrol merkezi, sadece acil çağrılarının ulaştığı bir merkez olup, bu çağrıyı kayda geçirip en uygun araç ve ekiplere yönlendirecek teknolojik alt yapıya sahiptir. Bu merkezlerde insan hatasını en aza indirecek şekilde bir elektronik haberleşme programı bulunmaktadır. İl ambulans servisi başhekimliğine bağlı olarak çalışan bu merkezler; ilin nüfusu, acil sağlık çağrı sayıları, istasyon sayıları ve ilin özelliklerine göre yeterli sayıdaki personel, teknik donanım ve yazılım alt yapısı ile birlikte uygun fiziki yapılarda kurulmaktadır.

Komuta kontrol merkezinin tüm ambulansları yönetme kabiliyeti, diğer merkezler ile her türlü iletişimi, ayrıca hastane acil servis, yoğun bakımlar ile iletişimi bulunması gerekmektedir. Ayrıca, merkezlerin başta depremler olmak üzere her türlü afete dayanıklı müstakil yapılarda kurulması ve hizmete uygun teknolojik bir alt yapıya sahip olması gerekir. Gerektiğinde aynı coğrafi bölgede hizmet veren merkezler arasında teknik donanım ve iletişim alt yapısı ortak veya bütünleşik kullanılarak iller arası hasta sevkleri, olağandışı durumlar ile afetlerde bölgesel koordinasyon ve yönetim sağlanabilmektedir.

Tüm görüşmelerin elektronik ortamda kayıtlı olduğu bu merkezin olağandışı durum ve afetlere hazırlıklı olması için aynı donanımları taşıyan mobil bir aracı veya bir yedeği olması gerekmektedir. Komuta kontrol merkezinin görevleri aşağıdaki gibi özetlenebilir (24046 Sayılı Resmi Gazete, Acil Sağlık Hizmetleri Yönetmeliği, 2000, 3. Bölüm Madde 9):

- Merkeze ulaşan acil sağlık çağrılarını değerlendirmek, çağrılara göre verilmesi gereken hizmeti belirleyerek yeterli sayıda ekibi olay yerine yönlendirmek, hizmet ile ilgili her türlü veriyi kayıt altına almak, saklamak ve değerlendirmek,
- İl düzeyindeki kendisine bağlı istasyonların acil yardım, hasta nakil, özel donanımlı ambulanslar, hava ve deniz ambulansları, acil sağlık araçları ile hizmet araçlarının sevk ve idaresini yapmak,
- Hastaneler arasındaki koordinasyonu sağlayarak hasta sevk sisteminin düzenli olarak işlemlerini sağlamak, başta yoğun bakım yatakları olmak üzere kritik yatak ve birimler ile personelin takibini yapmak,
- Hizmetin verilmesi sırasında, hizmete katılan kurum ve kuruluşlar arasında işbirliği ve koordinasyonu sağlamak,

- Olağandışı durumlar ve afetlerde diğer kurumlarla işbirliği içerisinde olay yerine yeterince ambulans ve acil sağlık aracını görevlendirmek, hastane koordinasyonunu sağlamak, gerektiğinde ildeki tüm ambulansları ve özel ambulans servislerini sevk ve idare etmek,
- Başhekimlikçe verilen diğer görevleri yapmaktır.

### **2.3.3. 112 Acil sağlık hizmetleri istasyonları**

Acil Sağlık Hizmetleri İstasyonları, komuta kontrol merkezi tarafından değerlendirilen acil çağrılarının telsiz ya da telefon ile bildirildiği birimlerdir. İstasyonlar, acil sağlık hizmeti sunmak ve tıbbi müdahalede bulunmak amacıyla müdürlüğün teklifi ve valiliğin onayı ile kurulmaktadır. Ancak, gerekli durumlarda il sınırları dışında da valiliklerin teklifi ve Sağlık Bakanlığı'nın onayı ile istasyon açılabilir.

Ambulans istasyonları hemen hemen tüm ülkelerde sağlık kuruluşları, itfaiye binaları veya bu işe uygun binalarda hizmet vermekte ve görev yaptığı bölgenin merkezi bir yerinde konuşlanmaktadır. İstasyonlarda acil sağlık hizmetleri konusunda eğitim görmüş sağlık ekibi ile tıbbi donanımlı ambulanslar görev yapmaktadır. Uluslararası standartlara göre, bir ambulans ekibi olay yerine kentsel alanlarda en geç 10 dk., kırsal alanda ise en geç 20 dk.'da ulaşmalıdır. Ayrıca aynı bölgede birden fazla ihbar alınma olasılığına karşı iç içe geçmiş daireler sistemi ile bölgeler, istasyonlar arasında paylaşılmalıdır. İstasyonda ambulans ve ambulans ekibi görev yapan ekibe lojistik destek sağlamak amacıyla, en az üç oda, eğitim salonu, tuvalet, banyo, mutfak, malzeme deposu, ambulans garajı ile telefon, sabit telsiz ve gereken diğer malzemeler bulunmalıdır. A, B ve C olmak üzere üç farklı tipte acil yardım istasyonu hizmet vermektedir.

#### **2.3.3.1. A tipi istasyon**

24 saat kesintisiz sadece ambulans hizmeti verilen, ihtiyaca göre birden fazla ekip ve ambulans bulundurulmuş, idari ve özlük hakları bakımından ambulans servisi başhekimliğine bağlı ve kadrolu personeli olan istasyonlardır. Ekip içerisinde hekim bulunanlar A1 tipi istasyon, ekip içerisinde hekim bulunmayanlar ise A2 tipi istasyon olarak adlandırılır (24046 Sayılı Resmi Gazete, Acil Sağlık Hizmetleri Yönetmeliği, 2000, 3. Bölüm Madde 10).

### **2.3.3.2. B tipi istasyon**

Birinci, ikinci ve üçüncü basamak resmi sağlık kurum ve kuruluşları ile entegre olarak kesintisiz ambulans ve acil servis hizmeti verilen; kadrosu ve özlük hakları bakımından bünyesinde bulunduğu kuruma ve ambulans hizmeti bakımından merkeze bağlı olan, ekip içerisinde hekim bulunan istasyonlardır. Hastane acil servisi ile entegre olanlar B1 tipi istasyon, birinci basamak sağlık kuruluşları ile entegre olanlar ise B2 tipi istasyon olarak adlandırılır (24046 Sayılı Resmi Gazete, Acil Sağlık Hizmetleri Yönetmeliği, 2000, 3. Bölüm Madde 10).

### **2.3.3.3. C tipi istasyon**

İhtiyaca göre günün belirlenen saatlerinde sadece ambulans hizmeti verilen, idari ve özlük hakları bakımından ambulans servisi başhekimliğine bağlı acil yardım istasyonlarıdır. İstasyon yerlerinin belirlenmesinde aşağıdaki kriterler dikkate alınır (24046 Sayılı Resmi Gazete, Acil Sağlık Hizmetleri Yönetmeliği, 3. Bölüm Madde 11):

- Hizmet sunulması planlanan hedef nüfusun azami elli bin kişi olması,
- Ulaşım imkanlarının güçlüğü,
- Acil yardım gerektiren olayların sıklığı,
- Trafik ve iş kazaları sayısı ve benzeri olayların sıklığıdır.

### **2.3.4. Komuta Kontrol Merkezi'nde çağrının değerlendirilmesi ve ambulansların yönlendirilmesi**

Çağrı merkezi topladığı bilgiler ışığında, talebin acil sağlık hizmeti gerektirip gerektirmediğini değerlendirmektedir. Değerlendirme yetkisi çağrıyı alan hekime aittir. Hekim, talebin acil sağlık hizmeti gerektirmediğine kanaat getirir ise, talebi reddetme yetkisine sahip bulunmaktadır. Komuta kontrol merkezinde telefonlara bakan sağlık görevlileri (hekim ve acil tıp teknisyenleri) olayın aciliyetini ve problemi çözüme ulaştıracak ekipmanı belirleyerek olay yerine yönlendirir. Türkdemir'e (2007) göre, ambulans görevlendirilirken vakaların öncelik sıralaması şu şekilde olmalıdır:



- Acil müdahale olmadığında ölümcül olabilen (urgency) aciller,
- Acil müdahale olmadığında zaman içinde ölümcül olabilen (emergency) aciller,
- Yerde müdahale gerektiren aciller,
- Normal taşıt araçları ile taşınmadığı için ambulans görevlendirilen vakalar,
- Diğer (çeşitli nedenlerden dolayı kendi başına bırakılmayacak durumda olan vakalar).

Yönlendirmeyi yaparken olay yerine en yakın istasyon olmasına, istasyondaki ambulansın vakanın durumuna uygun ekipman ve personeli sağlayacak tipte olmasına ve herhangi bir bölgeye yönlendirilmemiş olmasına dikkat edilir. Olay yerine gönderilen ambulans olay yerinde ilk müdahaleyi yapar. İlk müdahale dışında yapılması gerekenler varsa hasta en yakın hastaneye ulaştırılır. Daha sonra ambulans bağlı olduğu istasyona geri döner.

### 3. TESİS YERLEŞİM PROBLEMİ

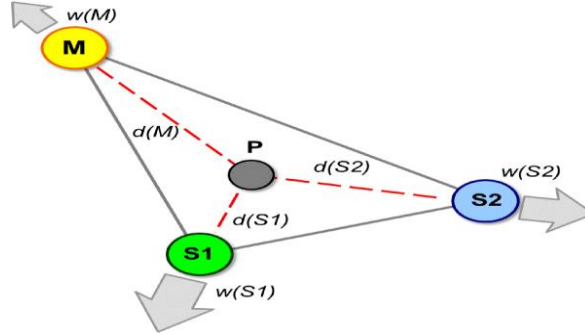
Tesis yerleşim problemi gerçek hayatta oldukça fazla karşılaşılan eniyileme problemlerinden birisidir. İster kamu kuruluşu isterse özel sektör kuruluşu olsun, neredeyse tüm organizasyonlar bu problem ile karşı karşıya kalmaktadır. Kamu kurumları vatandaşlara hizmet verecekleri hizmet noktalarını (okullar, hastaneler, acil servis binaları vb.) en iyi konumlara yerleştirmeye çalışırken, özel sektör ise; üretim merkezleri, satış noktaları ve depoların yerleri ile ilgili kritik kararlar vermek durumunda kalmaktadır.

Genel olarak tesis yerleşim problemi  $n$  adet tesisin  $m$  adet konuma ( $n < m$ ) taşıma maliyetlerinin enküçükleyecek şekilde yerleştirilmesi konusu ile ilgilenmektedir (Tavakkoli ve Shayan, 1998). Tanımı biraz daha açacak olursak, bir grup hizmet veren tesisin bazı kısıtlar göz önünde bulundurularak, müşterilerin taleplerinin karşılanması, maliyetlerini en düşük düzeye indirecek şekilde uygun konumlara yerleştirilmesini ve her bir müşterinin hizmet veren tesislere atanmasını kapsayan problemlerdir. En iyi tesis yerleşimi ise, gerçekten de çözülmesi oldukça zor bir problemdir. Problemin zorluğu bu tür problemlerde birçok parametrenin dikkate alınması gerekliliğinden ve oldukça fazla kısıt bulunmasından kaynaklanmaktadır. Literatür incelendiğinde, tesis yerleşimi konusunun her zaman dikkat çekmiş ve üzerinde farklı tekniklerle birçok çalışma yapılmış olduğu görülmektedir.

#### 3.1. Literatür Taraması

Tesis yerleşimi konusunda literatürdeki ilk çalışma yirminci yüzyıl başlarında Alfred Weber tarafından yapılmıştır. Weber, çalışmasında üç talep noktasından birisini en küçük taşıma maliyeti oluşacak şekilde diğer iki tesise hizmet veren tesis olarak belirlemeye çalışmıştır. Bu amaçla talep noktaları ile hizmet noktası arasındaki toplam mesafeyi enküçüklemek için bir model ortaya koymuştur (Jamshidi, 2009). Weber probleminin yapısının şematik gösterimi Şekil 3.1.'de verilmiştir. Şekil 3.1. incelendiğinde M, S1 ve S2 olmak üzere üç talep noktası bulunmakta olup bu sabit noktalar ağırlıkları ile gösterilmiştir. M talep noktası en küçük taşıma maliyetini oluşturacak şekilde S1 ve S2 talep noktalarına hizmet verecek tesis olarak belirlenmiştir. Bu yerleşim teorisinde, temel olarak kullanılan coğrafya kavramı iki boyutlu mekan olup, coğrafya açıkça geometrik çatı içinde anlaşılmaktadır (McCann ve Shepard, 2003). Tek bir tesis için geliştirilen bu çalışma Fermat problemi, Fermat-weber problemi, Steiner problemi, Steiner-Toriçelli problemi, tekli

medyan problemi, medyan merkez problemi gibi adlarla da bilinmektedir. Weber problemi koordinatlarındaki  $n$  sabit noktadan ağırlıklı Öklit uzaklığını en aza indiren ‘minimum noktasının’ bulunmasıdır.



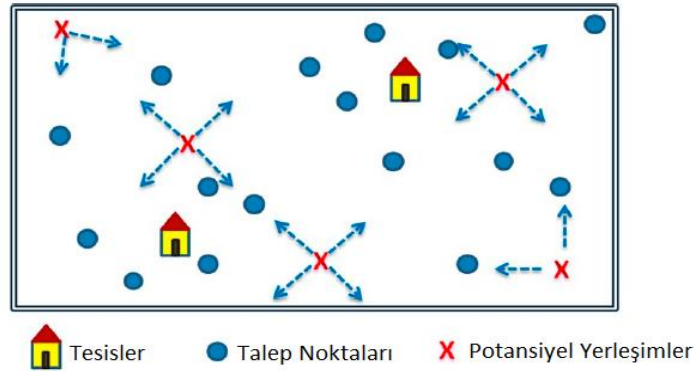
Şekil 3.1. Alfred Weber'in yerleşim teorisi probleminin şematik gösterimi

Hakimi (1964) tarafından yapılan çalışmada ise telekomünikasyon şebekesi üzerindeki ağ bağlantı noktalarının ve otoyol üzerindeki polis noktalarının en uygun yerlerinin belirlenmesi için bir model önerilmiştir. Bu çalışmadan sonra birden fazla tesisin şebeke üzerinde yerleştirilmesi problemi üzerinde yoğun olarak çalışılmaya başlanmıştır. Literatürde Hakimi tarafından ilk defa tanımlanan ve p-medyan problemi olarak isimlendirilen bu problem, tesis yerleşim problemi altında yer alan bir problem türüdür. Tesis yerleşim problemlerinin literatürde farklı açılardan birçok sınıflandırmaya tabi tutulduğu görülmektedir. Daskin (1995), tarafından yapılan geniş bir sınıflandırma aşağıda verilmiştir.

- Sürekli, ayrık veya ağ yapıda olmasına göre,
- Ağaç problemi ya da genel grafik yapısında olmasına göre,
- Mesafe ölçüsüne göre,
- Yerleştirilecek tesis sayısına göre,
- Statik ya da dinamik yerleşim modelleri olmasına göre,
- Deterministik ya da probabilistik olmasına göre,
- Tek ya da çoklu ürün modelli olmasına göre,
- Özel sektör veya kamu sektörü problemleri olmasına göre,
- Tek amaçlı ya da çok amaçlı olmasına göre,
- Esnek ya da esnek olmayan talep durumuna göre,
- Kapasite kısıtlı ya da kapasite kısıtsız olmasına göre,

- Talebin en yakın tesisten ya da dağıtılarak karşılanmasına göre,
- Hiyerarşik ya da tek aşamalı olmasına göre,
- İstenen veya istenmeyen tesisler olmasına göre.

Tesis yerleşim problemleri için diğer bir sınıflandırma ise Sule (2001) tarafından yapılan sınıflandırmadır. Sule tarafından tesis yeri seçim problemi; p-medyan problemi, p-merkez problemi, kapasite kısıtsız tesis yeri seçim problemi, kapasite kısıtlı tesis yeri seçim problemi, karesel atama problemi olmak üzere temel beş kategoriye ayrılmıştır. Diğer önemli bir sınıflandırma ise tekli tesis yeri ve çoklu tesis yeri seçim olarak yapılmaktadır (Küçükdeniz, 2009). Tekli tesis yeri seçim probleminde tek bir hizmet veren tesisin yerinin belirlenmesi söz konusu iken, çoklu tesis yeri seçim probleminde birden fazla hizmet veren tesisin yerlerinin seçilmesi ve bu tesislerden hizmet alacak olan talep noktalarının en az maliyet oluşacak şekilde belirlenmesi söz konusu olmaktadır. Bir başka ifadeyle, öncelikle bir yer seçim kararı verilmekte, sonrasında bu tesislere talep noktalarının atanması işlemi yapılmaktadır. Şekil 3.2.'de tesis yerleşim problemine ilişkin tesisler, talep noktaları ve yeni kurulacak tesisler için potansiyel yerleşimler gösterilmiştir. Şekil 3.2.'de de görüldüğü üzere, bir tesis yerleşim probleminde potansiyel yerleşimlerin her zaman kendisine yakın talep noktalarını kendisine çekme eğilimi bulunmaktadır.



Şekil 3.2. Tesis yerleşim probleminin şematik gösterimi

Yukarıda verilen önemli bir sınıflandırma da kapasite kısıtlı ve kapasite kısıtsız olmak üzere yapılan sınıflandırmadır. Kapasite kısıtı olmayan modelde hizmet veren tesisler müşterilerin tüm taleplerini karşılayabilecek özelliktedir. Kapasite kısıtlı olan modelde ise, hizmet veren tesisler belirli bir kapasiteye sahiptir ve bir talep noktası ihtiyacını birden fazla hizmet noktasından karşılamak durumunda kalabilmektedir (Bastı, 2012).

### 3.2. Tesis Yerleşim Probleminin Temel Yapısı ve Sınıflandırılması

Tesis yerleşim problemlerine genel olarak bakıldığında, problemler uzay ve zaman faktörü olmak üzere iki unsur ile tanımlanabilir (Arabani ve Farahani, 2012). Uzay, tesislerin yerleşeceği planlanmış alanı, zaman ise belirlenmiş yerleşim zamanını belirtmektedir. Esas olarak uzay ve zaman unsurları kesikli ve sürekli olarak analiz edilebilir. Örneğin kesikli uzay; tesis yerinin özel noktalara sürekli uzayda konumlandırılması, başka bir deyişle, tesisin planlama alanındaki bir yere konumlandırılmasına izin verilmesi olarak düşünülebilir. Kesikli zamanın anlamı ise, yeni tesisin kurulmasına veya var olan tesisin yenilenmesine önceden belirlenen zamanda izin verilmesidir. Oysaki böyle bir kısıtlama sürekli zaman için geçerli değildir.

Yapılan sınıflandırmalardan en temel olanlardan birisi; sürekli, ayrık ve ağ tesis yerleşim modellerini içeren sınıflandırmadır. Sürekli tesis yeri seçim problemi hizmet veren tesislerin ve talep noktalarının düzlem üzerinde herhangi bir noktaya yerleştirilebildiği yaklaşımdır. Ayrık tesis yeri seçim probleminde açılacak tesisler ve talep noktaları sadece şebeke üzerindeki düğümlere yerleştirilebilmektedir. Son model olan ağ modelinde ise, talep noktaları şebeke üzerindeki düğümlerde bulunmakta iken, hizmet veren tesisler düğümler ya da düğümler arasındaki bağlantılar üzerinde yerleştirilebilmektedir (Daskin, 1995).

Bu bölümde, tesis yerleşim problemleri statik ve dinamik yerleşim problemleri başlığı altında temel bir sınıflandırma esasına dayanarak, problemlerin yapısını da kapsayacak biçimde ele alınacaktır. Tesis yerleşim problemleri genel olarak statik tesis yerleşim problemleri (sürekli-uzay, ayrık-uzay, ağ-uzay yerleşim problemleri) ve dinamik tesis yerleşim problemleri olarak sınıflandırılabilir.

### 3.2.1. Statik tesis yerleşim problemleri

Tesis yerleşim problemlerinin analizinde uzay faktörü zaman faktörü kadar önemlidir. Uzay statik tesis yerleşimi problemlerinde önemli bir konu iken, zaman dinamik tesis yerleşimi problemlerinde ele alınır. Statik tesis yerleşim problemleri konusu temelde sürekli-uzay, ayrık-uzay, ağ-uzay yerleşim problemlerine ışık tutar. Uzay faktörü tesis yerleşim problemi için düşünüldüğünde; önceden belirlenen yerler ile müşteriler ve amaç fonksiyonu temelli düşünülen yerleşimlerle beraber tesisler olmak üzere iki unsur tanımlanmalıdır (Revelle vd., 2008).

#### 3.2.1.1 Sürekli tesis yerleşim problemleri

Sürekli tesis yerleşim problemlerinde genellikle tesislerin planlama alanındaki herhangi bir yere yerleştirildiği varsayılır. Bu yüzden modellerin performansları iki temel faktörden etkilenir. Bunların ilki, tesislerin düzlemdeki her bir noktaya konumlandırılmasına izin verildiği sürekli çözüm uzayı, ikincisi ise uzaklık ölçütüne uyma anlamına gelen tesislerle müşteriler arasındaki uzaklığın ölçülmesidir (Ballou, 1968). Genel olarak bakıldığında sürekli tesis yerleşim problemleri;

- Tek tesis yerleşim problemi
- Çoklu tesis yerleşim problemleri
- Tesis yerleştirme ve paylaşırma problemleri

olmak üzere üç sınıfta incelenebilir.

Tek tesis yerleşim probleminde ilk model genellikle Weber problemi olarak ortaya çıkar ve tek tesis yeri var olan tesis kümesinden seçilir. Çoklu tesis yerleşim problemi tek tesis yerleşim problemine oldukça benzerdir. Her tek tesis yerleşim problemi çoklu tesis yerleşim problemine dönüştürülebilir. Tesis yerleştirme paylaşırma problemi ise, tesislerin sadece eniyi yerleşimini aramaz; taleplerin karşılanması için tesislerin eniyi yere atanmasına da çalışır. Bu problem taleplerin tesislere yerleştirilmesinden kaynaklanan toplam maliyetin enküçülenmesi olarak değerlendirilir.

### **3.2.1.2. Ayrık tesis yerleşim problemleri**

Ayrık tesis yerleşim problemlerinde aday yerleşimlerle birlikte iki ayrık talep kümesi vardır. Talep veya aday yerler kesikli parametre olarak düşünülmüştür. Taleplerin genellikle belirli coğrafi noktalardan gelmesi beklenir. Genel olarak bakıldığında ayrık tesis yerleşim problemleri;

- Karesel atama problemi
- Fabrika yerleşim problemi

olmak üzere iki sınıfta incelenebilir.

Karesel atama problemi bir grup insanın bir grup işe atanmasını gösteren atama probleminin bir dalıdır. Bu model tesislerin müşterilere atanmasında ortaya çıkan toplam maliyeti en aza indirir. Her tesis sadece bir müşteriye hizmet edebilir ve her müşteriye sadece bir tesis tarafından hizmet verilebilir. Fabrikalar genellikle tesis kümesini temsil etmekte olup; bu üretim, imalat, depo veya dağıtım tesisi olabilir. Bu problem geniş uygulama alanına sahiptir. Fabrika yerleşim probleminin ana yapısı bazen kapasitesiz tesis yerleşimi problemi olarak düşünülür ve bu model toplam katlanılan maliyetleri en aza indirir (Arabani ve Farahani, 2012).

### **3.2.1.3. Ağ tesis yerleşim problemleri**

Bir yerleşim problemi ağ açısından yapılandırıldığında, düğümler ve bağlantılardan oluşur, talepler düğümler üzerinde ortaya çıkar. Bununla birlikte, talepler aynı anda bağlantılar ve düğümler üzerinde de oluşabilir. Bu tanıma dayanarak, Ağ Yapısına Dayalı Tesis Yerleşim Problemi;

- Medyan problemleri,
- Merkez problemleri,
- Kapsama problemleri,
- Ana dağıtım üssü yerleşim problemleri,
- Hiyerarşik yerleşim problemleri

olmak üzere beş ana kategoride sınıflandırılabilir (Arabani ve Farahani, 2012). Medyan modellerinin en önemli parçası olan p-medyan problemi, p tesis için en uygun konumu bularak tesislerin her bir talep düğümüne olan hizmetini tanımlar ve her talep düğümünden en yakın tesise olan ağırlıklandırılmış uzaklıkların toplamı en küçüklenir (Revelle vd., 2008).

P merkez problemleri, enbüyüğün enküçüğü problemleri olarak bilinmektedir. Amaç, herhangi bir talep noktası ile o talep noktasına en yakın tesis arasındaki enbüyük mesafeyi enküçüklemektir. Kapsama problemleri, önceden belirlenmiş sayıda hizmet veren tesis sayısı kısıtı ile maksimum sayıda talep noktasını kapsamayı amaçlayan problem olarak tanımlanmaktadır. Ana dağıtım üssü yerleşim problemi, ana dağıtım üslerinin seçilmesi ve ana dağıtım üssü olmayan noktaların ana dağıtım üslerine atanmasını içeren yerleştirme atama problemidir. Son olarak hiyerarşik yerleşim probleminde ise, problem yapısı itibarıyla hiyerarşik olduğu için, tesisler seviye 1 ve seviye 2 olmak üzere iki seviyede değerlendirilmektedir.

### 3.2.2. Dinamik tesis yerleşim problemleri

Dinamik tesis yerleşim problemlerinde iki ana ölçüt doğru tesis yerleşimi kararını etkilemektedir. Maliyet, yeni tesisin geliştirilmesi veya mevcut tesisin gözden geçirilmesi için gereken harcamaları gösterir. Ambarlar, dağıtım merkezleri, hastaneler, eğlence merkezleri, okullar depolar gibi yıllarca çalıştırılan tesisler için maliyet ölçütü önemlidir. İkinci ölçüt zaman ise, planlama döneminde açılan ve kapanan tesisleri göz önünde bulundurur. Bir başka açıdan bakıldığında dinamik modeller iki alt kategoriye ayrılabilir.

- Önceden belirlenmiş saatlerde ve yerlerde açılan veya kapanan tesisler (Açık dinamik modeller)
- Planlama dönemi başında açılan ve planlama dönemi boyunca açık kalan tesisler (Örtülü dinamik modeller).

Dinamik modeller çok dönemli modeller veya zamana bağlı modeller olarak incelenebilir. Son olarak tek dönemli, çok dönemli, olasılıksal, bulanık (fuzzy), tesis yerleşim problemleri de literatürde bulunmaktadır (Arabani ve Farahani, 2012).



### 3.3. Tesis Yerleşim Probleminin Yöneylem Araştırmasındaki Yeri

Tesis yerleşim modelleri Yöneylem Araştırması konusunda çalışanların yoğun olarak ilgi alanına girmiştir. Tesis yerleşim modelleri stratejik yapıda kararlardır. Büyük ölçüde sermaye yatırımı gerektirirler ve ekonomik etkileri uzun dönemlidir. Tesis yerleşim modelleri en iyiye erişilmesi oldukça zor olan problemlerdir. Ayrıca söz konusu modeller uygulamaya özel problemler olup; amaç fonksiyonları, kısıtları ve değişkenleri irdelenen probleme göre farklılık göstermektedir. Kendine has bazı özelliklerinden dolayı analitik yöntemler kullanılarak çözülmesi zor problemler olarak kabul edilmektedir. Bu tip problemler, çözüm için harcanan sürenin problemin boyutu ile ilişkili olarak üstel bir şekilde arttığı problemlerdir. NP-Zor olarak isimlendirilen bu yapıdaki problemler, problem boyutunun polinom fonksiyonu ile sınırlı olan hesaplama süresi içinde çözülememektedir. Bu nedenle NP-Zor kategorisindeki problemlerin çözümünde tam çözüm yöntemleri yerine, en iyiyi garanti etmeyen fakat kabul edilebilir makul bir çözüme ulaşabilen, çözüm süresi olarak da polinom sınırlar içinde kalan bir zaman alan sezgisel algoritmalar kullanılmaktadır (Bastı, 2012).

#### **4. ACİL SAĞLIK HİZMETLERİ AMBULANSLARININ YERLEŞİM PROBLEMİNE İLİŞKİN MODELLER**

Acil ambulans yerleşimi problemi sınırlı kaynaklar ve yol trafiğinin dinamikliği altında yüksek seviyede ambulans hizmeti sağlamak için stratejik ve operasyonel kararlar altında eniyi ambulans istasyonu yerleşiminin planlanmasını ele alır (Nguyen, 2015). Acil sağlık hizmetleri ambulanslarının yerleşim problemi literatürde ağ yapısına dayalı tesis yerleşim problemleri sınıfında yer almaktadır. Temel olarak literatürde matematiksel model kullanılarak çözüm geliştirilmesi amacıyla; küme kapsama, p medyan ve p merkez modelleri kullanılmıştır. Ancak literatürdeki çalışmaların çoğunluğu küme kapsama modelleri üzerinde yoğunlaştığından, bu problem türü daha çok küme kapsama yerleşim problemi olarak literatürde yerini almıştır.

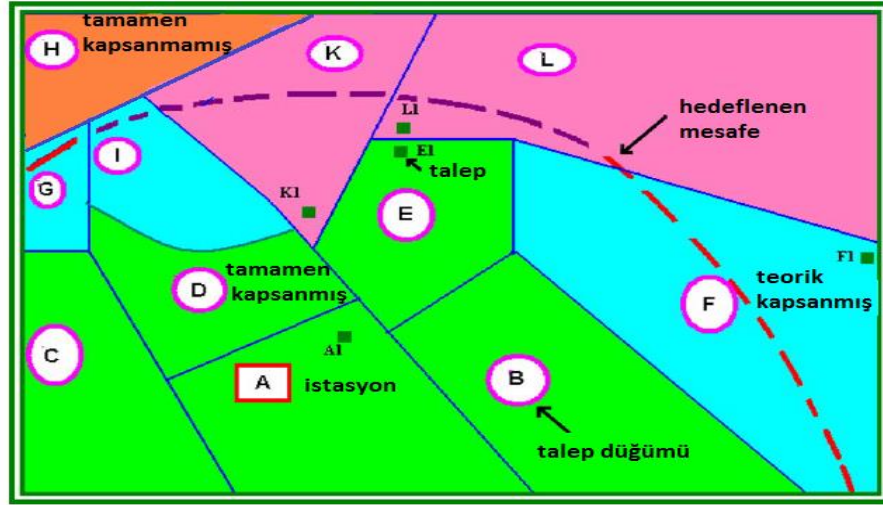
Acil ambulans yerleşim problemi tesis yerleşim problemleri içinde kapsama sınıfında yer almakta olup, taleplere hazır ve görevleri yerine getirmek için tasarlanan tesisler arasındaki en büyük mesafe ile uğraşır. Bu problemlerde maksimum hizmet mesafesi kapsama mesafesi olarak bilinir. Acil ambulans yerleşim probleminin kapsama fonksiyonu olay yeri ve ambulans istasyonu ile enbüyük ulaşım zamanı ve ulaşım hızı arasındaki ilişkidir.

##### **4.1. Kapsama Kavramı**

Acil ambulans yerleşimi probleminin temel yapısını anlayabilmek için kapsama kavramının üzerinde duran küme kapsama yerleşim problemini incelemek gerekmektedir. Küme Kapsama Yerleşim Problemleri'nde her bir talebin ilişkisinin ayrı ayrı değerlendirilmesi imkansız olduğundan, taleplerin genellikle gruplandırılmış alanda kapsanmaya ihtiyacı vardır (Alsalloum ve Rand, 2006). Her bir alandaki bütünleşik talepler alanların merkezlerine yerleştirilmiştir. Bu yüzden hedef mesafe içinde hedeflerin kapsandığı belirlemeye çalışılırken, bu talepleri temsil eden her bir alanın merkezinden uzaklıklar kullanılır. Bu yaklaşım, problemin çözümüne izin verilmesi için gerekli iken, yaklaşımın bazı potansiyel sınırlılıkları vardır.

Küme kapsama modelleri içerisinde kullanılan kapsamanın klasik tanımı şöyledir: “Eğer talep noktası hedeflenen zaman veya uzaklık içerisinde ise talep noktası kapsanmıştır aksi halde kapsanmamıştır. Diğer bir deyişle talep noktası hedeflenen mesafe veya zamanın içerisinde ise talep noktasının kapsama olasılığı 100%’dür, talep noktası hedeflenen mesafe veya zamanın ötesinde ise 0%’dir.”

Şekil 4.1.’de acil ambulans yerleşimi probleminin temel yapısı geleneksel kapsama tanımı ile ilişkilendirilmiştir.



Şekil 4.1. Acil ambulans yerleşimi probleminin temel yapısı

Şekil 4.1.’e bakıldığında toplam alan bölgelere bölünmüştür. Bu bölgeler farklı şekillere sahiptir ve bölgedeki bütün çağrılar popülasyonun merkezinden gelir. Bölgedeki tüm ulaşım bölge merkez noktasından ölçülür. Talepler mevcut olup bölge seviyesinde birleştirilir. İstasyonun alan A’nın merkezine yerleştirildiği kabul edilirse alanların merkezleri olan A, B, C, D, E, F, G ve I hedeflenen zaman veya mesafe içerisinde olup diğer alanlar (H, K ve L) bu mesafenin ötesindedir. Burada alanın merkezi ağırlıklandırılmış talebi hesaba alır ve bu yüzden bu noktalar coğrafi merkez değildir. Kapsamanın geleneksel tanımından yola çıkıldığında bu bölgeye yerleşen bütün talepler hedeflenen zaman veya mesafe içerisindeyse kesinlikle kapsanmış, hedeflenen zaman veya mesafe dışındaysa kesinlikle kapsanmamıştır. F1 hedeflenen zaman veya mesafe dışında olmasına rağmen F düğümü bütünleşik taleplerin merkezi olduğundan F1 noktası teorik olarak kapsanmıştır. L1 noktası ise hedeflenen zaman veya mesafe içerisinde olmasına rağmen bütünleşik taleplerin

merkezi olan L düğümü bu standartların dışında olduğundan kapsanmamıştır. Ayrıca L1 ve F1'e bakıldığında; L1, F1'den kapsama sınırına daha yakın olmasına rağmen F1 kapsanırken L1 kapsanmamıştır. Aynı durum K1 noktası için de geçerlidir. H noktası ise hedeflenen zaman veya mesafe içerisinde olmadığından tamamen kapsanmamıştır.

## **4.2. Kapsama Temelli Acil Ambulans Yerleşim Modelleri**

Ambulans yerleşimi üzerine önerilen ilk model basit tamsayılı doğrusal programlama formülasyonu ile ifade edilmiş olup; probleme daha gerçekçi özellikler önerilmiş, probleme ilişkin çözüm teknikleri de geliştirilmiştir. İlk modellerin çoğu statik ve deterministik yerleşim problemi ile ilgilidir. Bu modeller planlama aşamasında kullanılmak üzere tasarlanmıştır ve rassal durumlar ihmal edilmiştir. Bunun dışında olasılıklı modeller ambulansların sunucular olarak kuyruk sisteminde faaliyet gösterdiği, bir çağrı geldiğinde bazen kullanılamaz olduğu gerçeğini yansıtmak için geliştirilmiştir. Dinamik modeller ise daha yeni olup bu modeller aynı gün veya zaman diliminde daha iyi bir kapsama sağlamak için ambulansların tekrarlı olarak yeniden yerleşimini incelemektedir. (Brotcorne vd., 2003).

### **4.2.1. Statik yerleşim için temel modeller**

Statik Yerleşim Modelleri için temel oluşturan modeller Yerleşim Kümesi Kapsama Modeli (LSCM) , Enbüyük Kapsama Yerleşim Modeli (MCLM) ve Çift Ekipmanlı Dağıtım Modeli (TEAM) altında incelenebilir.

Temel kapsama modelleri, Yerleşim Kümesi Kapsama modelini geliştiren Toregas ve arkadaşlarının formülasyonu ile başlamıştır. Yerleşim kümesi kapsama modeli, kapsama modellerinin en basit halidir. Ambulans yerleşim probleminin ele alındığı bu modelde amaç, bütün talep bölgelerini kapsayacak şekilde en az sayıda kullanılacak araç sayısını ve bu araçların yerleşim yerlerini belirlemektir (Toregas vd., 1971). Ancak bu model, gerçek yaşam problemlerinin çeşitli yönlerini göz ardı etmiştir. Burada gerçekleşebilecek en önemli durum önce bir ambulansın gönderilmesi ve bazı talep noktalarının yeterince kapsanamamasıdır. Model ayrıca belli sayıda ambulansın mevcut olduğunu varsaymaktadır. Gerçek bir uygulamada her zaman böyle olmayabilir. Ancak bu sayı bir alt sınır belirlemek ve ambulansların tam kapsama sağlanması için gereklidir (Brotcorne vd., 2003). Belirli bir uzaklıkta bulunan talep bölgelerini kapsayacak en az araç sayısını bulmaya yönelik bu model nüfus, yol durumu veya servis ihtiyaç durumunu dikkate almamıştır (Coşkun, 2007).

Yerleşim kümesi kapsama modeli 0-1 tamsayı doğrusal programlama ile çözülmekte olup, uygulamalarda 0-1 değişkeninin doğrusal gevşetmesi ile en iyi sonucu üretmektedir (Revelle, 1991).

Church ve Revelle (1974) mevcut araç sayısının tüm bölgeleri kapsamak için gerekli olan araç sayısından daha azının kullanılmasının değerlendirildiği durumları ele almak amacıyla LSCM'yi genişletmişlerdir. Bu yeni formülasyonda amaç eldeki kısıtlı sayıda araçla kapsanan nüfusu veya acil yardım çağrısı sayısı olarak tanımlanan talebi enbüyüklemektir. Küme kapsama modelinde tüm talebin kapsanması için maliyeti yükseltecek kaynak belirlenmesi yapılırken, eldeki kaynaklarla kapsanabilecek maksimum talebin eniyilenmesi için maksimum kapsama yerleşim modeli ortaya konmuştur. Enbüyük kapsama yerleşim modeli (MCLM), araçtan S uzaklıkta kapsanabilecek nüfusu veya talebi en büyükleyecek p aracın veya tesisin yerleşim modelidir.

Bu modeller 0-1 tamsayı programlama ile çözülmekte ve benzer biçimde doğrusal gevşetmeyle veya kesme teknikleri ile en iyi sonuçlar hızlı bir biçimde elde edilmektedir. Bu modelin çözümü için; dal ve sınır algoritması destekli doğrusal programlama, açgözlü (greedy) ve miyopik sezgisel metodu, lagrange yaklaşımı ve sezgisel yöntemler kullanılmıştır. Modelin en önemli noktası, kapsanacak nüfus ve faydası arttırılacak araç veya tesis sayısı arasındaki ödünleşme eğrisini geliştirmektedir (Brotcorne vd., 2003). Eaton vd., (1985) Austin, Texas'da acil sağlık servisinin yeniden organizasyonu için MCLM'yi kullanmışlardır. Hem maliyet, hem de müdahale süresi açısından iyileştirmeler yapılmıştır (Coşkun, 2007).

LSCM ve MCLM modelleri farklı araç tiplerinin talep bölgesine gönderilmesi gerçeğini göz önünde bulundurmamaktadır. Bazı durumlarda sadece bir araç tipi kullanarak MCLM'yi çözmek yeterince güçlü bir konum sağlama açısından yetersiz olabilmektedir. Birkaç araç tipi kullanılarak geliştirilen ilk model Çift Ekipmanlı Dağıtım Modeli (TEAM)'dir (Schilling vd., 1979). Tek tip olarak alınan araç modelleri bu modelle farklı tip araçlar için çalıştırılmıştır. Modelin amacı sınırlı ambulans sayısı ile iki farklı hizmet türü ile kapsanan nüfusu enbüyüklemektir. Bu model, iki araç tipi arasındaki hiyerarşiyi göz önünde bulundurması dışında MCLM'nin doğrudan bir uzantısı olarak düşünülebilir (Brotcorne vd., 2003). TEAM, A ve B tipindeki ambulans sayısını ve her bir araç tipi için kapsama standardını gösteren ambulans servis sistemlerinde kullanılabilir bir modeldir.

Temel modeller değerlendirildiğinde; LSCM, MCLM ve TEAM'ın amacı ambulanslar tarafından talep noktalarının bir defa kapsanmasıdır. Diğer bir deyişle bir ambulansın bir talep noktasına hizmet vermesi durumunda diğer talep noktaları çok fazla kapsanamaz ve böylece araçların meşgul olduğu durumlarda talep bölgesinin kapsanması yetersiz olmaktadır (Başar vd., 2012).

#### 4.2.2. Ek kapsamalı deterministik statik modeller

Yapılan araştırmalarda kapsanan bölgelerdeki her yere hizmet sunabilme varsayımı bulunmaktadır. Bu eksikliği gidermek için taleplerin ve özellikle yüksek talep gruplarını içeren bölgelerin bir kereden fazla kapsanmasını amaçlayan ek kapsama modelleri geliştirilmiştir. Böylelikle genellikle nüfus yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerin birden fazla kapsanması sağlanmaktadır (Daskin ve Stern, 1981). İzleyen yıllarda yapılan çalışmalarda serviste tıkanmayı, en fazla artış ve en az kaynakla sağlamak amacıyla temel kapsamadan ödün vererek yapılabileceği gösterilmiştir.

1981 yılında Daskin ve Stern tarafından Değiştirilmiş En Büyük Kapsama Modeli (Modified Maximal Covering Location Model-MMCLM) ortaya atılmıştır. Bu modelde, tüm talep noktalarının en az bir defa kapsanması koşulu ile öncelikle kapsanan nüfus en büyümeye çalışılırken, daha sonra birden fazla kapsanan talep noktalarının sayısı da en büyümektedir. Daskin ve Stern (1981) ile Hogan ve Revelle (1986) çoklu kapsama için ikinci bir amacı en büyük kapsama yerleşim problemine eklemiştir. İlk durumda araştırmacılar talep noktalarının birden fazla kapsanması için hiyerarşik bir amaç fonksiyonu kullanmışlardır. İkinci durumda ise toplam talebin iki kez kapsanması en büyümektedir (Brotcorne vd., 2003).

Ek kapsama modellerinde birincil kapsama zorunluluğunu modele katmayarak ikincil kapsama ile birincil kapsamadan verilen ödün ilişkisini inceleyen ilk araştırmacılar Hogan ve Revelle olmuştur. Bu model sadece ikincil kapsamayı tanımladığı için yedek kapsama (backup coverage) olarak adlandırılmıştır (Hogan ve Revelle, 1986).

1986 yılında Hogan ve Revelle tarafından Yedek Kapsama Modeli Değiştirilmiş Enbüyük Kapsama Modeli'nin (MMCLM) geliştirilmesiyle ortaya konmuştur (Öztürk vd., 2013). Yedek Kapsama Modeli 1 (BACOP1) herhangi bir talep noktasını en az bir yedek araçla kapsayabilecek en iyi yerleşimi bulmaya çalışır. Bu modelde amaç, belli araç ve istasyon kısıtı altında en az iki kere kapsanan nüfusun en büyükmeye çalışılmasıdır. Hogan ve Revelle (1986), BACOP1 modelinin tüm talep noktaları için en az bir kez kapsamayı gerekli görmesi ve bazı bölgelerin çok daha fazla kapsanabilmesi sebebiyle edinen BACOP2 Yedek Kapsama Modeli'ni önermişlerdir. İkinci model olan Yedek Kapsama Modeli 2 (BACOP2) ise belli istasyon ve araç kısıtı altında, belirlenen önem derecelerine göre ağırlıklandırılmış şekilde her bölgenin kapsanmasının zorunlu olmadığını kabul eder. Enbüyük yerleşim kapsama modelini temel alan bu model birincil kapsamadan ödün vererek bir kez ve yedek kapsanan talebin enbüyüklenmesini amaçlamaktadır. Görüldüğü üzere, bu üç farklı değiştirilmiş enbüyük kapsama modeli, talep noktalarının yalnız bir zaman dilimi içinde birden fazla sayıda kapsanmasını sağlamaktadır (Çatay vd., 2007).

Gendreau (1997) tarafından önerilen Çift Standart Modeli'nde (DSM) ise amaç, talep noktalarına birbirinden farklı iki zaman dilimi içinde, çoklu kapsama sağlayacak şekilde hizmet sunulmasıdır. Bu modelde amaç fonksiyonunda küçük bir zaman dilimi içinde en az iki kere kapsanan nüfusun en büyükmeye çalışması olmakla birlikte, kısıtlarında büyük olan zaman dilimi içinde her yerin en az bir defa, küçük olan zaman dilimi içinde de tüm nüfusun belli bir oranının kapsanması yer almaktadır (Öztürk vd., 2013). Yukarıda bahsedilen modellerden farklı yanı ise zamansal olarak iki kapsama standardını belirlemesi ve her istasyona sadece bir ambulans atama koşulunu ortadan kaldırarak belli bir sayıya kadar ambulansa izin vermesidir.

### 4.2.3. Ek kapsamalı olasılıklı statik modeller

Ambulans yerleşim modellerinin en önemli özelliklerinden biri zamanın herhangi bir anında ihtiyaç duyulan ambulansın meşgul olma olasılığıdır (Fitzsimmons, 1973). Problemin olasılıksal yapısını daha iyi yansıtmak amacıyla oluşturulan bu modeller, özellikle acil servis araçlarının veya servis istasyonlarının meşgul olma durumunu göz önünde bulundurmaktadır. Buna ek olarak ulaşım mesafesi, çağrıya cevap verme süresi gibi parametreler de rassal değişken olarak bu araştırmalarda yer almaktadır (Daskin ve Stern, 1981).

Olasılıklı modellerin ilki olan Enbüyük Beklenen Kapsama Modeli (MEXCLP) Daskin (1983) tarafından önerilmiştir. Bu model çağrıya cevap verilemeyen her bir ambulansın aynı olasılıkla meşgul olduğunu ve tüm ambulansların birbirinden bağımsız olduğunu varsaymaktadır. Meşgulliyet olasılığı, toplam erişilebilir ambulans sayısının her bir talep noktasının tahmini çağrı süresine bölünmesi ile bulunabilir (Brotcorne vd., 2003). Herhangi bir zamanda meşgul olan araç sayısı binom dağılıma uygun olarak tahmin edilmiştir. Araçların meşgul olma durumlarında uygun yerleşimle kapsanacak maksimum talebin elde edilmesi amaçlanmaktadır

Revelle ve Hogan (1989) tarafından belirli bir  $\alpha$  olasılığıyla kapsanan talebi enbüyüklemek için iki olasılıklı model önerilmiştir. Araştırmacılar bu modelleri Enbüyük Hazır Bulunma Yerleşim Modelleri (MALP) olarak ifade etmişlerdir. Bu modelde amaç, kısıtlı sayıdaki ambulansı, nüfusun veya çağrılarının çoğunluğuna cevap vermeye hazır servis sunucusu bulunacak şekilde güvenilirlik olarak tanımlanan zaman standardı ile dağıtmaktır. Hogan ve Revelle'ye ait Maksimum Hazır Bulunma Yerleşim Modeli'nde ve bu ailenin türevi olan modellerde, belirli bölgelerdeki değişmeyen servis isteği kesin bir güvenle düşünülerek oluşturulmuştur (Revelle vd., 1989). Galvao vd., (2005) ise amaç fonksiyonu ile talebin ele alınışı arasındaki bu tutarsızlığı modelin eksikliği olarak ortaya koymuş ve iyileştirme çalışmalarında mutlak talebin olasılıksal yapısının değerlendirilmesi gerektiğini savunmuşlardır.



MALP I'de her bölge için meşgul olma olasılığı aynı iken, MALP II'de bu kısıtlar gevşetilmiş, her bir talep noktası için gereken en az ambulans sayısı bağımsız olarak tahmin edilmiştir (Çatay vd., 2007). Ayrıca her bölge için alt sınır olarak ayrı meşgul olma olasılıkları verilmiştir. Ancak burada kapsamadığı bölgeye hizmet götürmesi gereken istasyonların ortaya çıkması problemi ile karşılaşmıştır. Bunun sebebi aslında araçların meşgul olma durumlarının programın aynı zamanda bir çıktısı olmasıdır (Coşkun, 2007).

#### 4.2.4. Dinamik modeller

Statik modeller stratejik düzeyde karar vermede yararlı olmakla birlikte, operasyonel düzeydeki eksikliği göz ardı etmektedir (Li vd., 2011). Dinamik modeller daha iyi kapsamaya ulaşmak için ambulansların gün boyunca istasyonlar arasında yeniden yerleştirilmesini öngörmektedir. Dinamik modeller karar vericilere tahmin edilebilir talep sapmaları ile birlikte günlük, saatlik değişimlere daha iyi cevap verebilmeyi sağlar. Ambulans yeniden yerleşim problemi çok kısa sürede çok sıklıkla çözülmesi gerektiğinden bu problemle başa çıkabilmek zordur. Acil ambulans yerleşim problemi için geliştirilen dinamik modeller kronolojik olarak şöyle özetlenebilir.

- Schilling (1980), ambulans gibi acil hizmet tesisleri için dinamik çok amaçlı bir model önermiştir. Her bir zaman diliminde açılacak tesis sayısının önceden bilindiğini varsaymıştır.
- Gunawardane (1982), çoklu dönem tesis planlama kararı için çoklu dönem maksimum kapsama problemini düşünmüştür.
- En kapsamlı dinamik yeniden yerleşim modeli Gendreau vd., (2001) tarafından geliştirilen Dinamik Çift Standart Modeli (DDSM) olmuştur. Bu modelin amacı, yeniden yerleşim maliyetini enküçüklerken zaman veya maliyet standardı içerisinde talebin iki kere kapsanmasını enbüyüklemektir.
- Harewood (2002), ise çoklu amaç fonksiyonu ile (maliyet enküçüklemesi ve müşteri kapsamının enbüyüklenmesi) ambulans dağıtım problemi üzerine çalışmıştır.
- Gendreau vd., (2006) tarafından geliştirilen Maksimum Beklenen Kapsama Yeniden Yerleşim Problemi (Maximal Expected Coverage Relocation Problem -MECRP) dinamik olasılıklı bir model olup, ambulans istasyonlarının konumları boştaki ambulans sayısı dikkate alınarak belirlenmektedir. Modelde, boştaki ambulans sayısı sistemin durumu göstermektedir.

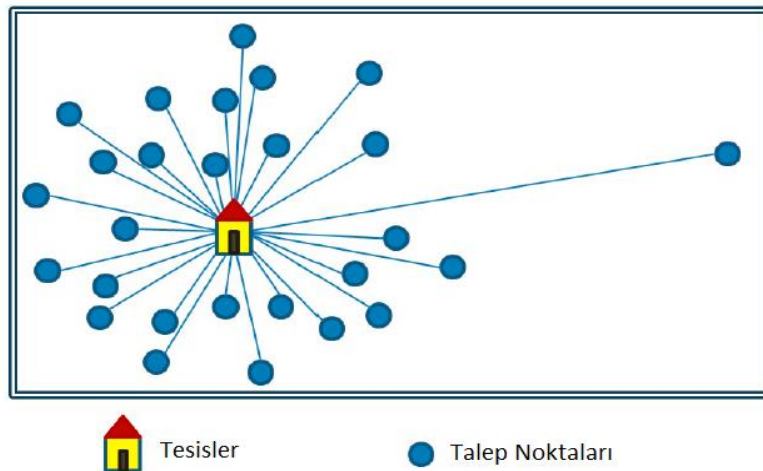
- Rajagopalan vd., (2008) Dinamik Hazır Bulunma Kapsama Yerleşim Modelini (Dynamic Available Coverage Location- DACL) geliştirmişler, planlama zamanını önemli talep değişkenleri temelinde kümelere bölmüşlerdir. Modellerindeki amaç önceden belirlenmiş bir güvenilirlik düzeyinde kapsama gereksinimleri ile birlikte her bir zaman kümesi için en az ambulans sayısını ve yerleşimlerini belirlemektir.
- Schmid ve Doerner (2010) Çift Standart Modeli'ni genişleterek herhangi bir zamanda değişen kapsama alanlarını dikkate alarak çok dönemli çift standart modelini geliştirmiştir. Model planlama dönemi boyunca verilen kapsama standardını sağlamak amacıyla araçların yeniden pozisyonlanmasına izin vermektedir.
- Alanis vd. (2010) ise acil sağlık hizmetlerini iki kademeli markov zinciri modeliyle analiz etmeye dikkat çekmiştir.
- Maxwell vd., (2010) acil yardım sistemlerinin performanslarını değerlendirmek için bir benzetim modeli oluşturmuş ve yüksek kaliteli yerleştirme politikalarını hesaplamak için bir dinamik programlama içinde bu modeli kullanmıştır. Ayrıca ambulansların yeniden düzenlenmesi karar verme problemini dinamik programlama yöntemiyle çözülmesini önermişlerdir. Amaç, verilen cevap verme süresi içerisinde ulaşılabilir aramaların sayısını enbüyüklemek için boş ambulansların nereye yeniden dağıtılması gerektiğidir.
- Schmid (2012), ambulansların sevk ve yeniden yerleşim problemi için bir rassal dinamik model geliştirmiş ve modeli dinamik programlama aracılığı ile çözmüştür.

### 4.3. Medyan Temelli Acil Ambulans Yerleşim Modeli

Medyan probleminin en temel hali 1-Medyan problemi olarak da isimlendirilen, şebeke üzerinde tüm talep noktalarına hizmet verecek olan 1 adet medyan tesisin bulunmasını amaçlayan modeldir. Sadece bir kuruluş yeri seçilen bu problemde amaç toplam maliyetin enküçüklenmesidir. Medyan noktası sayısı birden fazla olduğu problemlere ise  $p$ -medyan problemi adı verilmiştir (Bastı, 2012).  $P$ -medyan problemi  $p$  adet tesisin  $n$  adet düğümden oluşan şebeke üzerinde minimum maliyet oluşacak şekilde yerleştirilmesi ve yerleştirilen bu tesislerden hizmet alacak talep noktalarının belirlenmesi problemidir. Buradaki bahsedilen maliyet; zaman, para, toplam uzaklık gibi bir ölçüt olabilir. Bazı problemlerde tüm talep noktaları amaç fonksiyonunu eşit miktarda etkileyebilir. Bu

türdeki p-medyan problemlerine ağırlıklı p-medyan problemi isimi verilmektedir. P-medyan probleminde tesisler sadece şebeke üzerindeki düğümlere yerleştirilebilmektedir. n adet düğümden oluşan şebeke üzerinde açılacak p adet tesisin eniyi yerleşiminin bulunması için  $\binom{n}{p}$  kadar olası çözüm mevcuttur.

Tesis yerleşimini değerlendirirken bir diğer etkileyicilik ölçütü talep noktaları ile tesisler arasındaki toplam mesafedir. Toplam mesafe düştükçe tesislerin erişilebilirliği ve etkililiği artmaktadır. P-medyan problemi kuruluş yeri seçim problemleri içerisinde tartışmasız en çok bilinen ve çözümü için birçok çalışma yapılmış olan kuruluş yeri seçim ve atama modelidir P-medyan problemi toplam mesafenin enküçüklenmesi (minisum) tesis yerleşim problemleri sınıfına girmekte olup Şekil 4.2.'de şematik olarak gösterilmiştir. Minimum toplam maliyeti amaçlayan minisum problemleri ilk olarak Kuehn ve Hamburger (1963), Hakimi (1964), Manne (1964) ve Balinski (1965) tarafından formülize edilmiştir. P-medyan probleminin ayrıntılı olarak formülasyonunu ise ilk defa 1964 yılında Hakimi yapmıştır. Hakimi, sadece problemi formülize etmekle kalmamış aynı zamanda üçgen eşitsizliği olan bir şebekede optimum yerleşimin düğümler üzerinde olduğunu ispatlamıştır. (Marianov ve Serra 2004). Revelle ve Swain (1970), P-medyan problemini tamsayı doğrusal programlama olarak formüle etmiş ve dal sınır algoritması kullanarak problemi çözmüştür. Problemin formülasyonundan beri P-medyan modeli, acil tesis yerleşim problemlerinde geniş uygulama alanı bulmuştur. Carbone (1974), deterministik p medyan modelini ulaşım mesafesini enküçükleyecek şekilde formüle etmiştir (Jia vd., 2007).



Şekil 4.2. Toplam mesafenin enküçüklenmesi modelinin şematik gösterimi

P-medyan modelinin varsayımları aşağıdaki gibidir (Jamshidi, 2009);

- Maliyet ve mesafe arasında doğrusal bir ilişki vardır.
- Açılacak tesis sayısı bilinmektedir.
- Zaman sınırı yoktur.
- Hizmet veren tesislerin kapasite sınırı yoktur.
- Tesis açma maliyeti yoktur.
- Sabit müşteri talebi söz konusudur.
- Bütün tesisler eşit özelliktedir.
- Problem yapısı itibariyle sadece düğümler üzerinde tesis açılabilir.
- Tesislerin açılabilceği noktalar belirlidir.

P-medyan modeli sadece tesis yerleşim modeli olmamakla birlikte, aynı zamanda yerleştirilen tesislerden hizmet alacak talep noktalarının en yakın tesise atanmasını da içeren bir modeldir. Modelin amacı talep ağırlıklı toplam mesafeyi en küçükleyecek şekilde açılacak olan p adet tesis için en uygun yerlerin (şebeke üzerindeki düğümler) belirlenmesidir. P-medyan probleminde tesislerin sadece şebeke üzerindeki düğümler üzerinde açılabilir olması koşulu, tesislerin şebeke üzerinde herhangi bir yere yerleştirildiği sürekli modele göre daha kötü bir çözüm üreteceği düşüncesini ortaya koymaktadır. Ancak p-medyan probleminde p adet tesis, şebeke üzerindeki düğümlere yerleştirildiğinde de en az bir eniyi sonucun bulunduğu Hakimi (1965) tarafından ispatlanmıştır (Küçükdeniz, 2009).

#### **4.4. Modellerin Değerlendirilmesi**

Acil sağlık hizmetleri için geliştirilen yerleşim modellerine ilişkin literatür bütünüyle incelendiğinde, modellerin; erişilebilirlik (accessibility), uyumlandırılabilirlik (adaptability) ve hazırda bulunabilirlik (availability) olmak üzere üç temel açıdan değerlendirildiği görülmektedir (Daskin ve Dean, 2004).

Erişilebilirlik modelleri statik verileri kullanarak iyi bir yerleşim yeri bulmaya çalışmaktadır. Bu model sınıfında özellikle; talep, maliyet, ulaşım mesafesi veya ulaşım süresi verilerinin genellikle sabit olduğu ya da rassal olmadığı varsayılır. Bu nedenle modeller diğer modellere göre nispeten daha basittir. Temel yerleşim modelleri, yerleşim

küme kapsama modeli, maksimum yerleşim küme kapsama modeli, p-medyan ve p-merkez problemleri bu sınıfta değerlendirilebilir.

Uyumlandırılabilirlik modelleri genellikle geleceğe yönelik çok sayıdaki koşulu dikkate alarak probleme yönelik iyi uzlaşmacı çözümler bulmaya çalışmaktadır. Sistemin uzun vadedeki durumunu göz önüne almak ve gelecekteki belirsizlik ile başa çıkmak için geliştirilmişlerdir. Bu amaçla senaryo planlaması gelecekteki belirsizliğin üstesinden gelmek için kullanılır. Gelecekteki durumlar için senaryolar tanımlanır ve tüm senaryolarda iyi çözümlere ulaşmak için planlar geliştirilebilmektedir.

Hazırda bulunabilirlik modelleri ise, tesislerin meşgul olmasından kaynaklanan sistemdeki çok kısa süreli değişiklikleri ele almaktadır. Hizmet içindeki her değişen talep ve hizmet kaynağı arasındaki kısa süreli değişiklikleri dengeleme amacına odaklanırlar (Daskin ve Dean, 2004). Deterministik modellerden; hiyerarşik amaçlı küme kapsama, yedek kapsama ve çift kapsama modelleri, olasılıklı modellerden; enbüyük beklenen kapsama ile enbüyük erişilebilir kapsama modelleri bu sınıfta değerlendirilebilir.

Önceki bölümde alt başlıklar halinde incelenen ambulans yerleşim modelleri yukarıdaki sınıflandırma esasına göre değerlendirilmiş olup, çalışma kapsamında ele alınan problemin yapısı incelendiğinde, probleme ilişkin aşağıdaki özellikler sıralanabilir:

- Mevcut durumda işleyen bir acil sağlık hizmetleri istasyonunun verimliliği konusundaki çalışmaların yetersiz olduğu görülmüş olup, kapasite kullanımı (ambulansların belirli bir dönemde hizmet verdiği vaka sayısı vb. değerlendirmeler) konusunda yapılabilir bir analizin acil sağlık hizmetleri sistemin işleyişinin verimliliği konusunda çok da yeterli olmadığı sonucuna varılmıştır.
- Hizmet verilecek yerler Manisa il merkezine bağlı mahalleler olup, 57 mahalle talep bölgesini oluşturmaktadır.
- Mevcut acil sağlık hizmetleri sisteminde 7 adet A tipi acil sağlık ambulansı 7 ayrı istasyonda konumlandırılmıştır.
- Mahalleler arası ulaşım mesafeleri ve mahalleler ile mevcut ambulansların konumlandırıldığı istasyonlar arası mesafeler ölçülebilmektedir.
- Yeni açılabilir ya da yeri değiştirilebilir tesislerin konumları mahalle bazında belirlidir.

- Mevcut olarak hizmet veren, gerektiğinde yeri değiştirilebilir ya da yeni açılabilir tesislerin fiziksel alt yapıları aynı ya da büyük ölçüde benzer olması gerekmektedir.
- Acil Sağlık Hizmetleri ülkemizde bir kamu hizmetidir. Yeni bir tesisin açılmasının ya da yerinin değiştirilmesinin maliyeti üst düzey karar vericilerin stratejik finansal ve işgücü planlama çalışmalarının konusudur.
- Gerçek hayatta acil sağlık hizmetlerine olan talep belirsiz olmakla birlikte talebin belirlenmesi için gün, ay, yıl temelinde dönemlerin verileri ya da verilerin gelecek dönemlere ait tahminleri talebi oluşturmaktadır.

Sıralanan özellikler bağlamında statik verilere kolayca ulaşılabilmesi, problemin yapısında çok karmaşık değişkenliklerin bulunmaması, uyumlandırılabilirlik ve hazırda bulunabilirlik modellerinin daha karmaşık yapıda olması ve çözümü için farklı özel tekniklerin kullanımını gerektirmesi nedenleriyle, temel erişilebilirlik modellerinin çalışma kapsamında dikkate alınan problemin çözümünde daha uygun olacağı düşünülmüştür. Bu kapsamda çalışmada; kapsama kavramını dikkate almadan talep düğümleri ile en yakın tesisler arasındaki talep ağırlıklı toplam mesafeyi en küçüklemeye çalışan p-medyan modeli ve kapsama standardı içerisinde tüm taleplerin hizmet olarak kapsanmanın enbüyüklenmesini sağlamaya çalışan enbüyük kapsama yerleşim modeli seçilerek, problemin çözümü araştırılmıştır. İzleyen bölümlerde, çalışmada kullanılan modeller kapsamlı olarak açıklanacaktır.

## 5. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma Manisa İl Sağlık Müdürlüğü'nün izni ile kendisine bağlı Acil Sağlık Hizmetleri Şubesi 112 İl Ambulans Servisi Başhekimliği ve Komuta Kontrol Merkezi İstatistik Birimi'nin desteği ile gerçekleşmiştir. Çalışma, şu anda hizmet veren Manisa 112 Acil Sağlık Hizmetleri istasyonlarının yerleşiminin matematiksel modeller yardımıyla etkinliklerinin değerlendirilmesini, eniyi yerleşimlere yönelik çözümlerin üretilerek istasyonların yerleşim kaynaklı sorunlarının çözümüne katkıda bulunarak acil sağlık hizmetlerinin daha iyi işlenmesini amaçlamaktadır.

Çalışma kapsamında kullanılan 2012-2014 yılları Manisa İli Merkez ilçeye ait nüfus bilgileri Türkiye İstatistik Kurumu'nun veri tabanından, aynı dönemlere ait Manisa ilinde gerçekleşen vakalara ilişkin bilgiler ise T.C. Sağlık Bakanlığı'nın kararı ile 81 ilin tüm 112 Komuta Kontrol Merkezleri'nde veri tabanı olarak kullanılan ArmaKom Acil Sağlık Hizmetleri Yazılımı veri tabanından alınmıştır. Adres, cinsiyet, sosyal güvence, yaş, semt, tanı, istasyon gibi vakalara ilişkin çok çeşitli bilgileri içeren özet tablolar Excel ile uyumlu hale getirilmiş, ilk aşamada Merkez ilçe diğer 16 ilçeden ayrılmış, ikinci aşamada ise “semt ölçütüne göre filtreleme” yapılarak Manisa il merkezindeki mahallelere göre gerçekleşen vaka sayıları hesaplanmıştır.

Çalışmada Manisa il merkezinde hizmet veren toplam 7 adet A tipi acil sağlık hizmetleri istasyonu ele alınmıştır. Ambulans yerleşimlerinin etkinliğinin değerlendirilmesinde p-medyan yerleşim modeli ile enbüyük kapsama yerleşim modeli etkileşimli olarak kullanılmıştır. Manisa il merkezindeki tüm mahallelere hizmet verebilecek tesislerin hangi mahallelere kurulacağı bilgisini elde etmek için GAMS programında p-medyan modeli matematiksel model diliyle yazılmıştır. Çalışma kapsamında; nüfus, vaka ve nüfus vaka çarpımı olmak üzere üç farklı talep parametresi dikkate alınmıştır.

Birinci model belirli bir bölgedeki talebi temsil eden mahalleler için o mahallelere ait ilgili yıla ilişkin nüfus verilerini parametre değeri olarak ele alan modeldir. Nüfus parametresi kullanılarak yeni yerleşimlerin belirlenmesi nüfusun çok olduğu mahallelerde daha çok talebin gerçekleşebileceği varsayımını desteklemektedir. Bu model üç yıl (2012-2014) için ayrı ayrı çalıştırılmış yeni yerleşimler elde edilmiştir. İkinci model belirli bir

bölgedeki talebi temsil eden mahalleler için o mahallelere ait ilgili yıla ilişkin gerçekleşen vaka sayılarını parametre değeri olarak ele alan modeldir. Nüfus parametresi kullanılarak yeni yerleşimlerin belirlenmesi nüfusun çok olduğu mahallelerde daha çok vakanın gerçekleşebileceği varsayımını desteklemesine rağmen, belli bir yıla ait vaka sayılarına bakıldığında bunun her mahalle için geçerli olmadığı kabul edilebilir bir gerçektir. Nüfusu çok olan bir mahalleden kendisine göre daha az nüfuslu olan mahalleye göre daha az sayıda vakanın çıkabildiği görülmüştür. Bu nedenle p medyan modeli kullanılırken nüfus parametresi yerine, belirlenen yıla ait gerçekleşen vaka sayılarını talep parametresi olarak kullanılmasının gerçek duruma ilişkin olarak daha anlamlı olabileceği düşünülmüştür. Ele alınan her yıl için (2012-2014) o yıla ait vaka sayıları talep parametresi olarak girilerek p medyan modeli çalıştırılmış ve yeni yerleşimler elde edilmiştir.

Üçüncü model belirli bir bölgedeki talebi temsil eden mahalleler için o mahallelere ait ilgili yıla ilişkin gerçekleşen vaka sayıları ile o yılın mahallelere göre nüfusunun karşılıklı çarpımını parametre değeri olarak ele alan modeldir. Nüfusu çok olan bir mahalleden daha az sayıda vaka çıkabilirken nüfusu az olan bir mahalleden çok daha fazla sayıda vakanın çıkabilmesi mümkündür. Bu bağlamda nüfus vaka çarpımı değerleri modele talep parametresi olarak girilerek p medyan modeli çalıştırılmış, yeni yerleşimler elde edilmiştir.

### **5.1. P-Medyan Modeli**

Acil sağlık hizmetleri istasyonlarının yerleşiminin etkinliğinin belirlenmesinde en önemli ölçütlerden biri hizmet verilecek mahalleler (talep noktaları) ile acil sağlık istasyonları (tesisler) arasındaki toplam mesafedir. Toplam mesafe arttıkça istasyonların talep noktalarına erişebilirlik ve etkinliğini azalmaktadır.

P-medyan probleminde amaç toplam uzaklığı en küçükleyecek şekilde açılacak olan p adet tesisin en uygun yerlerinin belirlenmesi ve talep noktalarının bu tesislere atanmasıdır. Modelin formülasyonu aşağıdaki gibidir.



**Kümeler:**

i: talep bölgeleri kümesi (mahalleler)

j: potansiyel araç yerleşim bölgeleri kümesi (istasyonlar)

**Parametreler:**

$a_i$ : i noktasındaki talep

$d_{ij}$ : i noktası ile j noktası arasındaki uzaklık (dikdoğrusal)

p: hizmet verecek istasyon sayısı

**Karar değişkeni:**

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } i \text{ mahallesi } j \text{ istasyonuna atanmışsa} \\ 0, & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

$$Y_j = \begin{cases} 1, & \text{eğer } j \text{ noktasına bir istasyon açılmışsa} \\ 0, & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

**Amaç fonksiyonu:**

$$Enk \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i d_{ij} X_{ij} \quad (5.1.1)$$

**Kısıtlar:**

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = 1 \quad \forall i \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (5.1.2)$$

$$X_{ij} \leq Y_j \quad \forall i, j \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (5.1.3)$$

$$\sum_{j=1}^n Y_j = p \quad (5.1.4)$$

Amaç fonksiyonu (5.1.1) hizmet veren tesisler ile talep noktaları arasında oluşan toplam maliyetin enküçüklenmesini ifade etmektedir. (5.1.2) nolu kısıt bir talep noktasının tüm taleplerinin sadece bir tesisten karşılanması zorunluluğunu, bir başka ifadeyle her talep noktasının yalnız bir tesise atanması gerektiğini ifade etmektedir. (5.1.3) nolu kısıt, açık olmayan bir tesisin talep noktası yapılmaması şartını ifade etmekte olup tutarlılık

sağlanmaktadır. (5.1.4) nolu kısıt ise açılacak olan tesis sayısını  $p$  adet ile sınırlandırmaktadır.

## 5.2. Enbüyük Kapsama Yerleşim Modeli

Enbüyük Kapsama Yerleşim Modeli önceden belirlenmiş sayıdaki tesisin kapsanacak talebin enbüyüklenmesi problemini tarif eder. Klasik anlamda eğer bir talep noktası tesisin kritik mesafesinin içinde yerleşmişse tamamen kapsandığını, dışında yerleşmiş ise hiç kapsanmadığını varsayar. Bu çalışmada problemin amacı sınırlı sayıda ambulans temelinde, belirlenen mesafe içerisinde nüfusun büyük bir çoğunluğunun kapsanmasıdır. Modelin formülasyonu aşağıdaki gibidir.

### Kümeler:

**i:** talep bölgeleri kümesi (mahalleler)

**j:** potansiyel araç yerleşim bölgeleri kümesi (istasyonlar)

### Parametreler:

**$h_i$ :** i. talep bölgesindeki nüfus

**$d_{ij}$ :** i ve j bölgeleri arasındaki mesafe (km)

**$S_j$ :** j. araç yerleşim bölgeleri için belirlenmiş olan mesafe standardı (km)

(\*) Çalışmada  $S_j=5$  km olarak alınmıştır.

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & d_{ij} \leq S_j \text{ ise} \\ 0, & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

**C:** elde bulunan araç sayısı (tamsayı)

### Karar Değişkeni:

**$X_j$ :** j bölgesine yerleştirilen araç sayısı (tamsayı)

$$Y_i = \begin{cases} 1, & \text{eğer i talep bölgesi kapsanmış ise} \\ 0, & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

**Amaç Fonksiyonu**

$$EnbZ = \sum_{i=1}^n h_i Y_i \quad (5.2.1)$$

**Kısıtlar**

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} X_j - Y_i \geq 0 \quad \forall i \quad i, j = 1, 2, 3 \dots n \quad (5.2.2)$$

$$\sum_{j=1}^n X_j \leq C \quad (5.2.3)$$

Amaç fonksiyonu (5.2.1) kapsanan talebin enbüyüklenmesini ifade etmektedir. (5.2.2) nolu kısıt talep noktasını kapsayabilecek en az bir araç yerleştirildiği sürece talep noktası i'nin kapsanmış sayılmasını ifade etmektedir. (5.2.3) nolu kısıt j bölgesine yerleştirilecek araç sayısının toplamının elde bulunan araç sayısına eşit veya bu sayıdan küçük olması gerektiğini ifade etmektedir.

### 5.3. Mevcut Acil Sağlık İstasyonlarının Yerleşiminin Etkinliğinin Yıllara Göre Değerlendirilmesi

Manisa ili ambulans servisi başhekimliği tarafından belirlenmiş Acil Sağlık Hizmetleri İstasyonları (ASHİ) ve istasyonların hizmet verdiği mahalleler Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Mevcut acil sağlık hizmetleri istasyonları ve hizmet verdiği mahalleler

İstasyon	Kuruluş Yeri	Hizmet Verdiği Mahalleler
1	Merkez Efendi Mahallesi	Ayni Ali (Akgün), Akıncılar, Akmescit, Arda, Kaynak, Kuyualan, Lala Paşa, Merkez Efendi, Tefikiye, Mutlu, Topçuasım
2	Organize Sanayi Bölgesi	Keçiliköy Mahallesi, Organize Sanayi Bölgesi ve merkezden uzak olan yerleşim yerleri
3	Şehitler Mahallesi	1.Anafartalar, 2.Anafartalar, Dinçer, Kuşlubahçe, Peker, Sakarya, Spil, Şehitler, Yarhasanlar
4	Hafsa Sultan Mahallesi	50.Yıl, Atatürk, Barbaros, Cumhuriyet, Fatih, Hafsa Sultan, Laleli, Mesir, Yenimahalle
5	Kocatepe Mahallesi	Adakale, Alaybey, Bayındırlık, Çarşı, Dere, Dilşeker, Ege, Gediz, Göktaşlı, İbrahim Çelebi, İshak Çelebi, Kocatepe, Mimar Sinan, Nişancıpaşa, Saruhan, Tunca, Utku
6	Adnan Menderes Mahallesi	Adnan Menderes, Ahmet Bedevi, Akpınar, Kazım Karabekir, Nurlupınar, Turgut Özal
7	Güzelyurt Mahallesi	75.Yıl, Fevzi Çakmak, Güzelyurt, Uncubozköy

Mevcut durumdaki istasyonlar ile bu istasyonların hizmet verdikleri mahalleler arasındaki göze çarpan noktalar şöyle özetlenebilir:

- Merkez Efendi Mahallesi'ne kurulmuş olan 1 nolu istasyon kendisine ortalama 1,41 km uzaklıktaki 11 mahalleye,
- Organize Sanayi Bölgesi'ne kurulmuş olan 2 nolu istasyon kendisine 4,63 km uzaklıktaki 1 mahalle ve kırsal bölgelere,
- Şehitler Mahallesi'ne kurulmuş olan 3 nolu istasyon kendisine ortalama 1,15 km uzaklıktaki 9 mahalleye,
- Hafsa Sultan Mahallesi'ne kurulmuş olan 4 nolu istasyon kendisine ortalama 0,94 km uzaklıktaki 9 mahalleye,
- Kocatepe Mahallesi'ne kurulmuş olan 5 nolu istasyon kendisine ortalama 0,77 km uzaklıktaki 17 mahalleye,
- Adnan Menderes Mahallesi'ne kurulmuş olan 6 nolu istasyon kendisine ortalama 1,13 km uzaklıktaki 6 mahalleye,
- Güzelyurt Mahallesi'ne kurulmuş olan 7 nolu istasyon kendisine ortalama 1,34 km uzaklıktaki 4 mahalleye hizmet vermektedir.

Mevcut duruma ilişkin istasyonların hizmet verdiği mahalleler ile mahallelerin birbirlerine göre konumları, Ek Açıklamalar–A ile Ek Açıklamalar– B'de yer alan, Google Earth programı kullanılarak hazırlanmış Manisa il merkezine ait haritalarda gösterilmiştir.

Mevcut 112 ambulans istasyonları yerleşiminin etkinliğinin değerlendirilmesi amacıyla, 2012-2014 yılları Manisa il merkezindeki mahallelere göre nüfus ve gerçekleşen vaka sayıları kullanılmış olup ilgili değerler Ek Açıklamalar-J'de verilmiştir. Yıllara göre nüfus ve gerçekleşen vaka sayıları Çizelge 5.2.'de verilmiştir. Çizelge 5.2. incelendiğinde, yıllara göre nüfus sayısındaki artışa karşılık vaka sayılarında artış olmadığı gibi, vaka sayılarında önemli ölçüde azalış görülmektedir.

Çizelge 5.2. 2012-2014 yılları Manisa il merkezi nüfusu ve il merkezinde gerçekleşen vaka sayıları

Yıl	Nüfus	Vaka
2012	309050	7538
2013	315566	6843
2014	319976	6098

Mevcut yerleşimin kapsama etkinliğini belirlemek amacıyla, enbüyük kapsama yerleşim modeli çalıştırılmış ve 2012-2014 yılları için kapsanan nüfus ile kapsanan vaka sayıları bulunmuştur. Kapsanan nüfus ve vaka sayıları, Çizelge 5.2’de verilen ilgili yıla ait nüfus ve vaka sayılarına bölünerek kapsama oranları elde edilmiştir. 2012-2014 yıllarına ilişkin kapsanan nüfus ve vaka sayıları ile kapsanan nüfus ve vaka oranları Çizelge 5.3.’te verilmiştir.

Çizelge 5.3. 2012-2014 yıllarına göre mevcut yedi istasyonun yerleşimin kapsama etkinliği

Yıl	Kapsanan Nüfus	Nüfus Kapsama Oranı	Kapsanan Vaka	Vaka Kapsama Oranı
2012	144452	0,467	3131	0,415
2013	147907	0,469	2859	0,418
2014	150338	0,470	2639	0,433

Çizelge 5.3. incelendiğinde, kapsama oranlarının; nüfus için 0,467 ile 0,470, vaka için ise 0,415 ile 0,433 arasında değiştiği, en iyi kapsama oranının hem nüfus hem de vaka açısından 2014 yılında gerçekleştiği görülmektedir. Gerek nüfus gerekse vaka sayıları için bulunan kapsama oranlarının düşük olması, mevcut durumdaki istasyonların bağlı oldukları mahallelere yeterince hizmet veremediklerini, bu nedenle istasyon yerlerinin yeniden değerlendirilmesi gerektiği görüşünü desteklemektedir.

#### 5.4. P-Medyan Modelinin Sonuçları ve Önerilen 112 Acil Yardım Ambulansları Yerleşiminin Etkinliğinin Yıllara Göre Değerlendirilmesi

Mevcut durumda Manisa il merkezinde bulunan istasyonların mahallelere verdiği hizmete ilişkin farklı yerleşimlerin olabirliğini araştırmak amacıyla, 2012-2014 yılları için; nüfus, vaka sayısı ve nüfus-vaka çarpımı verileri kullanılarak 9 ayrı p-medyan modeli GAMS programında yazılmış ve çalıştırılmıştır. Yıllar bazında üç farklı talep parametresi (nüfus, vaka, nüfus vaka çarpımı) kullanılarak elde edilen yerleşimler, enbüyük kapsama modeli için tesis yerleri olarak belirlenmiş; bu yerleşimlerin 5 km içerisindeki kapsanan talebin enbüyüklenmesi için çalışma yapılmış olup sonuçlar izleyen alt başlıklarda özetlenmiştir.

##### 5.4.1. Nüfus parametrelili p-medyan modeli sonuçları

2012 ve 2013 yılı için nüfus kullanılarak çözülen p-medyan modellerinin sonuçları değerlendirildiğinde önerilebilir istasyonlar ile istasyonların hizmet vereceği mahalleler aynıdır. Modellerin sonuçları Çizelge 5.4.'te özetlenmiştir.

Çizelge 5.4. 2012-2013 yılları nüfus parametrelili p-medyan modeli sonuçları

İstasyon	Kuruluş Yeri	Hizmet Vereceği Mahalleler
1	Kuyualan Mahallesi	Kuyualan, Adakale, Akıncılar, Akmescit, Arda, Aynı Ali (Akgün), Dere, İbrahim Çelebi, Kaynak, Lalapaşa, Mimar Sinan, Mutlu, Saruhan, Tefikiye, Topçuasım, Tunca
2	75. Yıl Mahallesi	75. Yıl, Güzelyurt, Keçiliköy, Laleli, Uncubozköy
3	Peker Mahallesi	Peker, 1. Anafartalar, 2. Anafartalar, Çarşı, Dinçer, Göktaşlı, İshakçelebi, Kuşlubahçe, Spil, Utku, Yarhasanlar
4	Yenimahalle Mahallesi	Yenimahalle, Barbaros, Hafsa Sultan, Merkez Efendi, Fatih
5	Alaybey Mahallesi	Alaybey, Ahmet Bedevi, Bayındırlık, Dilşikar, Ege, Gediz, Kocatepe, Nişancıpaşa, Nurlupınar, Sakarya, Şehitler
6	Akpınar Mahallesi	Akpınar, Adnan Menderes, Kazım Karabekir, Turgut Özal
7	Cumhuriyet Mahallesi	Cumhuriyet, 50. Yıl, Atatürk, Fevzi Çakmak, Mesir

Çizelge 5.4. incelendiğinde, mevcut durumdaki istasyon sayısının aynı kaldığı ancak mevcut duruma göre istasyon yerlerinde ve hizmet verilecek mahallelerde değişiklik olduğu görülmektedir. Mevcut durumda Güzelyurt Mahallesi'ne kurulmuş olan 7 numaralı istasyonun hizmet verdiği mahalleler; 75. Yıl, Fevzi Çakmak, Güzelyurt, Uncubozköy iken, 2012-2013 yılı nüfus modelinin çözümüne göre, istasyonun 75. Yıl mahallesinde kurulması ve hizmet verilecek mahallelerin 75. Yıl, Güzelyurt, Keçiliköy, Laleli, Uncubozköy olması önerilmektedir. Gerek istasyon yeri gerekse hizmet verilecek mahalleler ve sayıları açısından yaşanan değişikliklerin Çizelge 5.4'te verilen diğer istasyonlar için de söz konusu olduğu söylenebilir.

2012-2013 nüfus parametrelili p medyan modeline göre önerilen istasyonlar ile bu istasyonların hizmet vereceği mahalleler arasındaki göze çarpan noktalar şöyle özetlenebilir:

- Kuyualan Mahallesi'ne kurulması önerilen 1 nolu istasyon kendisine ortalama 0,81 km uzaklıktaki 16 mahalleye,
- 75. Yıl Mahallesi'ne kurulması önerilen 2 nolu istasyon kendisine 1,18 km uzaklıktaki 5 mahalleye,
- Peker Mahallesi'ne kurulması önerilen 3 nolu istasyon kendisine ortalama 0,89 km uzaklıktaki 11 mahalleye,
- Yenimahalle Mahallesi'ne kurulması önerilen 4 nolu istasyon kendisine ortalama 0,59 km uzaklıktaki 4 mahalleye,
- Alaybey Mahallesi'ne kurulması önerilen 5 nolu istasyon kendisine ortalama 0,81 km uzaklıktaki 11 mahalleye,
- Akpınar Mahallesi'ne kurulması önerilen 6 nolu istasyon kendisine ortalama 1 km uzaklıktaki 4 mahalleye,
- Cumhuriyet Mahallesi'ne kurulması önerilen 7 nolu istasyon kendisine ortalama 0,77 km uzaklıktaki 6 mahalleye hizmet vermektedir.

2012 ve 2013 yıllarına ait nüfus kullanılarak açılması önerilen istasyonlar ve istasyonların hizmet vereceği mahalleler Ek Açıklamalar-C1'deki Manisa il merkezi haritasında gösterilmiştir. 2014 yılı nüfus parametresine dayalı p-medyan modelinin sonuçları ise Çizelge 5.5.'te verilmiştir.



Çizelge 5.5. 2014 yılı nüfus parametrelili p-medyan modeli sonuçları

İstasyon No	Kuruluş Yeri	Hizmet Vereceği Mahalleler
1	Kuyualan Mahallesi	Kuyualan, Adakale, Akıncılar, Akmescit, Arda, Ayni Ali (Akgün), Dere, İbrahim Çelebi, Kaynak, Lalapaşa, Mimar Sinan, Mutlu, Saruhan, Tefikiye, Topçuasım, Tunca
2	75. Yıl Mahallesi	75.Yıl, Keçiliköy, Laleli, Uncubozköy
3	Yarhasanlar Mahallesi	Yarhasanlar, 2.Anafartalar, Dinçer, Barbaros, Kuşlubahçe, Peker, Spil
4	Hafsa Sultan Mahallesi	Atatürk, Cumhuriyet, Fatih, Hafsa Sultan, Merkez Efendi, Mesir, Yenimahalle
5	Nişancıpaşa Mahallesi	1. Anafartalar, Alaybey, Bayındırlık, Çarşı, Dilşikar, Ege, Gediz, Göktaşlı, İshakçelebi, Kocatepe, Nişancıpaşa, Sakarya, Şehitler, Utku
6	Akpınar Mahallesi	Adnan Menderes, Ahmet Bedevi, Akpınar, Kazım Karabekir, Nurlupınar, Turgut Özal
7	Güzelyurt Mahallesi	Güzelyurt, 50.Yıl, Fevzi Çakmak

Çizelge 5.5. incelendiğinde, yedi istasyon ile Manisa il merkezindeki tüm mahallelere hizmet verilebileceği, ancak istasyon yerleri ve hizmet verilen mahallelerde değişiklik olduğu görülmektedir. Tablodaki sonuçlar ile 2012-2013 nüfus verilerine dayalı model sonuçları kıyaslandığında, üç istasyonun (Kuyualan 75. Yıl, ve Akpınar) aynı mahallelerde, kalan dört istasyonun ise farklı mahallelere kurulması önerilmektedir. Ayrıca, istasyonların hizmet vereceği mahallelerde farklılaşmalar yaşanmıştır.

2014 nüfus parametrelili p medyan model sonucuna göre önerilen istasyonlar ile bu istasyonların hizmet vereceği mahalle sayıları ve bu mahallelerin hizmet alacağı istasyona olan ortalama uzaklıklar hakkında bir değerlendirme yapıldığında göze çarpan noktalar şöyle özetlenebilir:

- Kuyualan Mahallesi'ne kurulması önerilen 1 nolu istasyon kendisine ortalama 0,61 km uzaklıktaki 16 mahalleye,
- 75. Yıl Mahallesi'ne kurulması önerilen 2 nolu istasyon kendisine 1,06 km uzaklıktaki 4 mahalleye,
- Yarhasanlar Mahallesi'ne kurulması önerilen 3 nolu istasyon kendisine ortalama 0,86 km uzaklıktaki 7 mahalleye,
- Hafsasultan Mahallesi'ne kurulması önerilen 4 nolu istasyon kendisine ortalama 0,77 km uzaklıktaki 7 mahalleye,
- Nişancıpaşa Mahallesi'ne kurulması önerilen 5 nolu istasyon kendisine ortalama 0,63 km uzaklıktaki 14 mahalleye,
- Akpınar Mahallesi'ne kurulması önerilen 6 nolu istasyon kendisine ortalama 1,17 km uzaklıktaki 6 mahalleye,
- Güzelyurt Mahallesi'ne kurulması önerilen 7 nolu istasyon kendisine ortalama 1,08 km uzaklıktaki 3 mahalleye hizmet vermektedir.

2014 yılı nüfus sayısı kullanılarak açılması önerilen istasyonlar ve hizmet verecekleri mahalleler Ek Açıklamalar – C2'deki Manisa il merkezi haritasında gösterilmiştir.

P-medyan modeline göre önerilen yerleşimlerin kapsama etkinliklerini belirlemek amacıyla, enbüyük kapsama yerleşim modeli çalıştırılmış ve 2012-2014 yılları için kapsanan nüfus sayıları bulunmuştur. Kapsanan nüfus sayıları, Çizelge 5.6.'da verilen ilgili yıla ait nüfus sayılarına bölünerek kapsama oranları elde edilmiştir. Önerilen yerleşimlerin 2012-2014 yıllarına ilişkin kapsama oranları Çizelge 5.6.'da verilmiştir.

Çizelge 5.6. 2012-2014 yılları nüfus sayısına göre önerilen yerleşimlerin kapsama oranları

Yıl	Nüfus	Kapsanan Nüfus	Kapsama Oranı
2012	309050	253988	0,822
2013	315566	260612	0,826
2014	319976	205095	0,641

Çizelge 5.6. incelendiğinde, kapsama oranlarının; 0,641 ile 0,826 arasında değiştiği, en yüksek kapsama oranının 2013 yılında gerçekleştiği görülmektedir. Model kullanılarak elde edilen yeni yerleşimler, mevcut durumdaki kapsama oranından (0,470) daha yüksek bir oranda kapsamanın sağlanabileceğini göstermektedir. 2013 yılındaki nüfus artışına rağmen kapsama oranındaki göreceli iyileşme, önerilen istasyon yerleşimleri ve hizmet verecekleri mahallelerin uygun olduğunu belirtmektedir. Ayrıca 2014 yılına ait kapsama oranının diğer yıllara göre düşük olmasının, bazı mahallelerde yaşanan kontrolsüz nüfus artışı ya da azalışından kaynaklandığı söylenebilir.

#### 5.4.2. Vaka parametrelili p-medyan modeli sonuçları

2012 yılı vaka sayısı kullanılarak çözülen p-medyan modelinin sonuçları sonuçları Çizelge 5.7.'de verilmiştir.

Çizelge 5.7. 2012 yılı vaka parametrelili p-medyan modeli sonuçları

İstasyon No	Kuruluş Yeri	Hizmet Vereceği Mahalleler
1	Mimar Sinan Mahallesi	Adakale, Akıncılar, Akmescit, Arda, Ayni Ali (Akgün), Dere, İbrahim Çelebi, Kaynak, Kuyualan, Lalapaşa, Mimar Sinan, Mutlu, Saruhan, Tevfikiye, Topçuasım, Tunca
2	75.Yıl Mahallesi	75.Yıl, Güzelyurt, Keçiliköy, Laleli, Uncubozköy
3	Yarhasanlar Mahallesi	2.Anafartalar, Dinçer, Kuşlubahçe, Peker, Spil, Yarhasanlar
4	Yenimahalle Mahallesi	Barbaros, Hafsa Sultan, Merkez Efendi, Yenimahalle
5	Nişancıpaşa Mahallesi	1.Anafartalar, Alaybey, Bayındırlık, Çarşı, Dilşikar, Ege, Gediz, Göktaşlı, İshakçelebi, Kocatepe, Nişancıpaşa, Sakarya, Şehitler, Utku
6	Kazımkarabekir Mahallesi	Adnan Menderes, Ahmet Bedevi, Akpınar, Kazım Karabekir, Nurlupınar, Turgut Özal
7	Cumhuriyet Mahallesi	50. Yıl, Atatürk, Cumhuriyet, Fatih, Fevzi Çakmak, Mesir

Çizelge 5.7. incelendiğinde, mevcut durumdaki istasyon sayısının aynı kaldığı, ancak istasyon yerleri ve hizmet verilen mahallelerde değişiklik olduğu görülmektedir. Örneğin, mevcut durumda Şehitler Mahallesi'ne kurulmuş olan 3 numaralı istasyon ve hizmet verdiği mahaller; 1. Anafartalar, 2. Anafartalar, Dinçer, Kuşlubahçe, Peker, Sakarya, Spil, Şehitler, Yarhasanlar iken, model çözümüne göre, 3 numaralı istasyonun Yarhasanlar Mahallesi'ne kurulması ve hizmet verilecek mahallelerin 2.Anafartalar, Dinçer, Kuşlubahçe, Peker, Spil ve Yarhasanlar olması önerilmektedir. Gerek istasyon yeri gerekse hizmet verilecek

mahalleler ve sayıları açısından yaşanan değişikliklerin Çizelge 5.7.'de verilen diğer istasyonlar için de söz konusu olduğu söylenebilir.

2012 yılı vaka parametrelili p medyan model sonucuna göre önerilen istasyonlar ile bu istasyonların hizmet vereceği mahalle sayıları ve bu mahallelerin hizmet alacağı istasyona olan ortalama uzaklıklar hakkında bir değerlendirme yapıldığında göze çarpan noktalar şöyle özetlenebilir:

- Mimar Sinan Mahallesi'ne kurulması önerilen 1 nolu istasyon kendisine ortalama 0,75 km uzaklıktaki 16 mahalleye,
- 75.Yıl Mahallesi'ne kurulması önerilen 2 nolu istasyon kendisine 1,18 km uzaklıktaki 5 mahalleye,
- Yarhasanlar Mahallesi'ne kurulması önerilen 3 nolu istasyon kendisine ortalama 0,81 km uzaklıktaki 6 mahalleye,
- Yenimahalle Mahallesi'ne kurulması önerilen 4 nolu istasyon kendisine ortalama 0,59 km uzaklıktaki 4 mahalleye,
- Nişancıpaşa Mahallesi'ne kurulması önerilen 5 nolu istasyon kendisine ortalama 0,63 km uzaklıktaki 14 mahalleye,
- Kazım Karabekir Mahallesi'ne kurulması önerilen 6 nolu istasyon kendisine ortalama 1,25 km uzaklıktaki 6 mahalleye,
- Cumhuriyet Mahallesi'ne kurulması önerilen 7 nolu istasyon kendisine ortalama 0,77 km uzaklıktaki 6 mahalleye hizmet vermektedir.

2012 vaka sayısı kullanılarak açılması önerilen istasyonlar ile hizmet vereceği mahalleler Ek Açıklamalar – D1'deki Manisa il merkezi haritasında gösterilmiştir. 2013 yılı vaka sayısı kullanılarak çözülen p-medyan modelinin sonuçları ise Çizelge 5.8.'de verilmiştir.

Çizelge 5.8. 2013 yılı vaka parametrelili p-medyan modeli sonuçları

İstasyon No	Kuruluş Yeri	Hizmet Vereceği Mahalleler
1	Kuyualan Mahallesi	Adakale, Akıncılar, Akmescit, Arda, Ayni Ali (Akgün), Dere, İbrahim Çelebi, Kaynak, Kuyualan, Lalapaşa, Mimar Sinan, Mutlu, Saruhan, Tefikiye, Topcuasım, Tunca
2	75.Yıl Mahallesi	75.Yıl, Keçiliköy, Laleli, Uncubozköy
3	Peker Mahallesi	1. Anafartalar, 2. Anafartalar, Çarşı, Dinçer, Gökteşli, İshakçelebi, Kuşlubahçe, Peker, Spil, Utku, Yarhasanlar
4	Yenimahalle Mahallesi	Barbaros, Fatih, Hafsa Sultan, Merkez Efendi, Yenimahalle
5	Alaybey Mahallesi	Ahmet Bedevi, Alaybey, Bayındırlık, Dilşikar, Ege, Gediz, Kocatepe, Nişancıpaşa, Sakarya, Şehitler
6	Adnan Menderes Mahallesi	Adnan Menderes, Akpınar, Kazım Karabekir, Nurlupınar, Turgut Özal
7	Cumhuriyet Mahallesi	50.Yıl, Atatürk, Cumhuriyet, Güzelyurt, Fevzi Çakmak, Mesir

Çizelge 5.8. incelendiğinde, yedi istasyon ile Manisa il merkezindeki tüm mahallelere hizmet verilebileceği, ancak istasyon yerleri ve hizmet verilen mahallelerde değişiklik olduğu görülmektedir. Tablodaki sonuçlar ile 2012 vaka parametrelili model sonuçları kıyaslandığında, 3 istasyonun (75. Yıl, Yenimahalle, Cumhuriyet) aynı mahallelerde, kalan 4 istasyonun ise farklı mahallelere kurulması önerilmektedir. Ayrıca, istasyonların hizmet vereceği mahallelerde farklılaşmalar yaşanmıştır.

2013 yılına ait vaka parametrelili p medyan model sonucuna göre önerilen istasyonlar ile bu istasyonların hizmet vereceği mahalle sayıları ve bu mahallelerin hizmet alacağı istasyona olan ortalama uzaklıklar hakkında bir değerlendirme yapıldığında göze çarpan noktalar şöyle özetlenebilir:

- Kuyualan Mahallesi'ne kurulması önerilen 1 nolu istasyon kendisine ortalama 0,61 km uzaklıktaki 16 mahalleye,
- 75. Yıl Mahallesi'ne kurulması önerilen 2 nolu istasyon kendisine ortalama 1,06 km uzaklığındaki 4 mahalleye,
- Peker Mahallesi'ne kurulması önerilen 3 nolu istasyon kendisine ortalama 0,89 km uzaklığında 11 mahalleye,
- Yenimahalle Mahallesi'ne kurulması önerilen 4 nolu istasyon kendisine ortalama 0,68 km uzaklığında 5 mahalleye,
- Alaybey Mahallesi'ne kurulması önerilen 5 nolu istasyon kendisine ortalama 0,76 km uzaklığında 10 mahalleye,
- Adnan Menderes Mahallesi'ne kurulması önerilen 6 nolu istasyon kendisine ortalama 0,95 km uzaklığında 5 mahalleye,
- Cumhuriyet Mahallesi'ne kurulması önerilen 7 nolu istasyon kendisine ortalama 0,88 km uzaklığında 6 mahalleye hizmet vermektedir.

2013 yılı vaka sayısı kullanılarak açılması önerilen istasyonlar ve hizmet vereceği mahalleler Ek Açıklamalar – D2'deki Manisa il merkezi haritasında gösterilmiştir. 2014 yılı vaka sayısı kullanılarak çözülen p-medyan modelinin sonuçları ise Çizelge 5.9.'da verilmiştir.

Çizelge 5.9. 2014 yılı vaka parametrelili p-medyan modeli sonuçları

İstasyon No	Kuruluş Yeri	Hizmet Vereceği Mahalleler
1	Kuyualan Mahallesi	Adakale, Akıncılar, Akmescit, Arda, Ayni Ali (Akgün), Dere, İbrahim Çelebi, Kaynak, Kuyualan, Lalapasa, Mimar Sinan, Mutlu, Saruhan, Tefikiye, Topçuasım, Tunca
2	75. Yıl Mahallesi	75.Yıl, Güzelyurt, Keçiliköy, Laleli, Uncubozköy
3	Yarhasanlar Mahallesi	2.Anafartalar, Dinçer, Kuşlubahçe, Peker, Spil, Yarhasanlar
4	Yenimahalle Mahallesi	Barbaros, Fatih, Hafsa Sultan, Merkez Efendi, Yenimahalle
5	Nişancıpaşa Mahallesi	1. Anafartalar, Alaybey, Bayındırlık, Çarşı, Dilşikar, Ege, Gediz, Göktaşlı, İshakçelebi, Kocatepe, Nişancıpaşa, Sakarya, Şehitler, Utku
6	Akpınar Mahallesi	Adnan Menderes, Ahmet Bedevi, Akpınar, Kazım Karabekir, Nurlupınar, Turgut Özal
7	Cumhuriyet Mahallesi	50. Yıl, Atatürk, Cumhuriyet, Fevzi Çakmak, Mesir

Çizelge 5.9. incelendiğinde, yedi istasyon ile Manisa il merkezindeki tüm mahallelere hizmet sunulabileceği, ancak istasyon yerleri ve hizmet verilen mahallelerde değişiklik olduğu görülmektedir. Tablodaki sonuçlar ile 2014 vaka sayısına dayalı model sonuçları kıyaslandığında, dört istasyonun (Kuyualan, 75. Yıl, Yenimahalle, Cumhuriyet) aynı mahallelerde, kalan üç istasyonun ise farklı mahallelere kurulması önerilmektedir. Benzer şekilde, istasyonların hizmet vereceği mahallelerde farklılaşmalar yaşanmıştır.

2014 vaka parametrelili p medyan model sonucuna göre önerilen istasyonlar ile bu istasyonların hizmet vereceği mahalle sayıları ve bu mahallelerin hizmet alacağı istasyona olan ortalama uzaklıklar hakkında bir değerlendirme yapıldığında göze çarpan noktalar şöyle özetlenebilir:



- Kuyualan Mahallesi'ne kurulması önerilen 1 nolu istasyon kendisine ortalama 0,61 km uzaklıktaki 16 mahalleye,
- 75. Yıl Mahallesi'ne kurulması önerilen 2 nolu istasyon kendisine ortalama 1,18 km uzaklığındaki 5 mahalleye ,
- Yarhasanlar Mahallesi'ne kurulması önerilen 3 nolu istasyon kendisine ortalama 0,81 km uzaklığında 6 mahalleye,
- Yenimahalle Mahallesi'ne kurulması önerilen 4 nolu istasyon kendisine ortalama 0,68 km uzaklığında 5 mahalleye,
- Nişancıpaşa Mahallesi'ne kurulması önerilen 5 nolu istasyon kendisine ortalama 0,63 km 14 mahalleye,
- Akpınar Mahallesi'ne kurulması önerilen 6 nolu istasyon kendisine ortalama 1,17 km 6 mahalleye,
- Cumhuriyet mahallesine kurulması önerilen 7 nolu istasyon kendisine ortalama 0,73 km 5 mahalleye, hizmet vermektedir.

2014 yılı vaka sayısı kullanılarak açılması önerilen istasyonlar ve istasyonların hizmet vereceği mahalleler Ek Açıklamalar–D3'teki Manisa il merkezi haritasında gösterilmiştir.

P-medyan modeline göre önerilen yerleşimlerin kapsama etkinliklerini belirlemek amacıyla, enbüyük kapsama yerleşim modeli yeniden çalıştırılmış ve 2012-2014 yılları için kapsanan vaka sayıları bulunmuştur. Kapsanan vaka sayıları, Çizelge 5.10.'da verilen ilgili yıla ait vaka sayılarına bölünerek kapsama oranları elde edilmiştir. Önerilen yerleşimlerin 2012-2014 yıllarına ilişkin kapsama oranları Çizelge 5.10.'da verilmiştir.

Çizelge 5.10. 2012-2014 yılları vaka modellerine göre önerilen yerleşimlerin kapsama oranları

Yıl	Vaka	Kapsanan Vaka	Kapsama Oranı
2012	7538	6081	0,807
2013	6843	5549	0,811
2014	6098	4996	0,819

Çizelge 5.10. incelendiğinde, kapsama oranlarının; 0,807 ile 0,819 arasında değiştiği, en yüksek kapsama oranının 2014 yılında gerçekleştiği görülmektedir. Model kullanılarak

elde edilen yeni yerleşimler, mevcut durumdaki kapsama oranından (0,470) daha yüksek bir oranda kapsamanın sağlanabileceğini göstermektedir. 2013 ve 2014 yıllarındaki vaka sayılarındaki düşüğe rağmen kapsama oranındaki göreceli iyileşme, önerilen istasyon yerleşimleri ve hizmet verecekleri mahallelerin uygun olduğunu belirtmektedir. Ayrıca, kapsama oranlarının 0,9 ile 1,00 arasında yüksek bir orana sahip olmayışı, yedi istasyon ile mahallelere hizmet sağlanmasında yetersiz kalınabileceği görüşünü desteklemektedir.

#### 5.4.3. Nüfus vaka çarpımı parametrelili p-medyan modeli sonuçları

2012 yılı nüfus vaka çarpımı kullanılarak çözülen p-medyan modelinin sonuçları sonuçları Çizelge 5.11’de özetlenmiştir.

Çizelge 5.11. 2012 yılı nüfus vaka çarpımı parametrelili p-medyan modeli sonuçları

İstasyon No	Kuruluş Yeri	Hizmet Vereceği Mahalleler
1	Tevfikiye Mahallesi	Adakale, Akıncılar, Akmescit, Ayni Ali (Akgün), Dere, İbrahim Çelebi, Kaynak, Kuyualan, Lalapaşa, Merkez Efendi, Mimar Sinan, Mutlu, Tevfikiye, Topçuasım, Tunca
2	Uncubozköy Mahallesi	75. Yıl, Keçiliköy, Uncubozköy, Laleli
3	Yarhasanlar Mahallesi	2. Anafartalar, Arda, Dinçer, Kuşlubahçe, Peker, Saruhan, Spil, Utku, Yarhasanlar
4	Yenimahalle Mahallesi	Atatürk, Barbaros, Fatih, Hafsa Sultan, Mesir, Yenimahalle
5	Alaybey Mahallesi	1. Anafartalar, Ahmet Bedevi, Alaybey, Bayındırlık, Çarşı, Dilşikar, Ege, Gediz, Göktaşlı, İshak Çelebi, Kocatepe, Nişancıpaşa, Sakarya, Şehitler
6	Akpınar Mahallesi	Adnan Menderes, Akpınar, Kazım Karabekir, Nurlupınar, Turgut Özal
7	Güzelyurt Mahallesi	50. Yıl, Cumhuriyet, Güzelyurt, Fevzi Çakmak

Çizelge 5.11. incelendiğinde, istasyon yerleri ve hizmet verilen mahallelerde değişiklik olduğu görülmektedir. Mevcut durumda Hafsa Sultan Mahallesi'ne kurulmuş olan 4 numaralı istasyon ve hizmet vereceği mahalleler; 50. Yıl, Atatürk, Barbaros, Cumhuriyet, Fatih, Hafsa Sultan, Laleli, Mesir, Yenimahalle iken, model çözümüne göre istasyonun Yenimahalle Mahallesi'ne kurulması ve hizmet verilecek mahallerin Atatürk, Barbaros, Fatih, Hafsa Sultan, Mesir, Yenimahalle olması önerilmektedir. Gerek istasyon yeri gerekse hizmet verilecek mahalleler ve sayıları açısından yaşanan değişikliklerin Çizelge 5.11'de verilen diğer istasyonlar için de söz konusu olduğu söylenebilir.

2012 nüfus vaka çarpımı parametrelili p medyan modeli sonucuna göre önerilen istasyonlar ile bu istasyonların hizmet vereceği mahalle sayıları ve bu mahallelerin hizmet alacağı istasyona olan ortalama uzaklıklar hakkında bir değerlendirme yapıldığında göze çarpan noktalar şöyle özetlenebilir:

- Tevfikiye Mahallesi'ne kurulması önerilen 1 nolu istasyon kendisine ortalama 0,79 km uzaklıktaki 15 mahalleye,
- Uncubozköy Mahallesi'ne kurulması önerilen 2 nolu istasyon kendisine ortalama 1,06 km uzaklığındaki 4 mahalleye ,
- Yarhasanlar Mahallesi'ne kurulması önerilen 3 nolu istasyon kendisine ortalama 0,88 km uzaklığında 9 mahalleye,
- Yenimahalle Mahallesi'ne kurulması önerilen 4 nolu istasyon kendisine ortalama 0,88 km uzaklığında 6 mahalleye,
- Alaybey Mahallesi'ne kurulması önerilen 5 nolu istasyon kendisine ortalama 0,92 km uzaklığında 14 mahalleye,
- Akpınar Mahallesi'ne kurulması önerilen 6 nolu istasyon kendisine ortalama 2,25 km uzaklığında 5 mahalleye,
- Güzelyurt Mahallesi'ne kurulması önerilen 7 nolu istasyon kendisine ortalama 1,22 km uzaklığında 4 mahalleye, hizmet vermektedir.

2012 nüfus vaka çarpımı kullanılarak açılması önerilen istasyonlar ve hizmet vereceği mahalleler Ek Açıklamalar–E1'deki Manisa il merkezi haritasında gösterilmiştir. 2013 yılı nüfus vaka çarpımı verileri kullanılarak çözülen p-medyan modelinin sonuçları Çizelge 5.12.' de verilmiştir.

Çizelge 5.12. 2013 yılı nüfus vaka çarpımı parametrelili p-medyan modeli sonuçları

İstasyon No	Kuruluş Yeri	Hizmet Vereceği Mahalleler
1	Tevfikiye Mahallesi	Adakale, Akıncılar, Akmescit, Ayni Ali (Akgün), Dere, İbrahim Çelebi, Kaynak, Kuyualan, Lalapaşa, Merkez Efendi, Mimar Sinan, Mutlu, Tevfikiye, Topçuasım, Tunca
2	Uncubozköy Mahallesi	75. Yıl, Keçiliköy, Uncubozköy, Laleli
3	Yarhasanlar Mahallesi	1.Anafartalar, 2.Anafartalar, Arda, Dinçer, Kuşlubahçe, İshakçelebi, Peker, Saruhan, Spil, Utku, Yarhasanlar
4	Yenimahalle Mahallesi	Atatürk, Barbaros, Fatih, Hafsa Sultan, Mesir, Yenimahalle
5	Alaybey Mahallesi	Ahmet Bedevi, Alaybey, Bayındırlık, Çarşı, Dilşikar, Ege, Gediz, Göktaşlı, Kocatepe, Nişancıpaşa, Sakarya, Şehitler
6	Akpınar Mahallesi	Adnan Menderes, Akpınar, Kazım Karabekir, Nurlupınar, Turgut Özal
7	Güzelyurt Mahallesi	50. Yıl, Cumhuriyet, Güzelyurt, Fevzi Çakmak

Çizelge 5.12 incelendiğinde, yedi istasyon ile Manisa il merkezindeki tüm mahallelere hizmet sunulabileceği, ancak istasyon yerlerinde 2012 yılına göre değişiklik olmadığı görülmektedir. Tablodaki sonuçlar ile 2012 nüfus vaka çarpımı parametrelili model sonuçları kıyaslandığında, istasyon yerlerinde değişiklik olmamasına rağmen istasyonların hizmet vereceği mahallelerde küçük değişikliklerin olduğu görülmektedir. 2012 nüfus vaka çarpımı parametrelili model sonucunda 1. Anafartalar ve İshakçelebi mahallelerinin Alaybey Mahallesi'ne kurulacak istasyondan hizmet alması önerilirken, 2013 nüfus vaka çarpımı parametrelili model sonucu her iki mahallenin de Yarhasanlar Mahallesi'ne kurulacak istasyondan hizmet almasını önermektedir.

2013 yılı nüfus vaka çarpımı parametrelili p medyan model sonucuna göre önerilen istasyonlar ile bu istasyonların hizmet vereceği mahalle sayıları ve bu mahallelerin hizmet alacağı istasyona olan ortalama uzaklıklar hakkında bir değerlendirme yapıldığında göze çarpan noktalar şöyle özetlenebilir:

- Tevfikiye Mahallesi'ne kurulması önerilen 1 nolu istasyon kendisine ortalama 0,79 km uzaklıktaki 15 mahalleye,
- Uncubozköy Mahallesi'ne kurulması önerilen 2 nolu istasyon kendisine ortalama 1,06 km uzaklığındaki 4 mahalleye ,
- Yarhasanlar Mahallesi'ne kurulması önerilen 3 nolu istasyon kendisine ortalama 0,97 km uzaklığında 11 mahalleye,
- Yenimahalle Mahallesi'ne kurulması önerilen 4 nolu istasyon kendisine ortalama 0,88 km uzaklığında 6 mahalleye,
- Alaybey Mahallesi'ne kurulması önerilen 5 nolu istasyon kendisine ortalama 0,84 km 12 mahalleye,
- Akpınar Mahallesi'ne kurulması önerilen 6 nolu istasyon kendisine ortalama 1,05 km 5 mahalleye,
- Yenimahalle Mahallesi'ne kurulması önerilen 7 nolu istasyon kendisine ortalama 1,22 km 4 mahalleye, hizmet vermektedir.

2013 nüfus vaka çarpımı kullanılarak açılması önerilen istasyonlar ve hizmet vereceği mahalleler Ek Açıklamalar–E2'deki Manisa il merkezi haritasında gösterilmiştir. 2014 yılı nüfus vaka çarpımı kullanılarak çözülen p-medyan modelinin sonuçları Çizelge 5.13.' te verilmiştir.

Çizelge 5.13. 2014 yılı nüfus vaka çarpımı parametrelili p-medyan modeli sonuçları

İstasyon No	Kuruluş Yeri	Hizmet Vereceği Mahalleler
1	Tevfikiye Mahallesi	Adakale, Akıncılar, Akmescit, Arda, Ayni Ali (Akgün), Dere, Dinçer, İbrahim Çelebi, Kaynak, Kuyualan, Lalapaşa, Merkez Efendi, Mimar Sinan, Mutlu, Tevfikiye, Topçu Asım, Tunca
2	Uncubozköy Mahallesi	75. Yıl, Keçiliköy, Uncubozköy, Laleli
3	Fevzi Çakmak Mahallesi	Fevzi Çakmak
4	Yenimahalle Mahallesi	Atatürk, Barbaros, Fatih, Hafsa Sultan, Yenimahalle, Mesir, Spil
5	Sakarya Mahallesi	1.Anafartalar, 2.Anafartalar, Ahmet Bedevi, Alaybey, Bayındırlık, Çarşı, Dilşikar, Ege, Gediz, Göktaşlı, İshakçelebi, Kocatepe, Kuşlubahçe, Nişancıpaşa, Peker, Sakarya, Şehitler, Saruhan, Utku, Yarhasanlar
6	Akpınar Mahallesi	Adnan Menderes, Akpınar, Kazım Karabekir, Nurlupınar, Turgut Özal
7	Güzelyurt Mahallesi	50. Yıl, Cumhuriyet, Güzelyurt

Çizelge 5.13. incelendiğinde, yedi istasyon ile Manisa il merkezindeki tüm mahallelere hizmet sunulabileceği, ancak istasyon yerleri ve hizmet verilen mahallelerde 2013 yılına göre büyük değişikliklerin olmadığı görülmektedir. Sonuçlarda göze çarpan önemli bir durum 2013 yılında Sakarya Mahallesi'ne kurulan istasyonun çok fazla sayıda mahalleye hizmet verirken, Fevzi Çakmak Mahallesi'ne açılan istasyonun sadece bir mahalleye hizmet vermesidir.

2014 yılı nüfus vaka çarpımı parametrelili p medyan model sonucuna göre önerilen istasyonlar ile bu istasyonların hizmet vereceği mahalle sayıları ve bu mahallelerin hizmet alacağı istasyona olan ortalama uzaklıklar hakkında bir değerlendirme yapıldığında göze çarpan noktalar şöyle özetlenebilir:

- Tevfikiye Mahallesi'ne kurulması önerilen 1 nolu istasyon kendisine ortalama 0,79 km uzaklıktaki 17 mahalleye,
- Uncubozköy Mahallesi'ne kurulması önerilen 2 nolu istasyon kendisine ortalama 1,06 km uzaklıktaki 4 mahalleye ,
- Fevzi Çakmak Mahallesi'ne kurulması önerilen 3 nolu sadece Fevzi Çakmak Mahallesi'ne,
- Yenimahalle Mahallesi'ne kurulması önerilen 4 nolu istasyon kendisine ortalama 1,13 km uzaklıktaki 7 mahalleye,
- Sakarya Mahallesi'ne kurulması önerilen 5 nolu istasyon kendisine ortalama 0,94 km uzaklıktaki 20 mahalleye,
- Akpınar Mahallesi'ne kurulması önerilen 6 nolu istasyon kendisine ortalama 1,05 km uzaklıktaki 5 mahalleye,
- Güzelyurt Mahallesi'ne kurulması önerilen 7 nolu istasyon kendisine ortalama 1,04 km uzaklıktaki 3 mahalleye, hizmet vermektedir.

2014 yılı nüfus vaka çarpımı parametrelili açılması önerilen istasyonlar ile hizmet vereceği mahalleler Ek Açıklamalar – E3'teki Manisa il merkezi haritasında gösterilmiştir.

P-medyan modeline göre önerilen yerleşimlerin kapsama etkinliklerini belirlemek amacıyla, enbüyük kapsama yerleşim modeli yeniden çalıştırılmış ve 2012-2014 yılları için kapsanan nüfus vaka çarpımı bulunmuştur. Kapsanan nüfus vaka sayıları, Çizelge 5.14.' te verilen ilgili yıla ait nüfus vaka çarpımına bölünerek kapsama oranları elde edilmiştir. Önerilen yerleşimlerin 2012-2014 yıllarına ilişkin kapsama oranları Çizelge 5.14.'te verilmiştir.

Çizelge 5.14. 2012-2014 yılları nüfus vaka çarpımına göre önerilen yerleşimlerin kapsama oranları

Yıl	Nüfus×Vaka	Kapsanan Nüfus×Vaka	Kapsama Oranı
2012	51070408	40042191	0,784
2013	47944673	38055799	0,794
2014	44110504	35021258	0,794

Çizelge 5.14. incelendiğinde, kapsama oranlarının; 0,784 ile 0,794 arasında değiştiği, en yüksek kapsama oranının 2013 ve 2014 yıllarında gerçekleştiği görülmektedir. Model kullanılarak elde edilen yeni yerleşimler, mevcut durumdaki kapsama oranından (0,470) daha yüksek bir oranda kapsamanın sağlanabileceğini göstermektedir.

### 5.5. Model Sonuçlarının Yıllara Göre Değerlendirilmesi

2012-2014 yılları için; nüfus, vaka sayısı ve nüfus vaka çarpımı temel alınarak düzenlenen toplam dokuz p-medyan modeli çalıştırıldığında, önerilebilir 7 tesisin kurulması gereken mahallelerin değişiklik gösterdiği görülmektedir. Özellikle nüfus ve vaka modellerinin önerdiği tesislerin yerlerinde yıllara göre büyük oranda benzerlik görülürken, nüfus vaka çarpımı modellerinin önerdiği tesis yerleşimi diğer iki modelden farklılık göstermektedir. Nüfus vaka çarpımı modelleri yıllara göre kendi içinde daha çok benzerlik göstermektedir. Ayrıca, tüm modeller mevcut durumdan daha iyi bir kapsama oranına ulaşmıştır. Modellerin kapsama oranlarının 0,641-0,826 arasında değişmesi 7 tesis ile tüm mahallelerin kapsanamadığını göstermektedir.

Ayrıca küme kapsama modelleri çalıştırılırken göze çarpan bir başka önemli husus belirli sayıda hizmet veren tesis sayısının yanında bu tesislere hizmet verecek toplam araç sayısıdır. Aslında istenilen mümkün olduğunca en az sayıda araçla hizmet verilen nüfus, vaka ve nüfus vaka sayılarını enbüyüklemektir. Nüfus, vaka ve nüfus vaka modelleri çalıştırıldığında hiçbir modelin önerilen 7 tesisin 7 araçla toplam nüfus, toplam vaka ve toplam nüfus vaka çarpımına ulaşamadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu nedenle üç farklı parametreyle oluşturulmuş küme kapsama modelleri araç sayıları artırılarak çalıştırılmış kapsama etkinliklerinin değişimi araştırılmıştır. Her üç modelin de 7 tesis 10 araçla istenilen kapsama oranlarına ulaşılabilirdiği görülmüştür. Bu durum değerlendirilirken göz ardı edilmemesi gereken hususlar ek araçların hangi istasyonlara destek vereceğidir. Bunun için küme kapsama modeli araç sayısı artırılarak mümkün olduğunca tamama yakın kapsamanın



kaç araçla gerçekleştiği ve ek araçların hangi istasyonlara destek vereceği, önceki durum olan 7 tesis 7 araçla kapsanamayan mahallelerin hangileri olduğu bilgisine ulaşmak için çalıştırılmıştır. 2012-2014 yılları nüfus verilerine göre araç sayısına bağlı kapsama oranları Çizelge 5.15.'te verilmiştir.

Çizelge 5.15. 2012-2014 yılları nüfus parametrelili modellere göre ambulans sayısına bağlı kapsama oranları

Ambulans Sayısı	2012 Kapsanan Nüfus	2013 Kapsanan Nüfus	2014 Kapsanan Nüfus
7	0,822	0,826	0,641
8	0,856	0,859	0,825
9	0,898	0,90	0,859
10	0,97	0,97	0,929

Yukarıdaki çizelge incelendiğinde ambulans sayısı arttıkça yıllara göre kapsama oranlarında artış olduğu görülmekte olup, üç yıla ilişkin en yüksek kapsama oranları 10 ambulans ile gerçekleşmektedir. Buna karşılık 8'inci, 9'uncu, 10'uncu ambulanslar sırasıyla 2012-2013 nüfus modellerine göre 75. Yıl, Akpınar, Cumhuriyet mahallelerine kurulan istasyonlara, 2014 nüfus modeline göre ise Güzelyurt, 75. Yıl, Akpınar mahallelerine kurulan istasyonlara destek vermektedir.

Çizelge 5.16.' da verilen 2012-2014 yılları vaka parametresine göre ambulans sayısına bağlı kapsama oranları incelendiğinde, ambulans sayısı arttıkça yıllara göre kapsama oranlarında artış olduğu görülmektedir. Üç yıla ilişkin en yüksek kapsama oranları 10 ambulans ile gerçekleşmektedir. Buna karşılık 8'inci, 9'uncu, 10'uncu ambulanslar sırasıyla 2012 vaka modeline göre Kazımkarabekir, Cumhuriyet, Yenimahalle mahallelerine kurulan istasyonlara; 2013 vaka modeline göre 75. Yıl, Cumhuriyet, Yenimahalle mahallelerine kurulan istasyonlara, 2014 vaka modeline göre ise de 75. Yıl, Akpınar, Cumhuriyet mahallelerine kurulan istasyonlara destek vermektedir.

Çizelge 5.16. 2012-2014 yılları vaka parametrelili modellere göre ambulans sayısına bağlı kapsama oranları

Ambulans Sayısı	2012 Kapsanan Vaka	2013 Kapsanan Vaka	2014 Kapsanan Vaka
7	0,807	0,811	0,819
8	0,869	0,894	0,857
9	0,892	0,915	0,901
10	0,985	0,915	0,982

Benzer bir değerlendirme, 2012-2014 yılları nüfus vaka çarpımına göre ambulans sayısına bağlı kapsama oranlarının belirlenmesi için gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 5.17.'de verilmiştir.

Çizelge 5.17. 2012-2014 yılları nüfus vaka çarpımı parametrelili modellere göre ambulans sayısına bağlı kapsama oranları

Ambulans Sayısı	2012 Kapsanan Nüfus×Vaka	2013 Kapsanan Nüfus×Vaka	2014 Kapsanan Nüfus×Vaka
7	0,784	0,794	0,794
8	0,934	0,934	0,804
9	0,969	0,971	0,943
10	0,974	0,975	0,969

Çizelge 5.17. incelendiğinde ambulans sayısı arttıkça yıllara göre kapsama oranlarında artış olduğu görülmekte olup üç yıla ilişkin en yüksek kapsama oranları 10 ambulans ile gerçekleşmektedir. Buna karşılık 8'inci, 9'uncu, 10'uncu ambulanslar sırasıyla 2012-2013 nüfus vaka çarpımı modeline göre Güzelyurt, Akpınar, Uncubozköy mahallelerine kurulan istasyonlara; 2014 nüfus vaka çarpımı parametrelili modele göre Fevzi Çakmak, Güzelyurt, Akpınar mahallelerine kurulan istasyonlara destek vermektedir.

Yedi tesisin yedi ambulansla tüm mahallelerin kapsayamaması (tüm mahallelere hizmet verilememesi) sonucu, yeni tesislerin nerede açılmasının daha anlamlı olacağı sorusunu meydana getirmiştir. Bu amaçla p medyan modeli kullanılarak sırayla 8, 9 ve 10 adet yeni tesisler açılmış, bu tesislerin kapsama oranlarının değerlendirilmesi adına enbüyük kapsama yerleşim modeli çalıştırılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Nüfus, vaka ve nüfus

vaka çarpımı için elde edilen sonuçlar, sırasıyla; Çizelge 5.18., Çizelge 5.19., ve Çizelge 5.20.'de verilmiştir.

Çizelge 5.18. 2012-2014 yılları nüfus parametrelili modellere göre istasyon sayısına bağlı kapsama oranları

İstasyon Sayısı	2012 Kapsanan Nüfus	2013 Kapsanan Nüfus	2014 Kapsanan Nüfus
7	0,822	0,826	0,641
8	0,638	0,641	0,641
9	0,621	0,624	0,624
10	0,621	0,624	0,624

Yıllara göre nüfus modelinin kapsama oranları değerlendirildiğinde istasyon sayısı arttıkça kapsama oranlarının büyük ölçüde azaldığı görülmektedir.

Çizelge 5.19. 2012-2014 yılları vaka parametrelili modellere göre istasyon sayısına bağlı kapsama oranları

İstasyon Sayısı	2012 Kapsanan Vaka	2013 Kapsanan Vaka	2014 Kapsanan Vaka
7	0,807	0,811	0,819
8	0,838	0,710	0,722
9	0,640	0,610	0,610
10	0,602	0,610	0,610

Yıllara göre vaka modelinin kapsama oranları değerlendirildiğinde istasyon sayısı arttıkça kapsama oranlarının büyük ölçüde azaldığı görülmektedir.

Çizelge 5.20. 2012-2014 yılları nüfus vaka parametrelili modellere göre istasyon sayısına bağlı kapsama oranları

İstasyon Sayısı	2012 Kapsanan Nüfus×Vaka	2013 Kapsanan Nüfus×Vaka	2014 Kapsanan Nüfus×Vaka
7	0,784	0,794	0,794
8	0,771	0,781	0,794
9	0,771	0,781	0,794
10	0,771	0,781	0,794

Yıllara göre nüfus vaka çarpımı parametrelili modeli kapsama oranları değerlendirildiğinde tesis sayısı arttıkça benzer biçimde kapsama oranlarının azaldığı görülmektedir. Tesis sayısı 7'den 8'e çıktığında kapsama oranı önemli ölçüde azalmış olup, 9 ve 10. tesislerde ise kapsama oranı sabit kalmıştır.

Nüfus ve vaka modellerindeki istasyon sayısı arttıkça kapsama oranlarının düşmesi birbirinden farklı nedenlerden kaynaklanabilir olup, bu nedenler şöyle özetlenebilir:

- Manisa il merkezi haritası incelendiğinde, mahalleleri temsil eden alanların herbiri farklı büyüklüklerde olup, belirli bölgelerin büyüklüğünün küçük olması o bölgelerin daha çok sayıda talep noktası üretmesini sağlamıştır. Harita incelendiğinde bunun tam tersinin de mümkün olduğu görülmektedir.
- Yıllara göre mahalle bazında talep parametresi olarak kullanılan sayısal değerleri için, kendi aralarında bir korelasyon ilişkisinin olduğu söylenememektedir. Bir başka deyişle örneğin bir mahallenin nüfusunun ya da vakasının artması, kendisine komşu bir mahallenin nüfusunun artmasını ya da azalmasını etkilememektedir.
- İl merkezindeki mahallelerin alansal açıdan yerleşiminin ve birbirlerine göre konumlarının kendisine özgü bir yapısı vardır. Bu gerçek, istasyon yerleşimi ve istasyonlara ambulansların atanması durumunda matematiksel modellerin belirli sayıda istasyon ve araç sayısı kısıtı altında sistemin doyma noktasını vermektedir. Örneğin, üç farklı talep parametresine göre düzenlenen modellerin herbirinin kapsama oranları incelendiğinde 7 istasyon 10 ambulans ile sistem doygunluğa ulaşırken, 10 istasyon 15 araç ile dahi sistem istenilen kapsama oranına ulaşamamaktadır.

Yukarıda belirtilen nedenler esas alınarak değerlendirildiğinde; istasyon sayısının 7'den az olması, yerleşim ve kapsama etkinliğinin daha iyi sonuçlar üreteceği düşüncesini desteklememektedir. 2012-2014 yılları için nüfus, vaka, nüfusxvaka modellerden elde edilen sonuçlara bakıldığında açılan tesis sayısı arttıkça kapsama oranlarında azalma görülmektedir. Bu durum, açılan 7 tesisin yeterli olduğunu, istasyonlara destek verecek ek ambulanslarla kapsama oranının artırılabilceği sonucunu desteklemektedir.

2012-2014 üç farklı parametre ile düzenlenmiş p medyan modellerinin performans ölçütü bir başka bakış açısı ile istasyonlar ile hizmet vereceği mahalleler arasındaki toplam uzaklıklar esas alınarak değerlendirilebilir. Çizelge 5.21’de mevcut ve önerilen modellere göre istasyonların hizmet verdiği mahallelere olan toplam uzaklıklar verilmiştir.

Çizelge 5.21. Mevcut ve önerilen modellere göre istasyonların hizmet verdiği mahallelere olan toplam uzaklıkları

Modeller	2012 Yılı	2013 Yılı	2014 Yılı
Nüfus	45,25 km	45,25 km	44,5 km
Vaka	43,875 km	44,75 km	43,375 km
Nüfus Vaka	52,25 km	52,25 km	52,875 km
Mevcut Durum	62 km	62 km	62 km

Çizelge 5.21. incelendiğinde mevcut durumdaki istasyonlarla hizmet verdiği mahalleler arasındaki toplam mesafenin 62 km olduğu görülmektedir. Bu durum üç farklı parametreye bağlı nüfus, vaka ve nüfus vaka çarpımı p medyan modeli sonuçlarına göre farklılık göstermiştir. 2012 ve 2013 nüfus parametrelili p medyan modeli sonucunda istasyonlar aynı mahallelere açıldığından istasyonlar ile hizmet vereceği mahallelere olan toplam uzaklık 45,25 km olup birbirine eşittir. 2014 nüfusundan dolayı ve açılan tesislerin yerlerindeki farklılaşma görüldüğünden istasyonlar ile hizmet verdikleri mahallelere olan toplam uzaklıklar 44,5 km olup önceki yıllara göre düştüğü görülmektedir. 2012 vaka parametrelili p medyan modeli sonucunda açılan istasyonlarla hizmet vereceği mahallelere olan toplam uzaklık 43,875 km olup; 2013 yılında 44,75 km ile bir önceki yıla göre artış göstermiş, 2014 yılında ise 43.375 km ile 2012 ve 2013 yıllarına göre düşüş göstermiştir. Açılan istasyonlar ile istasyonların hizmet verdikleri mahallelere olan toplam uzaklıkların yıllara göre küçük değişiklikler göstermesinin nedeni yıllara göre nüfusun ve açılan tesislerin değişkenlik göstermesidir. 2012 ve 2013 nüfus vaka çarpımı parametrelili p medyan modeli sonucunda istasyonlar ile hizmet vereceği mahallelere olan toplam uzaklık 52,25 km olup hem nüfus hem de vaka parametrelili p medyan modeli sonucuna göre çok daha fazla mesafe elde edilmiştir. 2014 nüfus vaka çarpımı parametrelili p medyan modeli sonucunda istasyonlar

ile hizmet vereceği mahallelere olan toplam uzaklık 52,875 km olarak bulunmuş olup 2012-2013 yıllarına göre artış göstermiştir.

Mevcut durum ile önerilen nüfus, vaka ve nüfus vaka çarpımı p medyan modellerine göre istasyonların hizmet vereceği mahallelere olan toplam uzaklıklar değerlendirildiğinde nüfus, vaka ve nüfus vaka çarpımı modellerinin mevcut duruma göre daha iyi olduğu görülmektedir. Modeller yıllara göre kendi içerisinde değerlendirildiğinde uzaklıkların birbirine oldukça yakın ve farklılaşmanın çok olmadığı görülmektedir. Üç farklı model etkinlik açısından kendi arasında kıyaslandığında Vaka modelleri >Nüfus modelleri >Nüfus vaka çarpımı modelleri sıralaması ortaya çıkmaktadır. Sonuçlara göre vaka modellerinin acil sağlık hizmetleri istasyonlarının işleyişinde daha gerçekçi bir durumu yansıttığı görülmektedir.

P medyan modeli esas alınarak önerilen istasyonlar ve istasyonların hizmet verdikleri mahallelere olan toplam uzaklıklar talep ağırlıklı (nüfus, vaka, nüfus vaka çarpımı) esas alınan modellerin sonuçlarından yola çıkılarak hesaplanan değerlerdir. Her bir mahallenin talebinin eşit olduğu varsayımı altında önerilen istasyonlar ve istasyonların hizmet verdikleri mahallelere olan toplam uzaklığın nasıl değişebileceği çalışması yapıldığında böyle bir yerleşim çalışılan 9 modelden farklıdır. Bu farklılık sadece birbirine çok yakın mesafede olan mahaller arasında gerçekleşmiş olup istasyon yeri komşu mahalleye kayma şeklinde gerçekleşmiştir. Tüm taleplerin eşit olduğu varsayımı altında açılan istasyonlar ile hizmet vereceği mahallelere olan toplam uzaklık 41,375 km olarak bulunmuştur.

## 5.6. Sistemin Dinamikliğinin Değerlendirilmesi

Çalışmada kullanılan p-medyan ve enbüyük yerleşim kapsama modeli ambulans yerleşiminin belirli bir zaman diliminde değişmediği varsayımını desteklemektedir. Ancak bilindiği üzere acil sağlık sistemi dinamiktir. Örneğin kurulan bir acil yardım istasyonu belirli mahallelere belirli bir zaman diliminde hizmet verirken, o mahallelerdeki ambulans talebinin aşırı artışı veya azalışı o istasyonun yerinin değiştirilmesini, önceden hizmet vereceği mahallelerden bazılarında artık hizmet vermemesini veya başka mahallelere hizmet vermeye başlamasını gerektirebilir. Bu değişkenlikleri her ne kadar belirleyebilmek zor olsa da, yıllara göre nüfus ve vakalardaki değişimlere bakarak sistemin dinamikliği

değerlendirilebilmektedir. Sistemin dinamikliğine ilişkin tablo Ek Açıklamalar-K'da verilmiştir.

Çalışmada kullanılan 57 mahallenin 2012-2014 yıllarına ait nüfus ve vaka sayıları ile her yıl için ayrı ayrı çalıştırılan p medyan modeli sonuçları birlikte değerlendirildiğinde iki farklı durum göze çarpmaktadır. Bu durumlar şöyle ifade edilebilir:

- Mahallelerin nüfus ve vaka sayılarının yıllara göre değişiklikleri belirli bir mahallenin yıllar içerisinde hizmet aldığı bir istasyondan hizmet almayı bırakıp başka bir istasyondan hizmet almasını gerektirebilmektedir. Bu durum her ne kadar nüfus ve vaka sayısına bağlı olarak görülse de, o mahallenin konumunun iki farklı istasyondan hizmet alabilme eğilimini de göstermektedir. Bir istasyondan hizmet alan bir mahalle p medyan modelinin sonucuna göre, istasyonun yerinin değişmesi durumunda kendisine en yakın başka bir istasyonun hizmet alanına girme eğilimi göstermektedir.

Örneğin nüfus parametresi kullanılarak çalıştırılan p medyan modelinin sonuçlarına göre; 1. Anafartalar Mahallesi 2012-2013 yıllarında Peker Mahallesi'nden hizmet alırken, 2014 yılında Nişancıpaşa Mahallesi'nden hizmet alması önerilmektedir. Benzer şekilde vaka parametresi kullanılarak çalıştırılan p medyan modelinin sonuçlarına göre 1. Anafartalar Mahallesi 2012 yılında Nişancıpaşa Mahallesi'nden hizmet alırken, 2013 yılında Peker mahallesinden hizmet alması, 2014 yılında ise tekrar Nişancıpaşa Mahallesi'nden hizmet almaya başlaması önerilmektedir.

- Mahallelerin nüfus ve vaka sayılarının yıllara göre değişiklikleri, bazı mahallelerin bağlı bulunduğu istasyon değişikliklerinde etkili olmadığı görülmektedir. Bu değişiklikler sadece istasyonun bulunduğu mahalle yerine kendisine en yakın olan mahalleye konumlanmasına neden olmaktadır.

Örneğin nüfus parametresi kullanılarak çalıştırılan p medyan modelinin sonuçlarına göre Gediz Mahallesi 2012-2013 yıllarında Alaybey Mahallesi'nden hizmet alırken, 2014 yılında Nişancıpaşa Mahallesi'nden hizmet alması önerilmektedir. Benzer şekilde vaka parametresi kullanılarak çalıştırılan p medyan modelinin sonuçlarına göre 1. Anafartalar Mahallesi 2012 yılında Nişancıpaşa Mahallesi'nden hizmet alırken 2013 yılında Alaybey

Mahallesi'nden hizmet alması, 2014 yılında ise tekrar Nişancıpaşa Mahallesi'nden hizmet alması önerilmektedir. İstasyonların yıllara göre değişiklik gösterebilirliği incelendiğinde, Nişancıpaşa Mahallesi'ndeki istasyon Alaybey Mahallesi'ne kaymış olup, Gediz Mahallesi bu değişiklikten etkilenmemiş aynı istasyondan hizmet almaya devam etmesi modeller tarafından önerilmektedir.



## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyada ve Türkiye'deki ambulans hizmetlerinin gelişimi süreçlerine bakıldığında ambulans yerleşim probleminin son 30 yılda önem kazandığı görülmektedir. Ambulans yerleşim problemi yöneylem araştırması literatüründe özel bir problemdir. Literatürdeki ağ yapısına dayalı tesis yerleşim problemlerine bakıldığında birçok problem türünün amacının benzer olduğu görülmektedir. Böyle bir problemin yapısı örneğin depremde sığınak noktalarının belirlenmesinden, insansız hava araçlarının üs konumlarının belirlenmesi ve kapsama alanı veya çeşitli gsm operatörlerinin çekim alanların eniyilenmesine kadar genişleyebilir bir yapıda olduğu görülmektedir.

Yerinde ve zamanlılık (timeliness) acil ambulans sistemlerinde acil hizmetin kalitesini gösteren en önemli amaçlardan biridir. Zamanlılık faktörünü sağlayabilmek için sistem yöneticileri hizmet veren araç sayılarını arttırabilir. Maalesef çoğu kez araç sayısının arttırılması ana kısıtlar sebebiyle imkansız olabilir. Böyle bir durumda acil ambulanslarının etkin bir şekilde yerleşimi kritik bir konu olmaktadır. Bu yüzden acil ambulanslarının her bir talep noktasına makul cevap süresi (reasonable response time) içerisinde ulaşması gerekmektedir (Araz vd., 2006)

Goldberg' e göre (2004), zamanlılık faktörü birçok yolla ölçülmekte olup, kullanılan yöntemler aşağıda verilmiştir:

- Bütün acil çağrılara hizmetteki toplam mesafe veya zamanın enküçüklenmesi,
- Herhangi bir çağrıya olan enbüyük ulaşım mesafesi veya süresinin enküçüklenmesi,
- Alan kapsamının enbüyüklenmesi (alandaki birçok bölgenin S km veya dakika içerisinde kapsamasının sağlanması),
- Çağrı kapsamının enbüyüklenmesi (alandaki birçok çağrının S km veya dakika içerisinde kapsamasının sağlanması)

Kullanılan bu ölçütler, sağlık hizmetlerinde önemli kriter olan hasta olabilme eğilimi (morbidite) veya ölüm sayı ve oranlarının (mortalite) olabildiğince azaltılması için önemlidir. Bu amaçlara karşılık, maliyetin enküçüklenmesi, kapsama eşitliğinin enbüyüklenmesi, yedek kapsanabilirlik, kapsanmayan bölgelerin hizmet seviyesi, acil araçlarının yerleşim sistemlerinde amaç olarak kullanılmaktadır (Araz vd., 2006).

Bu çalışmada; 2012-2014 yılları için; nüfus, vaka sayısı ve nüfus vaka çarpımı temel alınarak düzenlenen toplam dokuz p-medyan modeli çalıştırıldığında, önerilebilir 7 tesisin kurulması gereken mahallelerin değişiklik gösterdiği görülmektedir. Özellikle nüfus ve vaka modellerinin önerdiği tesislerin yerlerinde yıllara göre büyük oranda benzerlik görülürken, nüfus vaka çarpımı modellerinin önerdiği tesis yerleşimi diğer iki modelden farklılık göstermektedir. Ayrıca, tüm modeller mevcut durumdan daha iyi bir kapsama oranına ulaşmıştır.

Çalışmanın sonuçlarına göre p medyan modelinin kullanılması birden fazla kapsama kavramı (yedek kapsama, çift kapsama vb.) için temel oluşturmaktadır. Bir istasyon meşgul olduğunda onun yerine talep bölgesine en yakın ikinci istasyondaki aracın hizmet vermesi, o da meşgul olduğunda kendisine en yakın üçüncü istasyondaki aracın hizmet vermesi gibi durumlara da iyi bir sonuç ürettiği görülmektedir. Bu açıdan bakıldığında problem şekil ile ifade edilirse, birçok bölgede içi içe geçen daireler içerisinde birden fazla istasyon tarafından kapsanabileceğini göstermektedir.

Literatür incelendiğinde ambulans yerleşim problemine ilişkin yapılan çalışmaların büyük bir bölümünün kapsama kavramının üzerinde yoğunlaştığı ve probleme yönelik çok çeşitli ve farklı yapılarda modellerin geliştirildiği görülmektedir. Bunun aksine mevcut ambulans yerleşim yerlerinin sorgulanmadan ve en iyi yerleşim noktalarının belirlenmesine yönelik özel modeller üzerinde çok fazla çalışmanın yapılmadığı görülmektedir. Böyle bir çalışma yapılması durumunda ise probleme yönelik özel kısıtların eklenmesi ve talep kümesinin daha büyük olması sonucunda p medyan gibi modellerin karmaşıklığı ve çözüm süresinin artarak eniyiye ulaşamayacağı düşünülmektedir. Araştırmacılara önerilebilir bir yaklaşım p medyan gibi kapsama kavramını içermeden uzaklık temelli çalışan modellerin çözümünde problemin karakteristik yapısını temsil eden etkili metasezgisel algoritmaların kullanılmasıdır. Bu açıdan değerlendirildiğinde problem bölgesi benzer özellikleri taşıyan birden fazla kümeye ayrılarak bu kümelerin her biri için uzaklık kavramını esas alan metasezgisel algoritmaların uygulanabilirliği karar vericiler için esnek çözümleri sunabileceği düşünülmektedir.

Ayrıca mevcut tesislerin yerleşimlerinin etkinliği değerlendirilmeden mevcut yerleşimler üzerinden çoklu kapsama yaklaşımları üzerinde durulmasının mevcut durumun analizi ve problemin test aşamasında etkili sonuçlar üretilmediği görülmüştür. Literatür incelendiğinde ambulans yerleşimi konusunda p medyan modeli ile temel küme kapsama modelleri arasında teorik ve hesaplama açısından bağlantı olduğu görülmektedir (Church ve Reville, 1976). Bu açıdan bakıldığında p medyan ile küme kapsama amaçlarını bir arada bulunduran bir çok amaçlı programlama yaklaşımının probleme ilişkin talep bölgelerinin artması durumunda problemin çözümüne yönelik iyi sonuçlar üretebileceği düşünülmektedir.

Bir diğer husus ise ambulans sisteminin kendi içerisinde kontrol edilemeyen pek çok değişkenliğinin olması durumudur. Gerçek hayat problemi içerisindeki rassallık faktörünün kontrol edilebilmesi çok zordur. Gerçekleşen vakalara ait kayıtlar acil sağlık hizmetleri veri tabanında her ne kadar düzgün tutulmaya çalışılsa da; veri tabanının modülleri veri yığınlarını yeterli düzeyde çeşitli kategorilere göre sistematik olarak sınıflandırıp, sistem yöneticilerine detaylı analiz raporlarını üretilmemektedir. Böyle bir eksiklik saat, gün, ay bazındaki değişimi gösterememekte, kullanıcılara rapor sunamamaktadır. Güçlü bir veri tabanı desteği ile sistemdeki değişiklikleri analiz edebilmek çok daha kolay olacaktır. Düzenli veri kaydı ile birlikte büyük sistemlerle bütünleşik çalışan veri tabanı desteği sağlandığı takdirde, veri madenciliği ile birlikte farklı istatistiksel teknikler kullanılarak çok daha farklı çalışmalar gerçekleştirilebilir. Ayrıca, böyle bir eksiklik giderildiğinde sistemdeki uzun vadedeki değişimlerin markov zincirleri kullanılarak analiz edilmesinin etkili olacağı düşünülmektedir. Dinamiklik ve rassallığa karşı yapılabılır senaryo planlaması (what-if) geçmiş verilere göre ya da geçmiş verilere dayalı tahminlemelere göre yapıldığında gerçek hayat problemine ilişkin daha etkili çözümlerin sunulabileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Alsalloum, O.I, Rand G.K., 2006, Extensions to emergency vehicle location  
Computers and Operations Research, 33, 9, 2725-2743.
- Akyüz, M.H., Öncan, T., Altinel, I.K. 2009, The multi-commodity capacitated multi-Weber problem: Heuristics and confidence intervals, In Proceedings of The International Multiconference of Engineers and Computer Scientists, 2.
- Arabani, A.B., Farahani R.Z., 2012, Facility location dynamics: An overview of classifications and applications, Computers and Industrial Engineering, 62, 408-420.
- Araz, C., Selim, H., Özkarahan, İ. 2007, A fuzzy multi-objective covering-based vehicle location model for emergency services, Computers and Operations Research, Special Issue on Logistics of Health Care Management, 34, 3, 705-726.
- Ballou, R.H., 1968, Dynamic warehouse location analysis, Journal of Marketing Research, 5, 3, 271–276.
- Barbati, M., 2013, Models and Algorithms for Facility Location Problems with Equity Considerations, PhD Thesis, University of Naples Federico II, Italy, Department of Industrial Engineering, p.105.
- Bastı, M., 2012, The p-median facility location problem and solution approaches, Academic Online Journal of Information Technology, 3,7.
- Başar A., Çatay B., Ünlüyurt T., 2012, A taxonomy for emergency service station location Problem, Optimization Letters, 6,6, 1147-1160.
- Batı, S., 2012, Sağlık Bakanlığı'na bağlı hastane öncesi acil sağlık hizmetlerinde görev yapan personelin hastalara müdahalelerinin hastane öncesi acil tıbbi bakım yetişkin ve çocuk uygulama kılavuzu akış şemalarına uygunluğunun değerlendirilmesi, Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Halk Sağlığı Anabilim Dalı, 111 s.
- Brotcorne, L., Laporte, G., Semet, F. 2003, Ambulance location and relocation models, European Journal of Operational Research, 147, 451–63.
- Chruch, R.L., Reville, C.S., 1974, The maximal covering location problem, Papers of the Regional Science Association 32, 101–118.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Chruch, R.L., Revelle, C.S., 1976, Theoretical and computational links between the p-median, location set-covering, and the maximal covering location problem, *Geographical Analysis*, 8,4, 406-415.
- Coşkun, N., 2007, Acil servis sistemlerinde yerleşim problemine analitik ve genetik programlama yaklaşımları, Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, 89 s.
- Çatay, B., Başar, A., Ünlüyurt, T., 2007, İstanbul'da Acil Yardım İstasyonları ve Araçlarının Planlanması, İBB Proje İstanbul Projesi Sonuç Raporu.
- Daskin, M.S., Stern, E.H., 1981, A hierarchical objective set covering model for emergency medical service vehicle deployment, *Transportation Science*, 15, 137– 152.
- Daskin, M.S., 1995, *Network and Discrete Location: Models, Algorithms and Applications*, John Wiley Sons Inc., p.92-303.
- Daskin, M.S., Dean, L.K., 2004, Location of Health Care Facilities, *Handbook of OR/MS in Health Care: A Handbook of Methods and Applications*, p. 43-76.
- Demirhan, N., 2003, Türkiye'de 112 İlk ve Acil Yardım Hizmetleri ve Afetlerdeki Rolü, Nobel Tıp Kitapevi, 22-25, 71-105.
- Goldberg, J.B., 2004, Operations research models for the deployment of emergency services vehicles, *EMS Management Journal*, 1, 1, 20–39.
- Hakimi, S.L., 1964, Optimum locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph, *Operations Research*, 12, 3, 450–459
- Hogan, K., Revelle, C.S., 1986, Concepts and Applications of Backup Coverage, *Management Science*, 34, 1434–1444.
- James, O., 1997, *Making a Difference - The History of Modern EMS*, JEMS Communications, Mosby-Year Book
- Jamshidi, M., 2009, Median Location Problem in Facility Location: Concepts, Models, Algorithms and Case Studies (R.Z. Farahani and M. Hekmatfar, Eds.), *Physica-Verlag Heidelberg*, 177-191.
- Jia, H., Ordóñez, F., Dessouky, M., 2007, A modeling framework for facility location of Health services for large-scale emergencies, *IIE Transactions*, 39, 1, 41-55

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Küçükdeniz, T., 2009, Sürü Zekası Optimizasyon Tekniği ve Tedarik Zinciri Yönetiminde Bir Uygulama, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı., 93s.
- Li, X., Zhao, Z., Zhu, X., Wyatt T., 2011, Covering models and optimization techniques for emergency response facility location and planning: A review, *Mathematical Methods of Operations Research*, 74, 3, 281-310
- Marianov, V., Serra, D., 2011, Median problems in networks, *Foundations of Location Theory*, 39-70,.
- Mccann, P., Sheppard, S., 2003, The Rise, Fall and Rise Again of Industrial Location Theory, *Regional Studies*, 37, 6-7, 649-663.
- Nguyen, N.T., 2015, Quantitative Analysis of Ambulance Location-allocation and Ambulance State Prediction, PhD Thesis, Linköping University, Sweden, Department of Science and Technology, p.93.
- Özçakar, N., Bastı, M., 2012, P-Medyan kuruluş yeri seçim probleminin çözümünde parçacık sürü optimizasyonu algoritması yaklaşımı, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 41,2, 241-257.
- Öztürk, Y. E., Öncel H., Ördek E., 2013, Konya-Selçuklu ilçesinde 112 acil servis istasyonları yerleşim modeli, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1, 1.
- Razzak J.A., Kellermann A.L., 2002, Emergency Health Care in Developing Countries: Is it worthwhile?, *Bulletin of the World Health Organization*, 80, 900-905.
- Resmi Gazete, 11.05.2000, ‘24046 Sayılı Acil Sağlık Hizmetleri Yönetmeliği’.
- Resmi Gazete, 07.12.2006, ‘26369 Sayılı Ambulanslar ve Acil Sağlık Araçları ile Ambulans Hizmetleri Yönetmeliği’.
- Revelle, C., 1989. Review, Extension And Prediction in Emergency Service Siting Models. *European Journal of Operational Research*. 40, 1, 58-69.
- Revelle, C.S., Eiselt, H.A., Daskin, M.S., 2008, A bibliography for some fundamental problem categories in discrete location science, *European Journal of Operational Research*, 184, 3, 817–848.
- Schilling, D.A., Elzinga, D.J., Cohon, J., Church, R.L., ReVelle, C.S., 1979, The Team/Fleet Models for Simultaneous Facility and Equipment Siting, *Transportation Science*, 13, 163–175.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Sule, D.R., 2001, Logistics of Facility Location and Allocation, Marcel Dekker, p.173-220.
- Sofuoğlu, T., 2007, Dünya’da Ambulans Servislerinin Gelişimi, III. Ambulans Rallisi ve Acil Sağlık Hizmetleri Kongre Kitabı, 14-16.
- Tavakkoli, R., Shayan, E., 1998, Facilities layout design by genetic algorithms, Computers and Industrial Engineering, 35, 3-4, 527-530.
- The World Health Report, 2000, Health Systems: Improving Performance, World Health Organization.
- Toregas, C., Swain, R., Revelle, C., Bergman, L., 1971. The location of emergency service facilities. Operations Research. 19, 6, 1363-1373.
- Türkdemir, A., 2007, Danışman Hekimlik ve Vakaya Uygun Ekip Görevlendirme, III. Ambulans Rallisi ve Acil Sağlık Hizmetleri Kongre Kitabı, 126-138.
- Wesolowsky, G.O., 1973, Dynamic facility location, Management Science, 19, 11,1241–1248.

## EK AÇIKLAMALAR

<b>Ek Açıklamalar – A</b>	Manisa Merkez Şehir Haritası
<b>Ek Açıklamalar – B</b>	Mevcut Durumdaki 112 İstasyonları ve Hizmet Verilen Mahalleler
<b>Ek Açıklamalar – C1</b>	2012-2013 Nüfus Parametrelili PMedyan Modeli Sonucuna Göre Önerilen İstasyonlar ve Hizmet Verilecek Mahalleler
<b>Ek Açıklamalar – C2</b>	2014 Nüfus Parametrelili PMedyan Modeli Sonucuna Göre Önerilen İstasyonlar ve Hizmet Verilecek Mahalleler
<b>Ek Açıklamalar – D1</b>	2012 Vaka Parametrelili PMedyan Modeli Sonucuna Göre Önerilen İstasyonlar ve Hizmet Verilecek Mahalleler
<b>Ek Açıklamalar – D2</b>	2013 Vaka Parametrelili PMedyan Modeli Sonucuna Göre Önerilen İstasyonlar ve Hizmet Verilecek Mahalleler
<b>Ek Açıklamalar – D3</b>	2014 Vaka Parametrelili PMedyan Modeli Sonucuna Göre Önerilen İstasyonlar ve Hizmet Verilecek Mahalleler



**EK AÇIKLAMALAR (Devam Ediyor)**

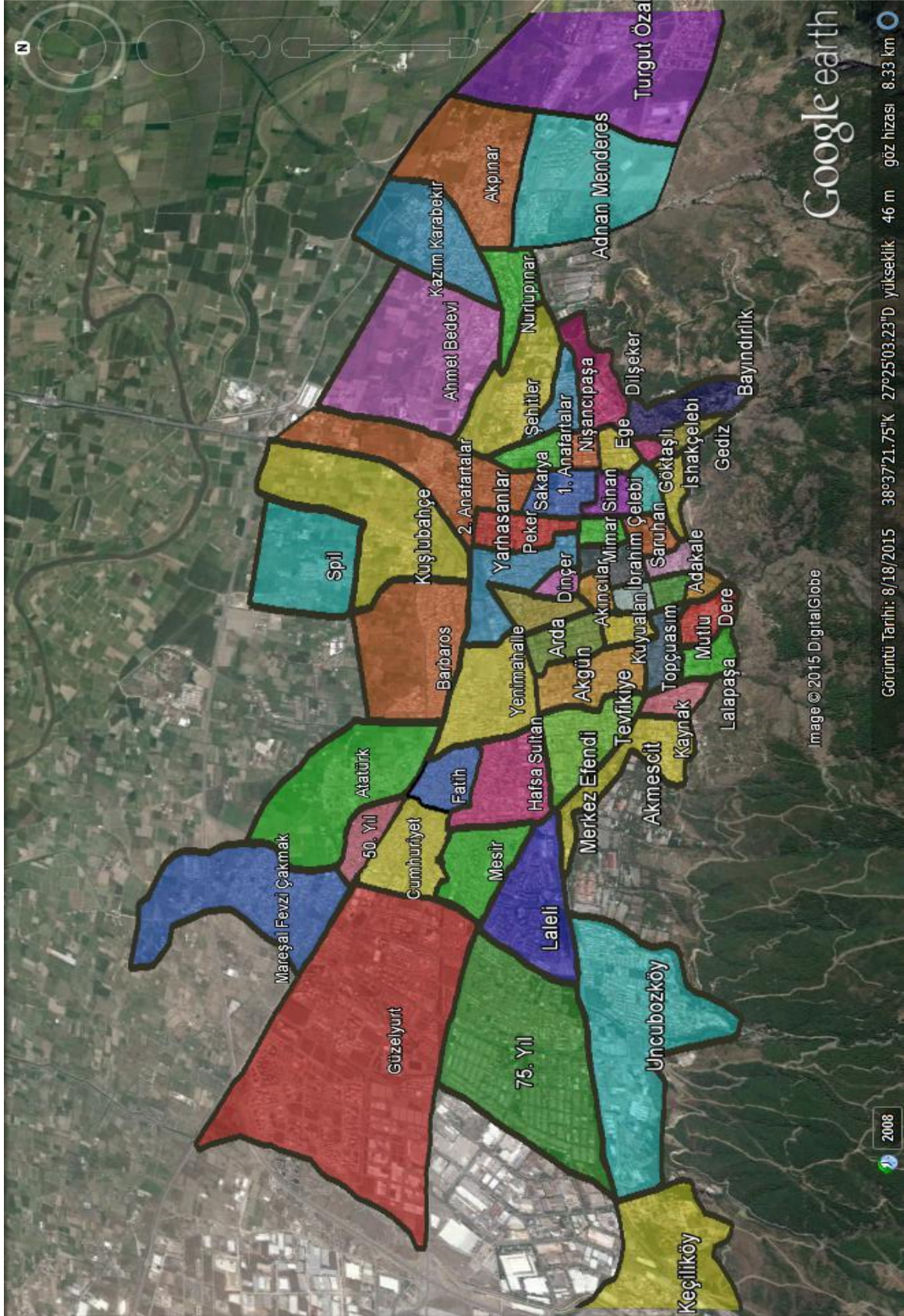
<b>Ek Açıklamalar – E1</b>	2012 Nüfus Vaka Parametrelili PMedyan Modeli Sonucuna Göre Önerilen İstasyonlar ve Hizmet Verilecek Mahalleler
<b>Ek Açıklamalar – E2</b>	2013 Nüfus Vaka Parametrelili PMedyan Modeli Sonucuna Göre Önerilen İstasyonlar ve Hizmet Verilecek Mahalleler
<b>Ek Açıklamalar – E3</b>	2014 Nüfus Vaka Parametrelili PMedyan Modeli Sonucuna Göre Önerilen İstasyonlar ve Hizmet Verilecek Mahalleler
<b>Ek Açıklamalar – F1</b>	2012-2013 Nüfus Parametrelili Enbüyük Kapsama Yerleşim Modeline Göre İstasyonlara Destek Verecek Ambulanslar
<b>Ek Açıklamalar – F2</b>	2014 Nüfus Parametrelili Enbüyük Kapsama Yerleşim Modeline Göre İstasyonlara Destek Verecek Ambulanslar
<b>Ek Açıklamalar – G1</b>	2012 Vaka Parametrelili Enbüyük Kapsama Yerleşim Modeline Göre İstasyonlara Destek Verecek Ambulanslar
<b>Ek Açıklamalar – G2</b>	2013 Vaka Parametrelili Enbüyük Kapsama Yerleşim Modeline Göre İstasyonlara Destek Verecek Ambulanslar

**EK AÇIKLAMALAR (Devam Ediyor)**

<b>Ek Açıklamalar – G3</b>	2014 Vaka Parametrelili Enbüyük Kapsama Yerleşim Modeline Göre İstasyonlara Destek Verecek Ambulanslar
<b>Ek Açıklamalar – H1</b>	2012 Nüfus Vaka Parametrelili Enbüyük Kapsama Yerleşim Modeline Göre İstasyonlara Destek Verecek Ambulanslar
<b>Ek Açıklamalar – H2</b>	2013 Nüfus Vaka Parametrelili Enbüyük Kapsama Yerleşim Modeline Göre İstasyonlara Destek Verecek Ambulanslar
<b>Ek Açıklamalar – H3</b>	2014 Nüfus Vaka Parametrelili Enbüyük Kapsama Yerleşim Modeline Göre İstasyonlara Destek Verecek Ambulanslar
<b>Ek Açıklamalar – I1</b>	Enbüyük Kapsama Yerleşim Modeli GAMS 24.0.2. Kodu
<b>Ek Açıklamalar – I2</b>	P Medyan Modeli GAMS 24.0.2. Kodu
<b>Ek Açıklamalar – J</b>	Yıllara Göre Vaka ve Nüfus Sayıları
<b>Ek Açıklamalar –K</b>	Mevcut Durum ve Tüm Modellere Göre Mahallelerin İstasyonlara Göre Dağılımı

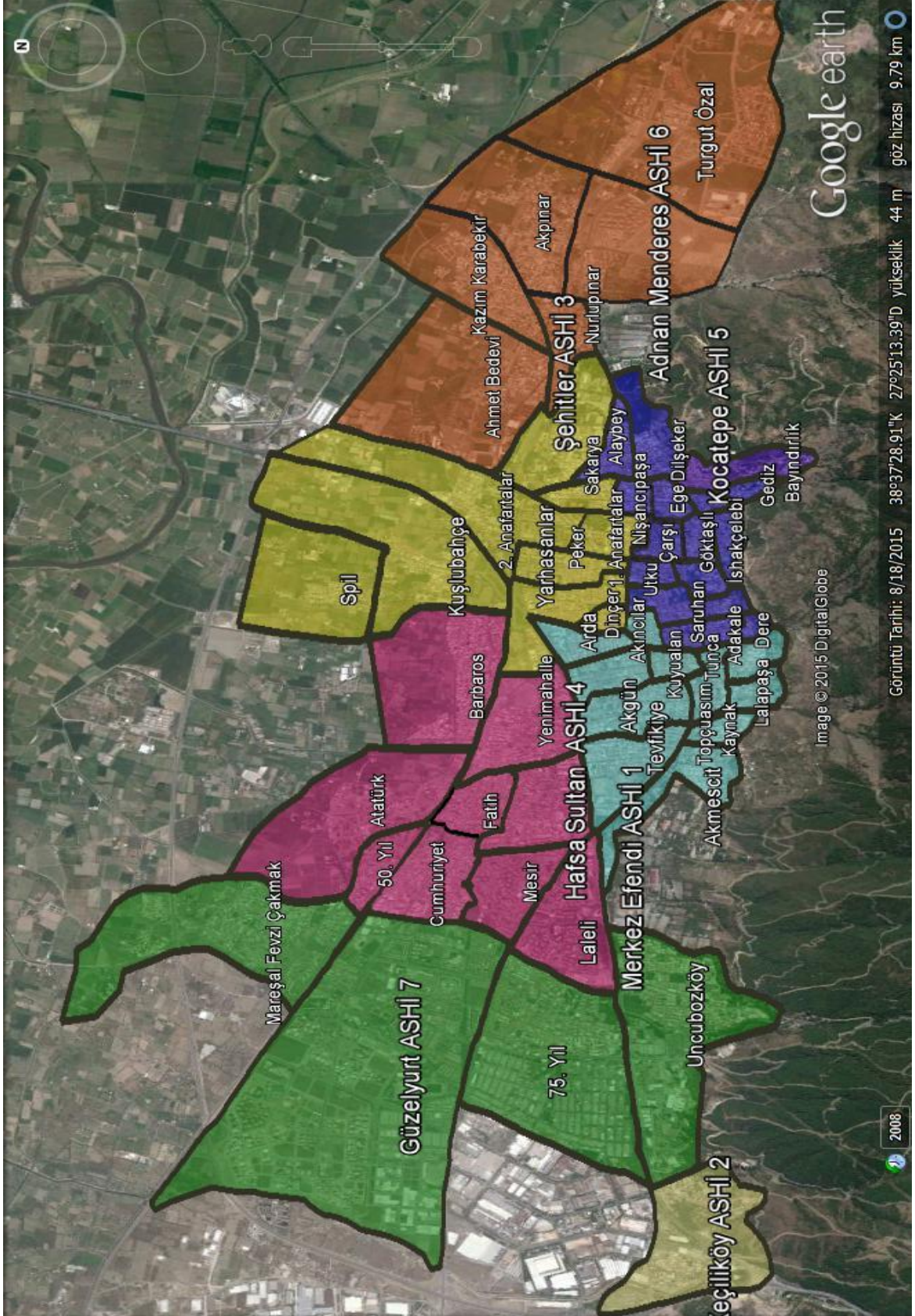
## Ek Açıklamalar – A

### Manisa Merkez Şehir Haritası



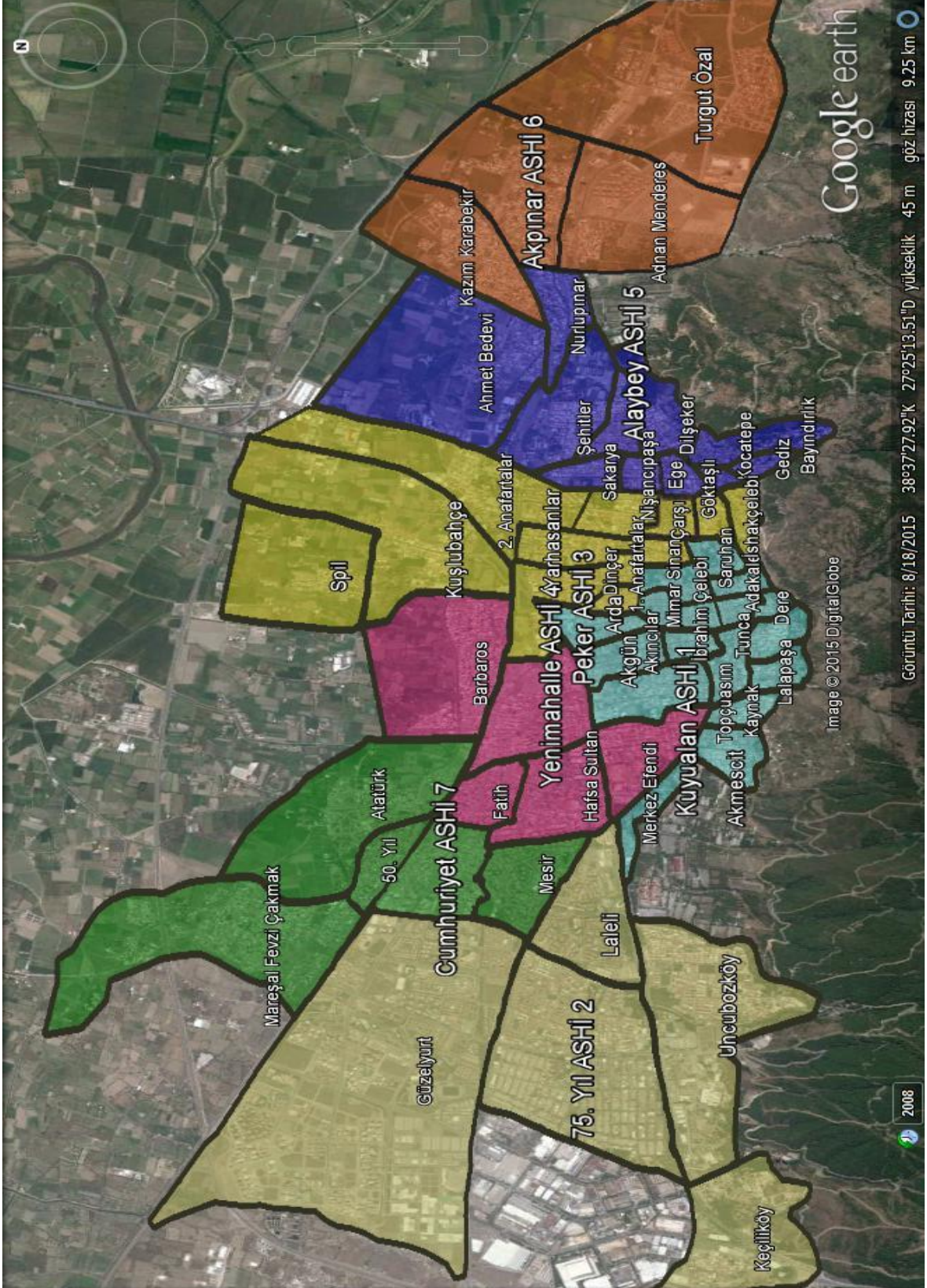
## Ek Açıklamalar – B

Mevcut Durum Analizi (112 İstasyonları, Yerleri ve Hizmet Verilen Mahalleler)



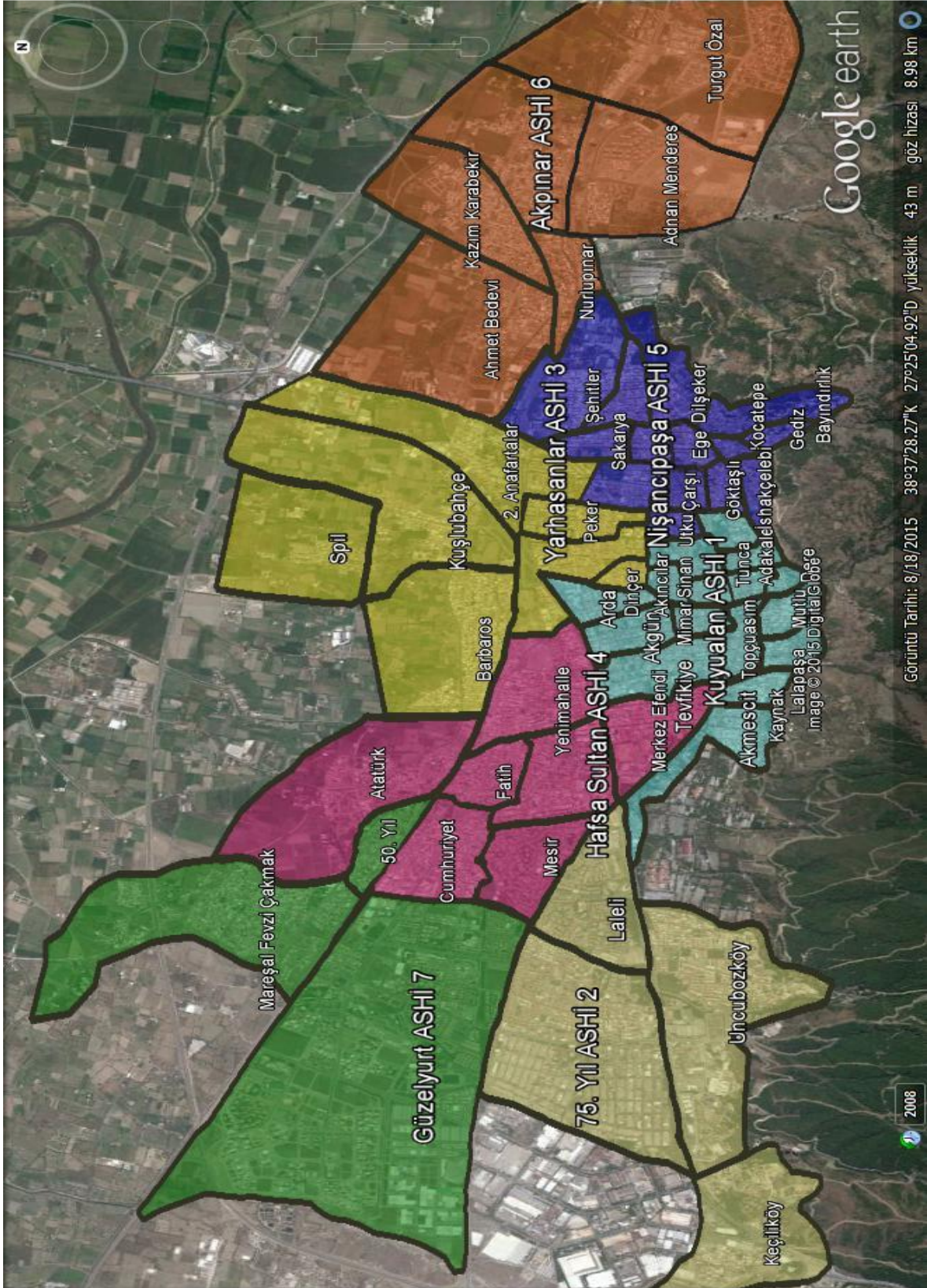
## Ek Açıklamalar – C1

2012-2013 Nüfus Parametrelili PMedyan Modeli Sonucuna Göre Önerilen İstasyonlar ve Hizmet Verilecek Mahalleler



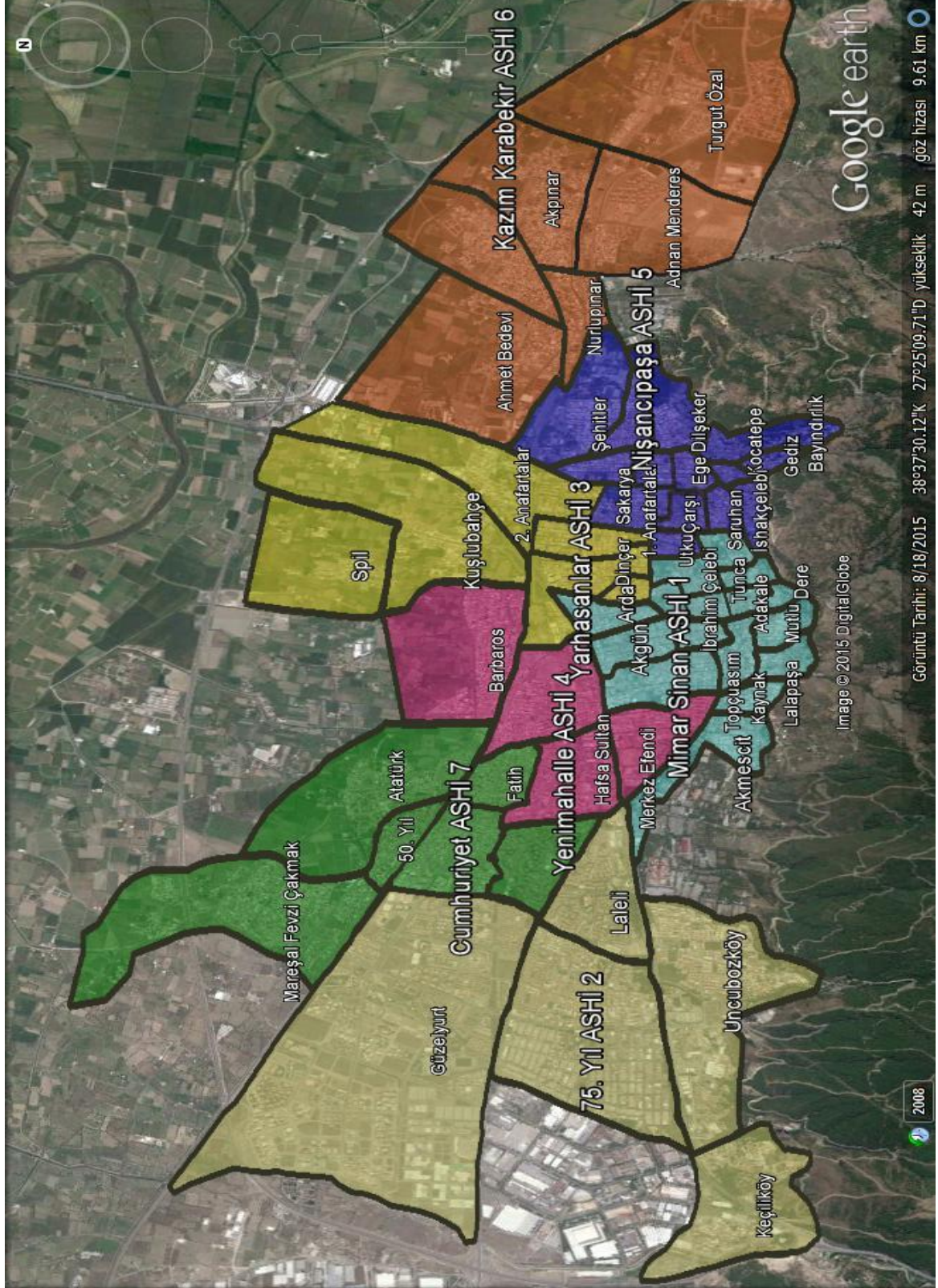
## Ek Açıklamalar – C2

2014 Nüfus Parametrelili PMedyan Modeli Sonucuna Göre Önerilen İstasyonlar ve Hizmet Verilecek Mahalleler



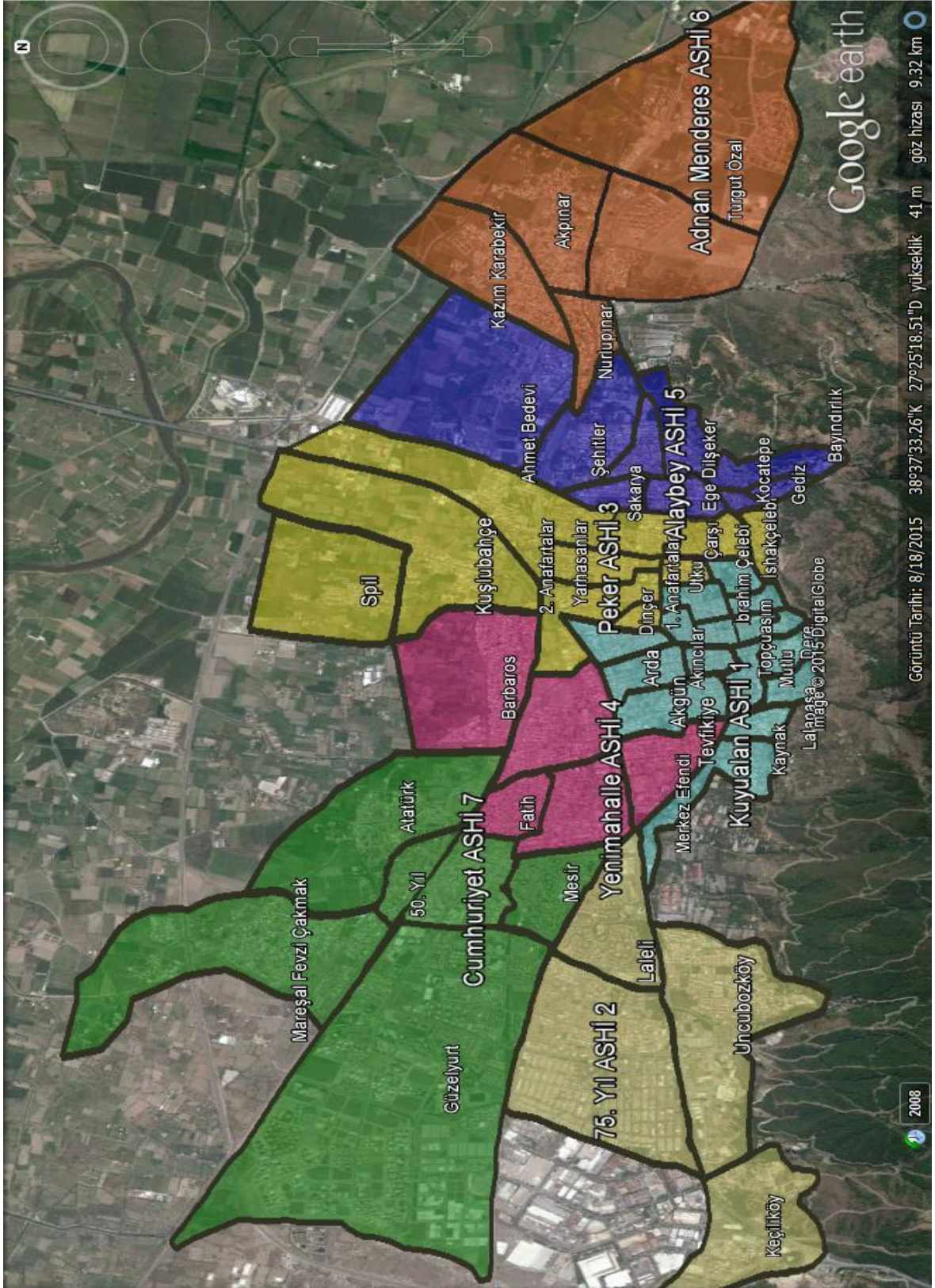
## Ek Açıklamalar – D1

2012 Vaka Parametrelili PMedyan Modeli Sonucuna Göre Önerilen İstasyonlar ve Hizmet Verilecek Mahalleler



## Ek Açıklamalar – D2

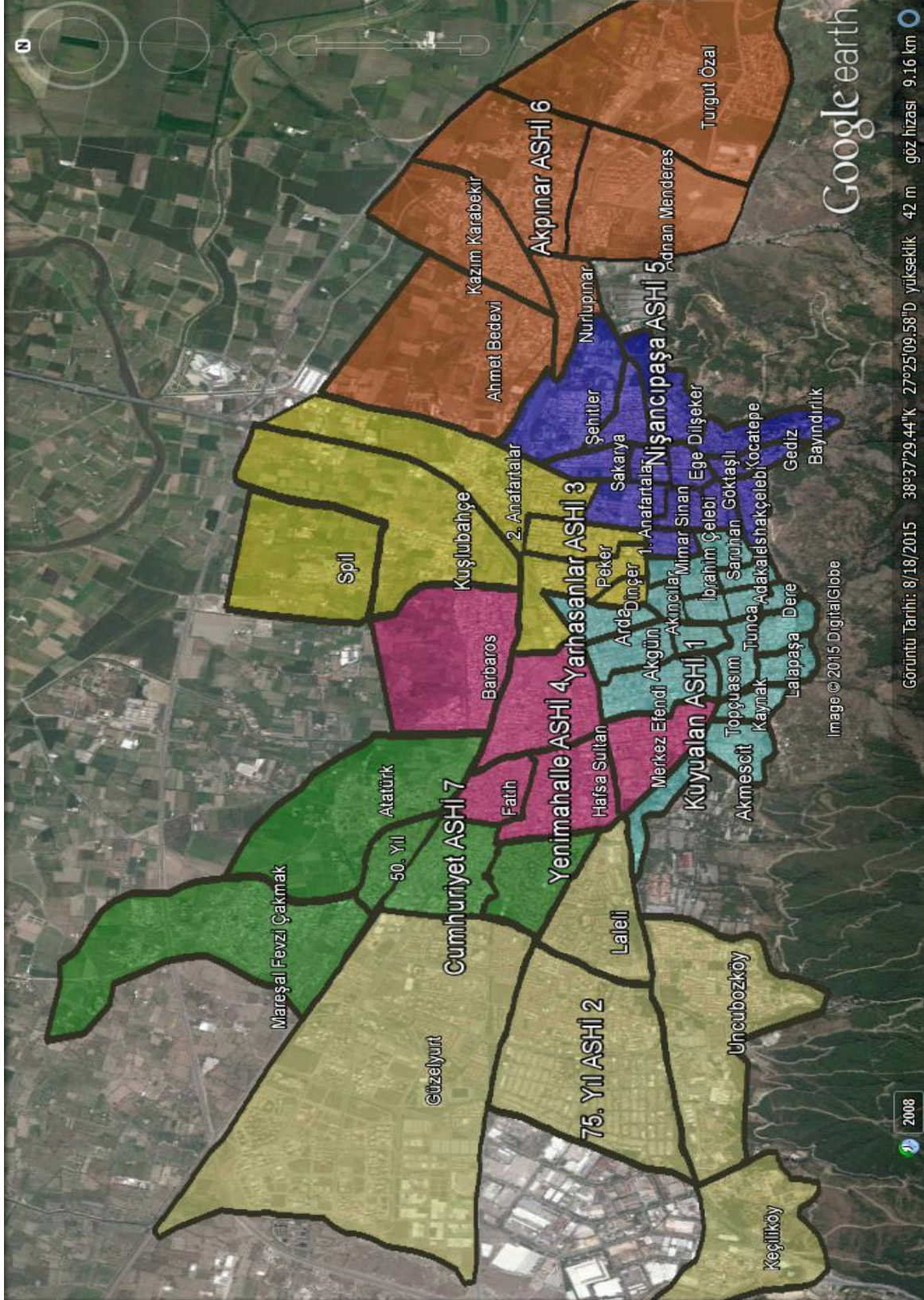
2013 Vaka Parametrelili PMedyan Modeli Sonucuna Göre Önerilen İstasyonlar ve Hizmet Verilecek Mahalleler





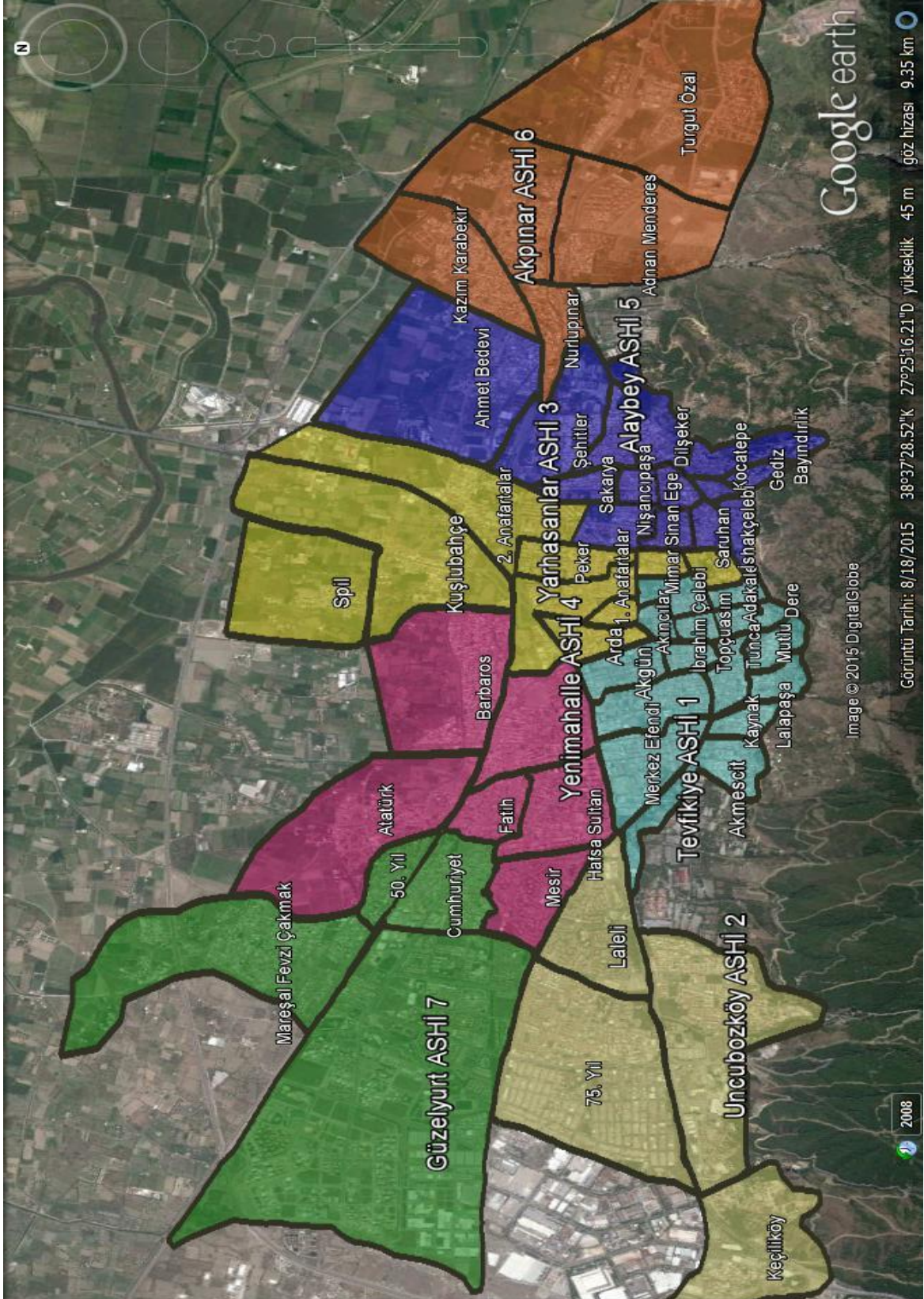
## Ek Açıklamalar – D3

2014 Vaka Parametrelili PMedyan Modeli Sonucuna Göre Önerilen İstasyonlar ve Hizmet Verilecek Mahalleler



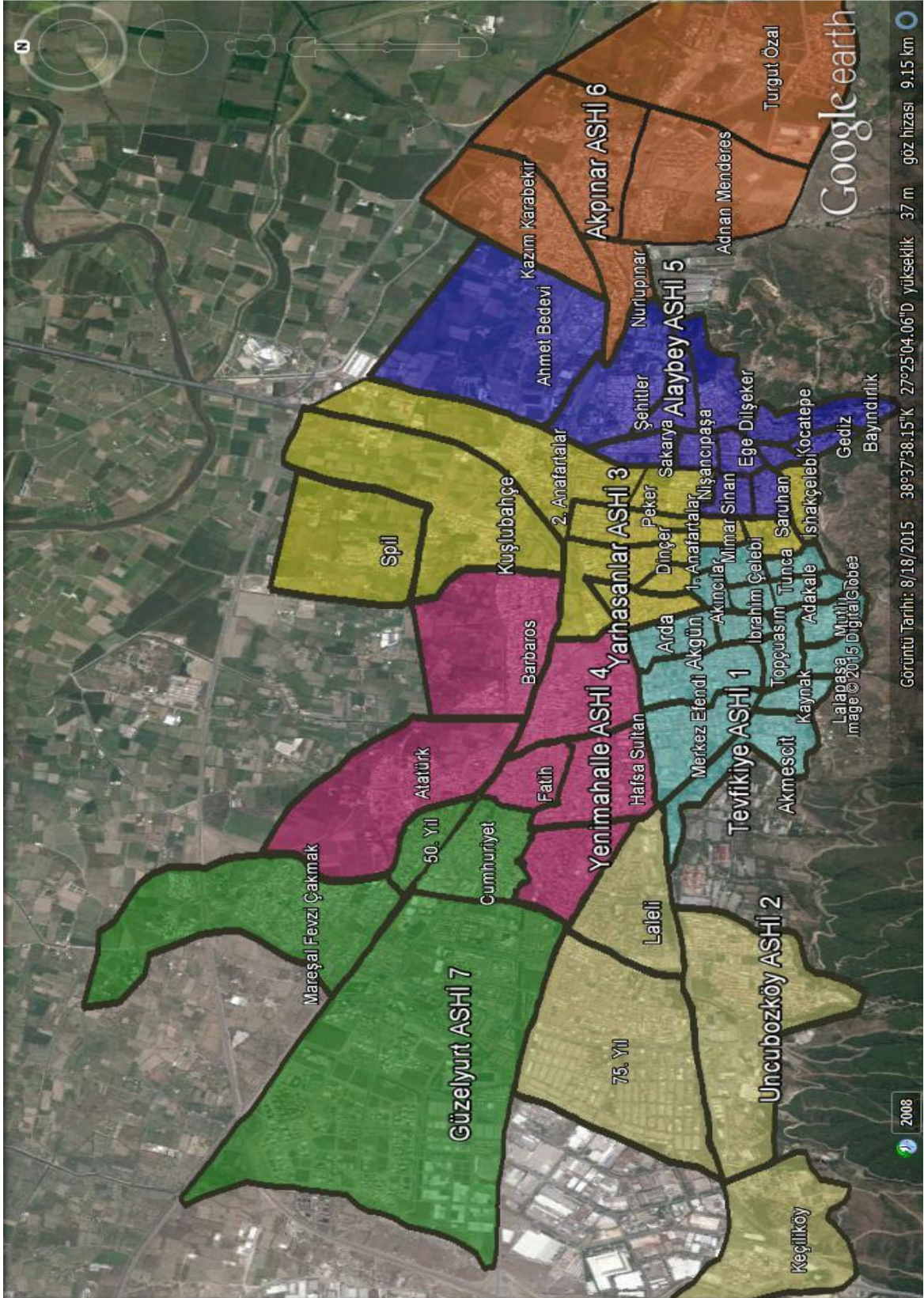
## Ek Açıklamalar – E1

2012 Nüfus Vaka Parametrelili PMedyan Modeli Sonucuna Göre Önerilen İstasyonlar ve Hizmet Verilecek Mahalleler



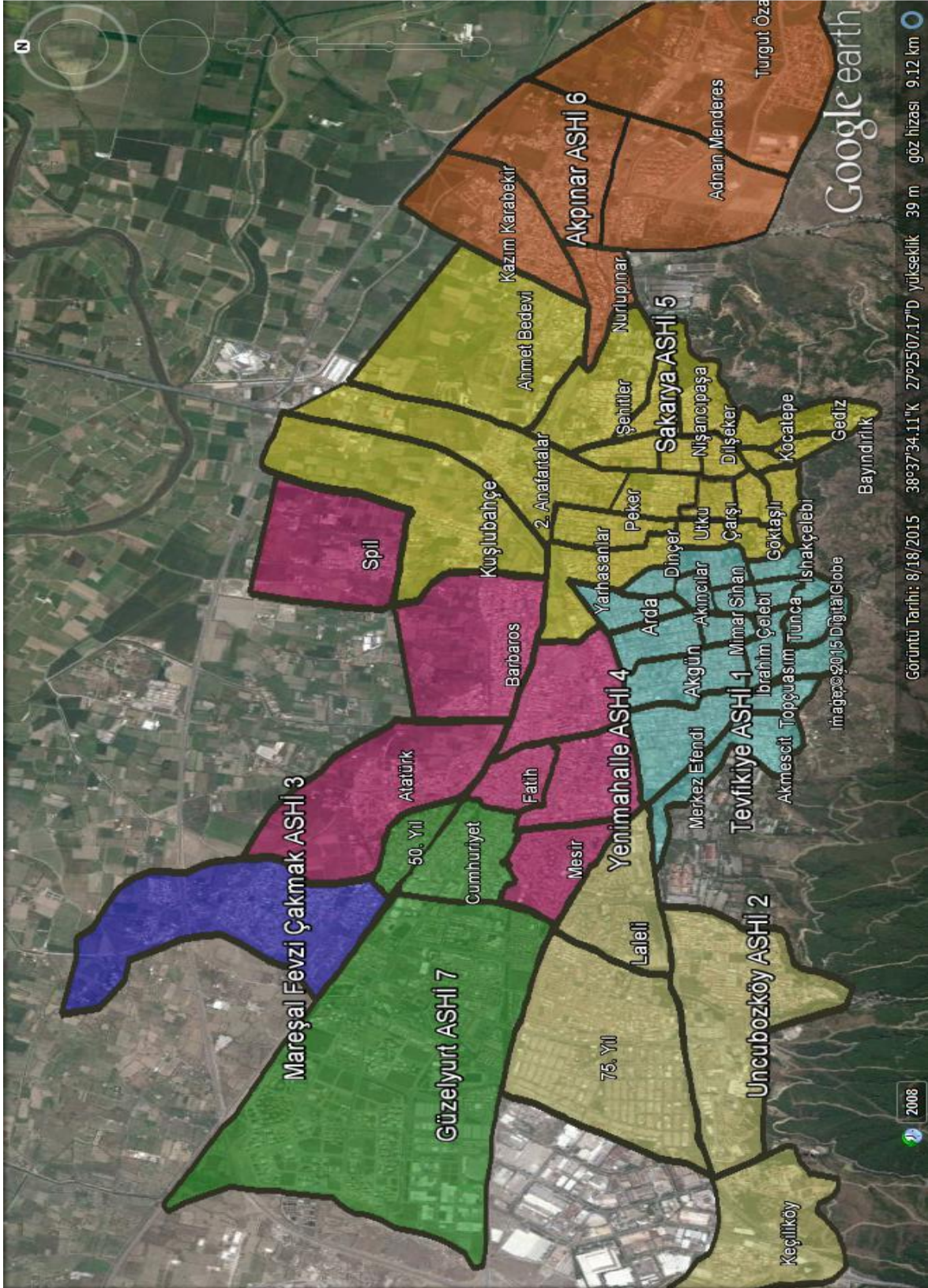
## Ek Açıklamalar – E2

2013 Nüfus Vaka Parametrelili PMedyan Modeli Sonucuna Göre Önerilen İstasyonlar ve Hizmet Verilecek Mahalleler



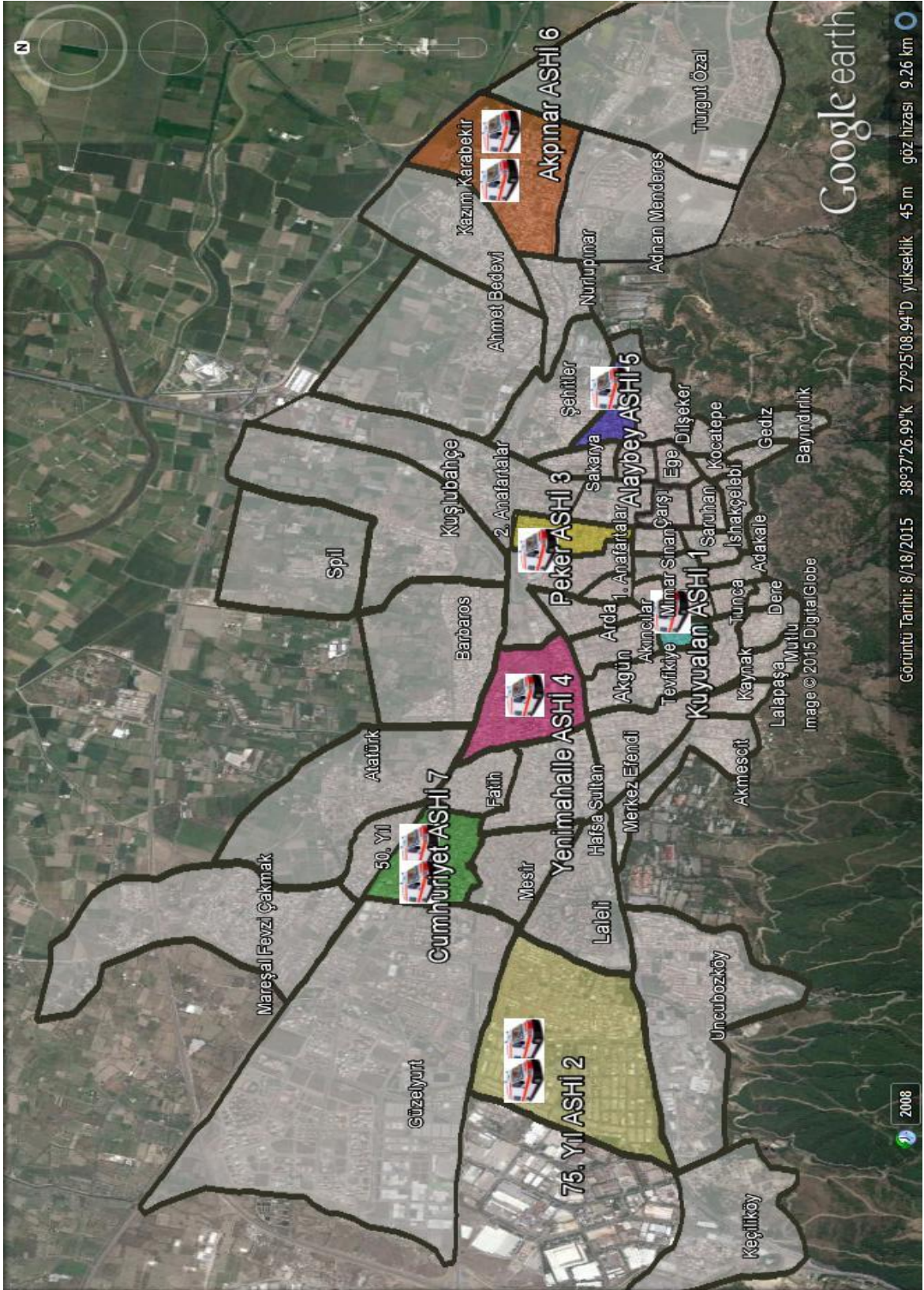
### Ek Açıklamalar – E3

2014 Nüfus Vaka Parametrelili PMedyan Modeli Sonucuna Göre Önerilen İstasyonlar ve Hizmet Verilecek Mahalleler



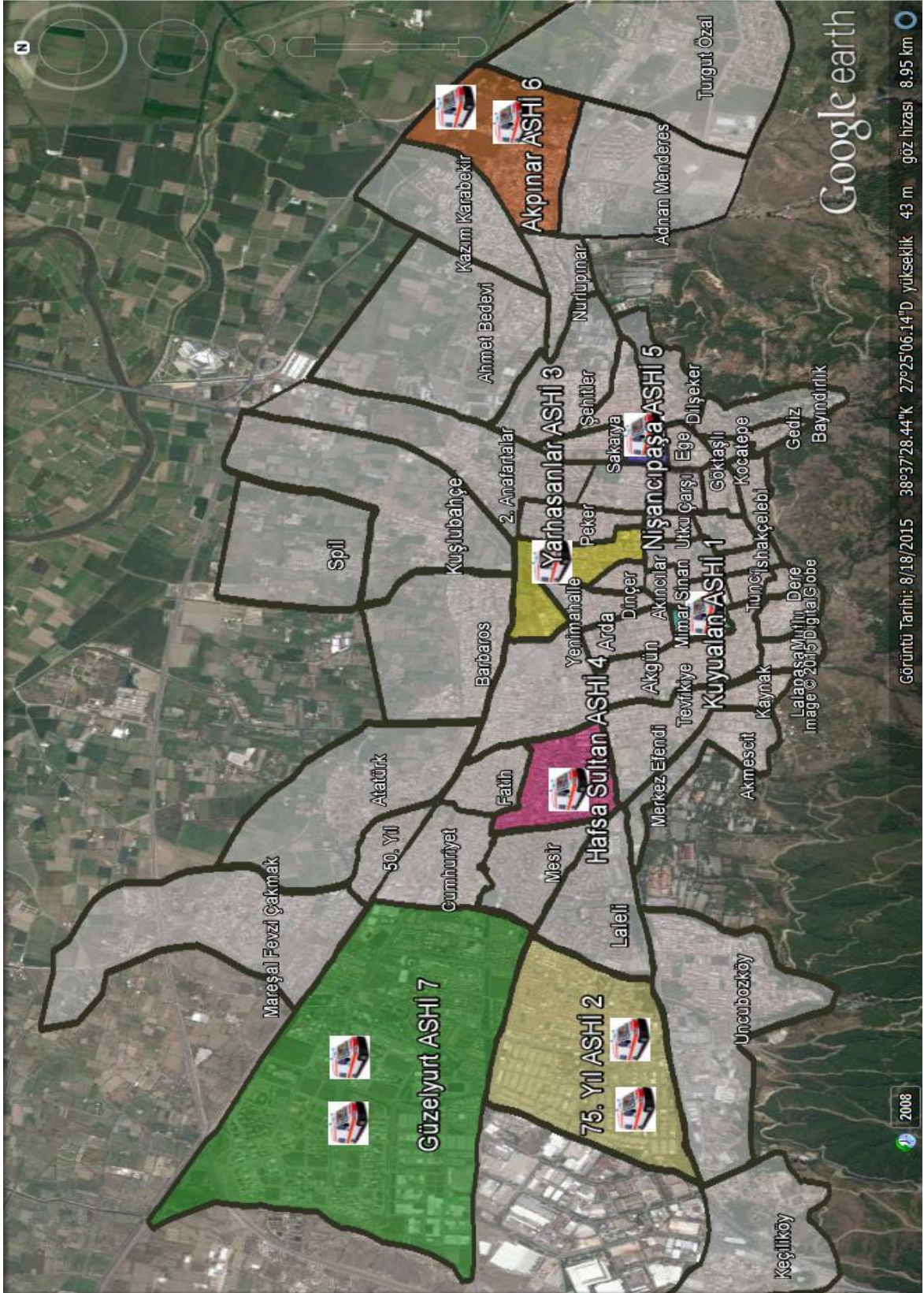
## Ek Açıklamalar – F1

2012-2013 Nüfus Parametrelili Enbüyük Kapsama Yerleşim Modeline Göre İstasyonlara Destek Verecek Ambulanslar



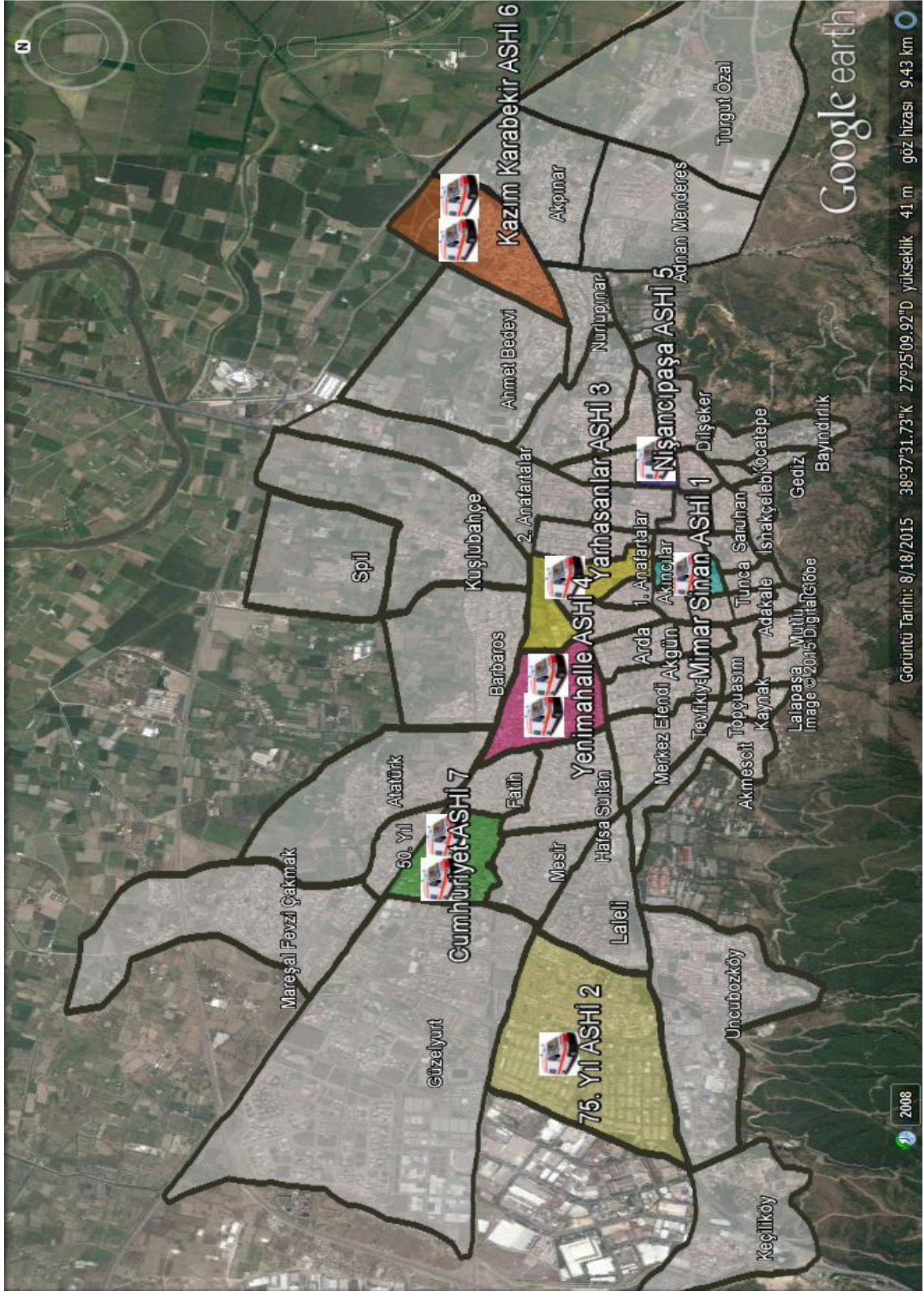
## Ek Açıklamalar – F2

2014 Nüfus Parametrelİ Enbüyük Kapsama Yerleşim Modeline Göre İstasyonlara Destek Verecek Ambulanslar



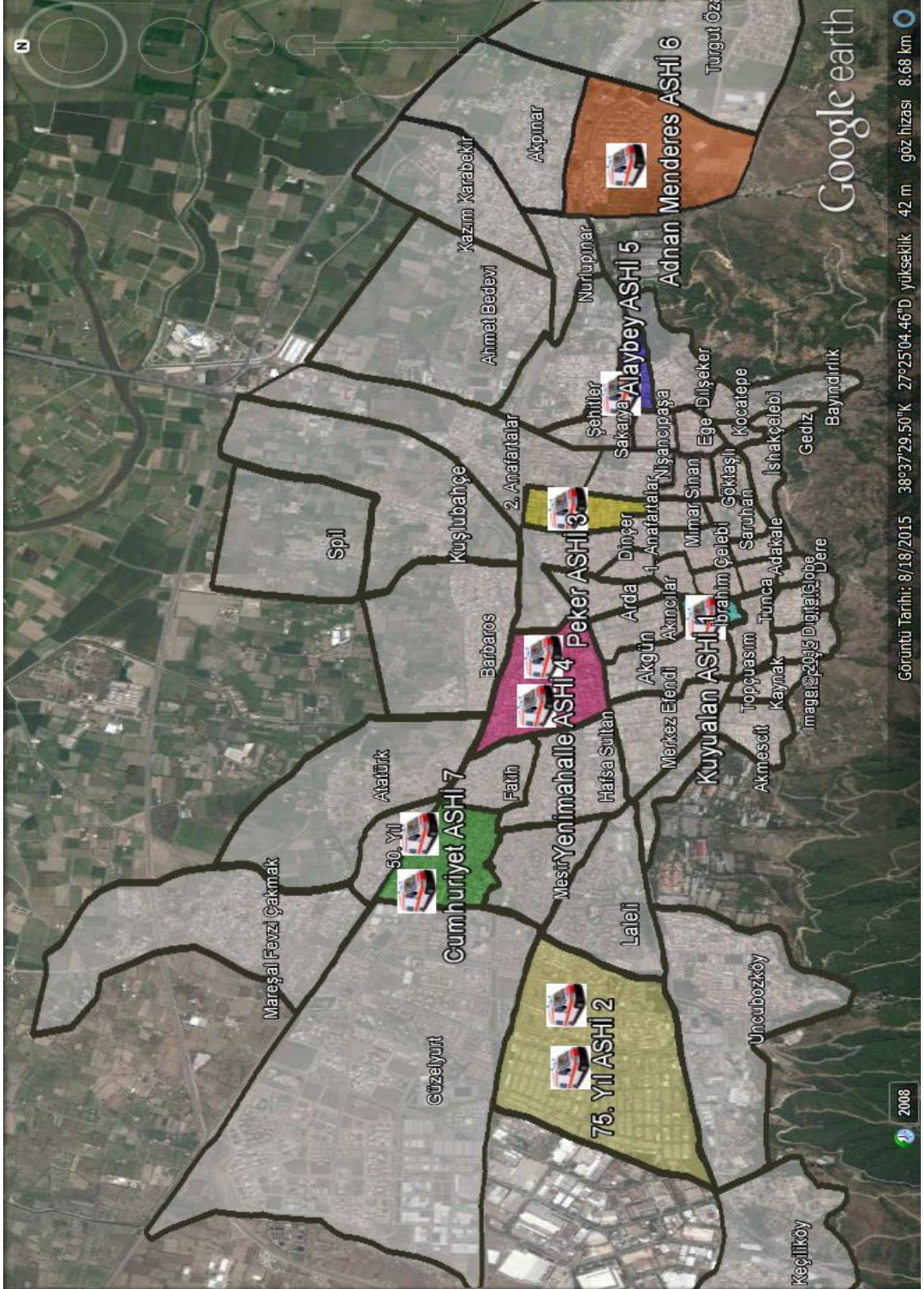
## Ek Açıklamalar – G1

2012 Vaka Parametrelili Enbüyük Kapsama Yerleşim Modeline Göre İstasyonlara Destek Verecek Ambulanslar



## Ek Açıklamalar – G2

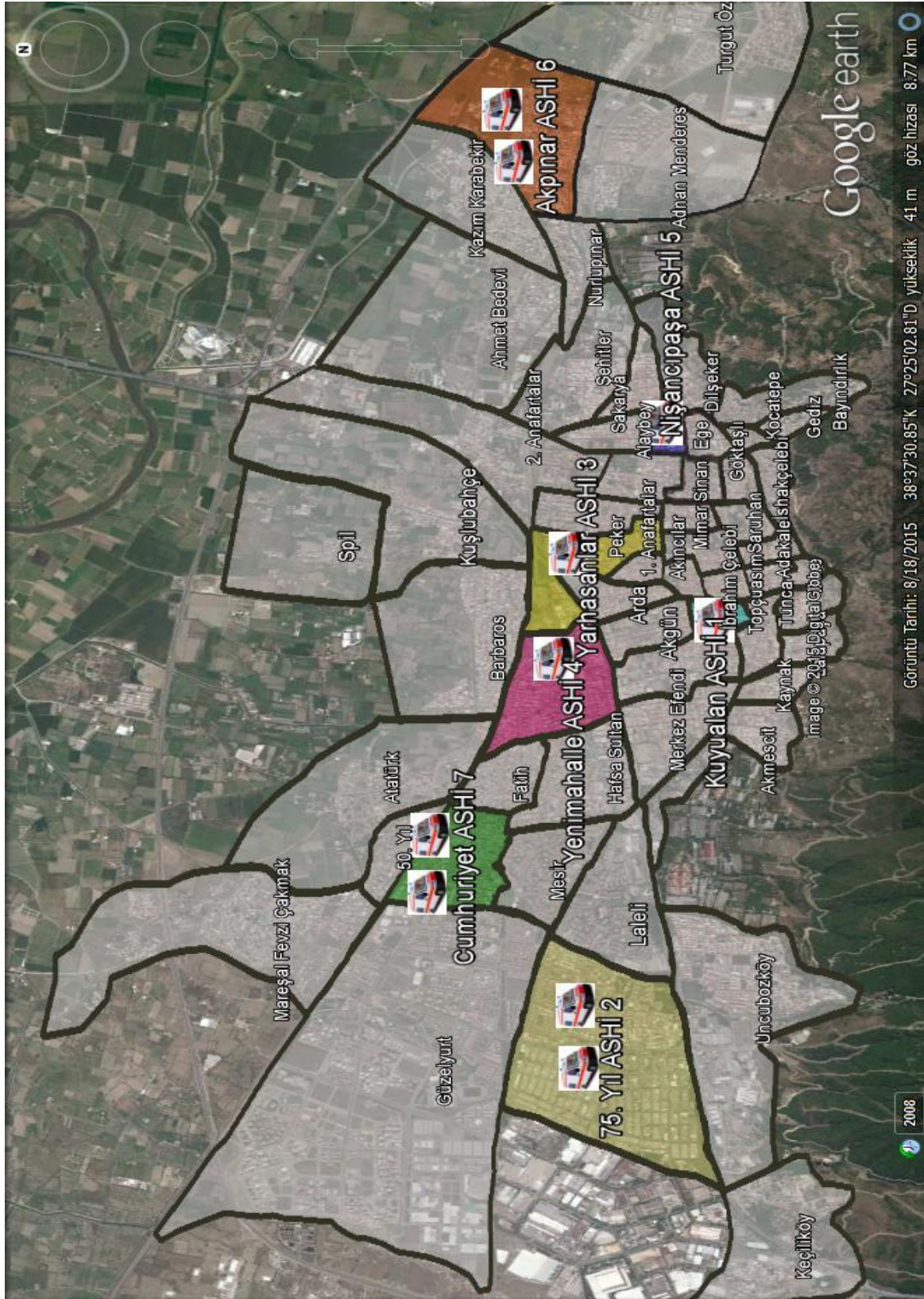
2013 Vaka Parametrelili Enbüyük Kapsama Yerleşim Modeline Göre İstasyonlara Destek Verecek Ambulanslar





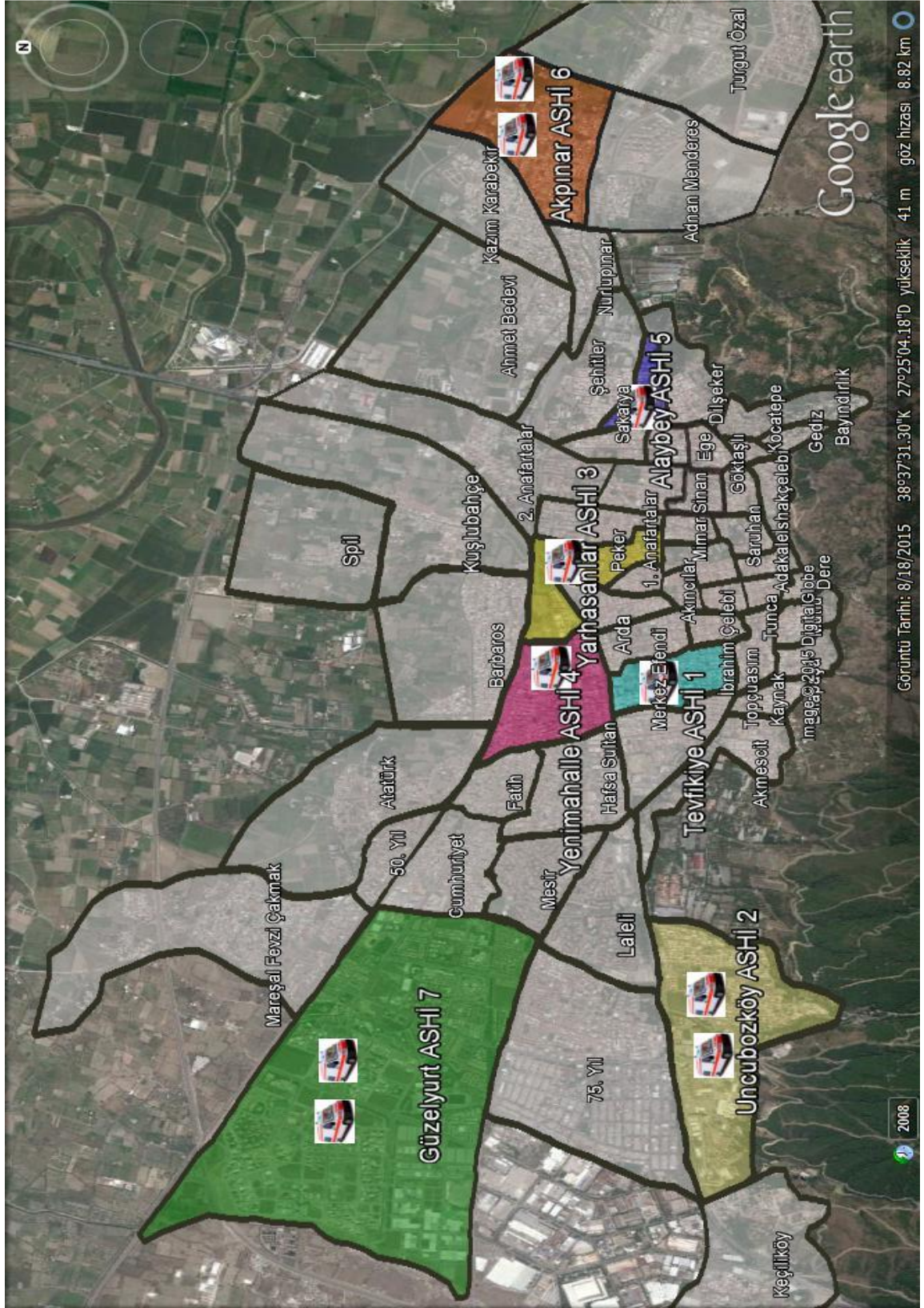
### Ek Açıklamalar – G3

2014 Vaka Parametrelili Enbüyük Kapsama Yerleşim Modeline Göre İstasyonlara Destek Verecek Ambulanslar



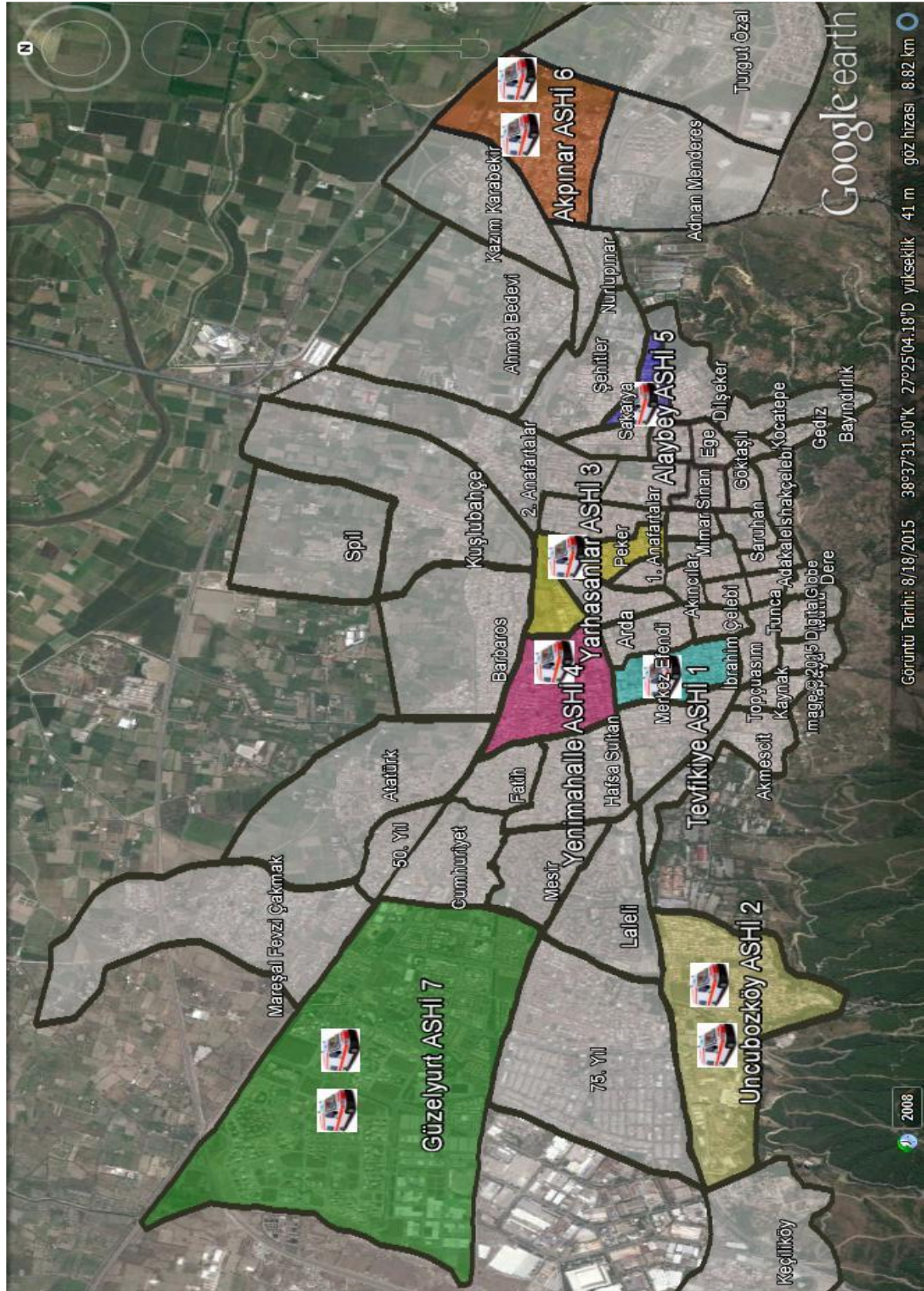
## Ek Açıklamalar – G3

2014 Vaka Parametrelili Enbüyük Kapsama Yerleşim Modeline Göre İstasyonlara Destek Verecek Ambulanslar



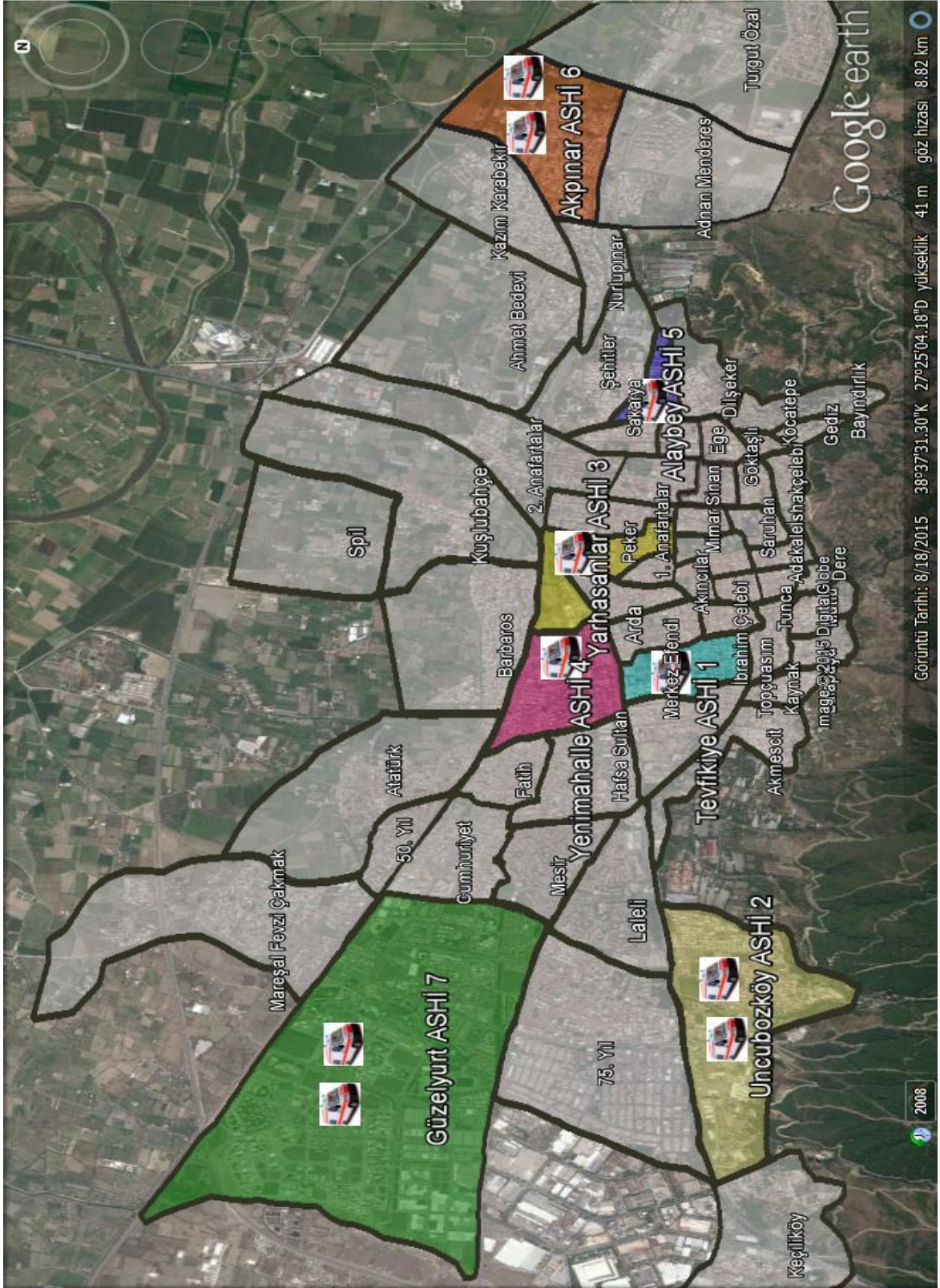
## Ek Açıklamalar – H1

2012 Nüfus Vaka Parametrelili Enbüyük Kapsama Yerleşim Modeline Göre İstasyonlara Destek Verecek Ambulanslar



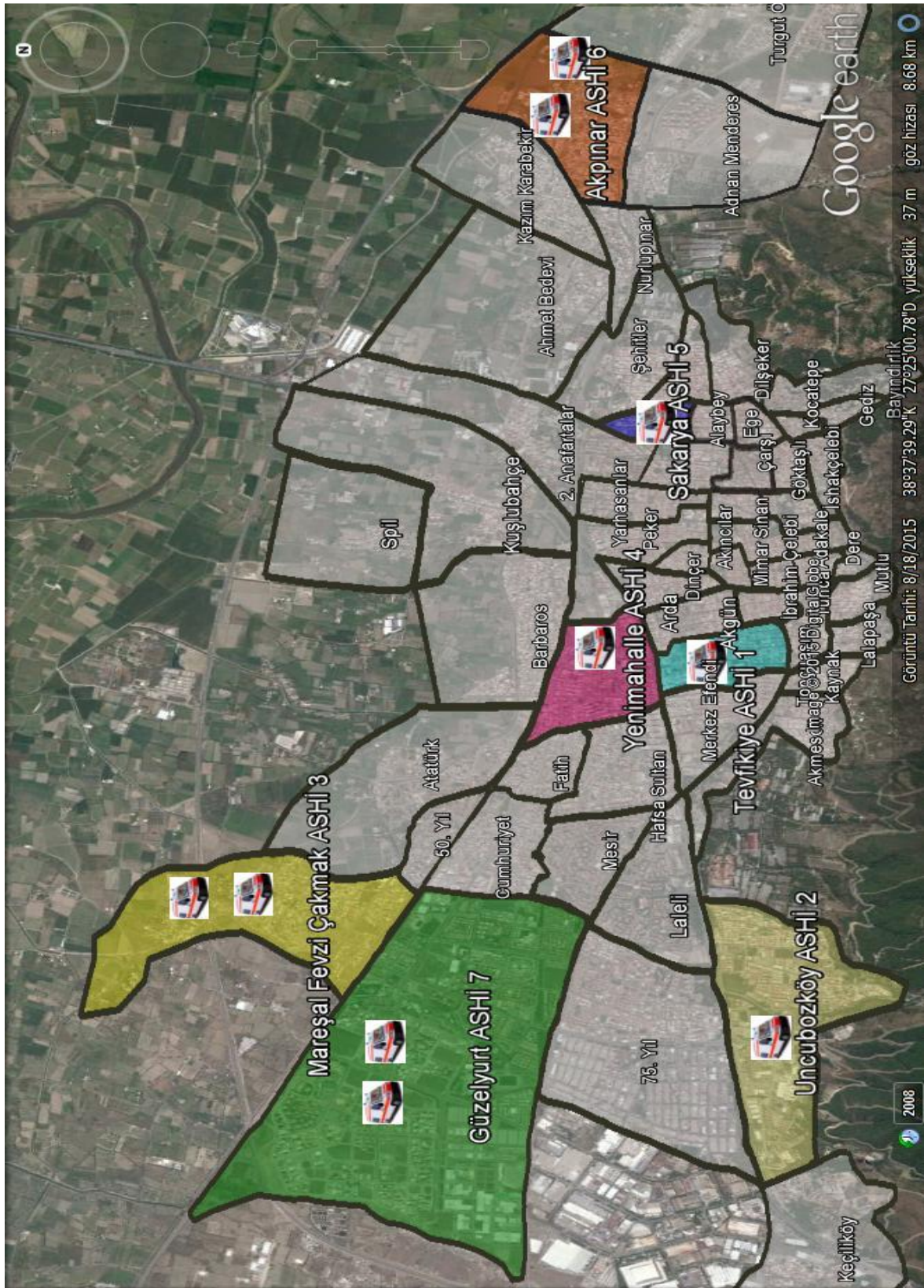
## Ek Açıklamalar – H2

2013 Nüfus Vaka Parametrelili Enbüyük Kapsama Yerleşim Modeline Göre İstasyonlara Destek Verecek Ambulanslar



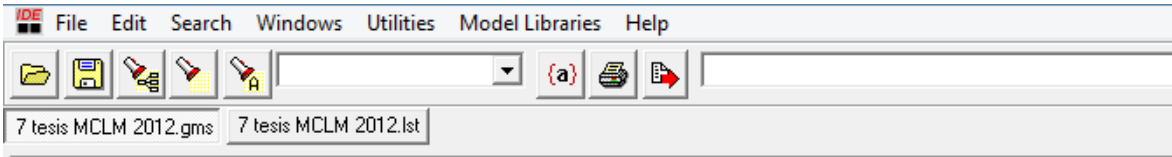
### Ek Açıklamalar – H3

2014 Nüfus Vaka Parametrelili Enbüyük Kapsama Yerleşim Modeline Göre İstasyonlara Destek Verecek Ambulanslar



## Ek Açıklamalar- I1

Enbüyük Kapsama Yerleşim Modeli GAMS 24.0.2. Kodu



### Sets

```
i talep bolgeleri kumesi / ANAFARTALAR1,ANAFARTALAR2,YIL50,YIL75,
ADAKALE,ADNANMENDERES,AHMETBEDEVI,AKINCILAR,AKMESCIT,AKPINAR,ALAYBEY,ARDA,
ATATURK,AYNIALI,BARBAROS,BAYINDIRLIK,CUMHURİYET,CARSI,DERE,DILSIKAR,DINCER,
EGE ,FATİH ,GEDİZ,GOKTASLI,GUZELYURT,HAFSASULTAN,IBRAHİMCELEBİ,ISHAKCELEBİ,
KAYNAK,KAZIMKARABEKİR,KECİLİKÖY,KOCATEPE,KUSLUBAHÇE,KUYUALAN,LALAPASA,LALELİ,
MFEVZİCAKMAK,MERKEZEFENDİ,MESİR,MIMARSINAN,MUTLU,NISANCIPASA,NURLUPINAR,PEKER,
SAKARYA,SARUHAN,SPIİ,ŞEHİTLER,TEVFİKİYE,TOPCUASIM,TUNCA,TURGUTOZAL,UNCUBÖZKÖY,
UTKU,YARHASANLAR,YENİMAHALLE /
```

```
j potansiyel arac yerlesim bolgeleri kumesi /YIL75,AKPINAR,ALAYBEY,
CUMHURİYET,KUYUALAN,PEKER,YENİMAHALLE/;
```

### Parameters

```
h(i) i.talep bolgesindeki nufus (2012)
/
ANAFARTALAR1 3180
ANAFARTALAR2 4746
YIL50 2119
YIL75 8461
ADAKALE 3775
ADNANMENDERES 4506
AHMETBEDEVI 3883
AKINCILAR 3260
AKMESCIT 5849
AKPINAR 6197
ALAYBEY 9261
ARDA 5090
ATATURK 4920
AYNIALI 7144
BARBAROS 11369
BAYINDIRLIK 3172
CUMHURİYET 7416
CARSI 1529
DERE 1481
DILSIKAR 5046
DINCER 3163
EGE 4855
FATİH 3802
GEDİZ 1393
GOKTASLI 3856
GUZELYURT 12316
HAFSASULTAN 10850
IBRAHİMCELEBİ 3470
ISHAKCELEBİ 2727
```

KAYNAK	4345
KAZIMKARABEKIR	5847
KECILIKOY	958
KOCATEPE	1894
KUSLUBAHCE	2793
KUYUALAN	5068
LALAPASA	3248
LALELI	5303
MFEVZICARMAK	11611
MERKEZEFENDI	11286
MESIR	5599
MIMARSINAN	4002
MUTLU	3970
NISANCIPASA	3284
NURLUPINAR	2361
PEKER	7659
SAKARYA	5095
SARUHAN	2675
SPIL	2327
SEHITLER	10187
TEVFIKIYE	10738
TOPCUASIM	6520
TUNCA	3242
TURGUTOZAL	3893
UNCUBOZKOY	9005
UTKU	3011
YARHASANLAR	10423
YENIMAHALLE	13870 / ;

Table d(i,j) i ve j bolgeleri arasındaki mesafe(km)

	YIL75	AKPINAR	ALAYBEY	CUMHURİYET	KUYUALAN	PEKER	YENIMAHALLE
ANAFARTALAR1	4.875	3.25	1	4.375	1.5	0.625	2.375
ANAFARTALAR2	4.75	3.125	1.625	3.75	2.375	0.75	1.75
YIL50	3.125	7	5.5	0.625	3.75	3.875	2.125
YIL75	0	7.375	5.875	2.5	4.125	4.25	3
ADAKALE	4.875	4.5	2	4.375	0.75	1.375	2.375
ADNANMENDERES	7.375	1	1.5	6.875	3.75	3.125	4.875
AHMETBEDEVI	5.875	1.75	1.25	5.125	3.5	1.875	3.125
AKINCILAR	4.375	4.25	1.75	3.875	0.5	1.125	1.875
AKMESCIT	3.375	5.75	3.25	2.875	1	2.625	1.625
AKPINAR	7.375	0	2.5	6.875	4.75	3.125	4.875
ALAYBEY	5.875	2.5	0	5.375	2.25	1.625	3.375
ARDA	3.875	4	2	3.375	0.75	0.875	1.375
ATATURK	3.375	6.25	4.75	0.875	3	3.125	1.375
AYNIALI	3.625	4.25	2.25	3.125	0.5	1.125	1.125
BARBAROS	3.75	4.625	3.125	2.25	1.375	1.5	0.75
BAYINDIRLIK	6.375	3.5	1	5.875	2.25	2.125	3.875
CUMHURİYET	2.5	6.875	5.375	0	3.625	3.75	2
CARSI	5.25	3.625	1.125	4.75	1.125	1	2.75
DERE	4.875	5	2.5	4.375	0.75	1.875	2.375
DILSIKAR	5.875	3	0.5	5.375	1.75	1.625	3.375
DINCER	4.25	3.875	1.625	3.75	0.875	0.75	1.75
EGE	5.75	3.375	0.875	5.25	1.625	1.5	3.25
FATİH	2.75	5.875	4.375	1	2.625	2.75	1
GEDİZ	6.375	4	1.5	5.875	2.25	2.125	3.875
GOKTASLI	5.5	3.875	1.375	5	1.375	1.25	3
GUZELYURT	1.625	8.5	7	1.625	5.25	5.375	3.625
HAFSASULTAN	2.375	5.5	4	1.375	2.25	2.375	0.625

IBRAHIMCELEBI	4.5	4.625	2.125	4	0.375	1.5	2
ISHAKCELEBI	5.625	4.25	1.75	5.125	1.5	1.375	3.125
KAYNAK	3.875	5.5	3	3.375	0.75	2.375	1.375
KAZIMKARABEKIR	7.125	1	2.5	5.875	4.75	3.125	4.125
KECILIKOY	2.375	9.5	7	4.875	5.25	6.375	5.375
KOCATEPE	5.875	3.5	1	5.375	1.75	1.625	3.375
KUSLUBAHCE	5.125	4	2.5	2.875	2.75	1.125	2.125
KUYUALAN	4.125	4.75	2.25	3.625	0	1.625	1.625
LALAPASA	4.375	5.5	3	3.875	0.75	2.375	1.875
LALELI	1	6.375	4.875	1.5	3.125	3.25	2
MFEVZICAKMAK	3.375	8.5	7	1.625	5.25	5.375	3.625
MERKEZEFENDI	3	5.125	2.875	2.5	1.125	2	1
MESIR	2	6.375	4.875	0.5	3.125	3.25	1.5
MIMARSINAN	4.625	4.25	1.75	4.125	0.5	1.125	2.125
MUTLU	4.625	5.25	2.75	4.125	0.5	2.125	2.125
NISANCIPASA	5.375	3	0.5	4.875	1.75	1.125	2.875
NURLUPINAR	6.625	1.25	1.25	6.125	3.5	2.375	4.125
PEKER	4.25	3.125	1.625	3.75	1.625	0	1.75
SAKARYA	5.125	2.75	0.75	4.625	2	0.875	2.625
SARUHAN	5.125	4.25	1.75	4.625	1	1.125	2.625
SPIL	5.625	5	3.5	3.125	3.25	1.875	2.625
SEHITLER	5.625	2.25	0.25	5.125	2.5	1.375	3.125
TEVFIKIYE	3.625	4.75	2.25	3.125	0.5	1.625	1.125
TOPCUASIM	4.125	5.25	2.75	3.625	0.5	2.125	1.625
TUNCA	4.75	4.875	2.375	4.25	0.625	1.75	2.25
TURGUTOZAL	9.375	2	3.5	8.875	5.25	5.125	6.875
UNCUBOZKOY	0.875	7.5	5	2.875	3.25	4.375	3.375
UTKU	4.875	3.75	1.25	4.375	1	0.625	2.375
YARHASANLAR	3.875	3.5	2	3.375	1.5	0.375	1.375
YENIMAHALLE	3	4.875	3.375	2	1.625	1.75	0

Scalar S belirlenmiş olan mesafe standardı /5/  
C elde bulunan araç sayısı /7/;

Parameter a(i,j) ;  
a(i,j)\$ (d(i,j)<=S)=1 ;

#### Variables

Y(i) i.talep bölgesi bir kez kapsanmış ise  
X(j) j bölgesine yerleştirilen araç sayısı  
z ;

Binary Variable Y  
Integer Variable X;

#### Equations

Amac

Kisit1

Kisit2;

```
Amac.. z =e= sum(i,h(i)*Y(i));
Kisit1(j).. sum(i, a(i,j)*X(j)-Y(i))=g=0
Set i talep bolgeleri kumesi ;
Kisit2(i).. sum(j,X(j))=l=C
Set i talep bolgeleri kumesi;
model MCLM /all/;
Option MIP = Cplex;
Option optcr =0;
solve MCLM using mip maximizing z;
display X.l ,Y.l, z.l;
display a;
```



## Ek Açıklamalar- I2

P Medyan Modeli GAMS 24.0.2. Kodu

```

IDE File Edit Search Windows Utilities Model Libraries Help
[Icons] [a] [Print] [Run]
P medyan-2012.gms P medyan-2012.lst

Sets

    i talep bolgeleri kumesi / ANAFARTALAR1, ANAFARTALAR2, YIL50, YIL75,
        ADAKALE, ADNANMENDERES, AHMETBEDEVI, AKINCILAR, AKMESCIT, AKPINAR,
        ALAYBEY, ARDA , ATATURK, AYNIALI, BARBAROS , BAYINDIRLIK , CUMHURİYET, CARSI , DERE,
        DILSIKAR , DINCER, EGE , FATİH , GEDİZ, GOKTASLI, GUZELYURT, HAFSASULTAN , İBRAHİMCELEBİ,
        İSHAKCELEBİ, KAYNAK, KAZIMKARABEKİR, KECİLİKOY , KOCATEPE , KUSLUBAHCE, KUYUALAN,
        LALAPASA , LALELİ, MFEVZİCAKMAK, MERKEZEFENDİ, MESİR, MIMARSINAN, MUTLU,
        NISANCIPASA, NURLUPINAR , PEKER, SAKARYA, SARUHAN, SPİL, SEHİTLER, TEVFIKİYE, TOPCUASIM,
        TUNCA , TURGUTOZAL, UNCUBOZKOY, UTKU, YARHASANLAR, YENİMAHALLE /

    j istasyon bolgeleri kumesi / ANAFARTALAR1, ANAFARTALAR2, YIL50, YIL75,
        ADAKALE, ADNANMENDERES, AHMETBEDEVI, AKINCILAR, AKMESCIT, AKPINAR,
        ALAYBEY, ARDA , ATATURK, AYNIALI, BARBAROS , BAYINDIRLIK , CUMHURİYET, CARSI , DERE,
        DILSIKAR , DINCER, EGE , FATİH , GEDİZ, GOKTASLI, GUZELYURT, HAFSASULTAN , İBRAHİMCELEBİ,
        İSHAKCELEBİ, KAYNAK, KAZIMKARABEKİR, KECİLİKOY , KOCATEPE , KUSLUBAHCE, KUYUALAN,
        LALAPASA , LALELİ, MFEVZİCAKMAK, MERKEZEFENDİ, MESİR, MIMARSINAN, MUTLU,
        NISANCIPASA, NURLUPINAR , PEKER, SAKARYA, SARUHAN, SPİL, SEHİTLER, TEVFIKİYE, TOPCUASIM,
        TUNCA , TURGUTOZAL, UNCUBOZKOY, UTKU, YARHASANLAR, YENİMAHALLE /;

Parameters

    a(i) i noktasındaki talep (2012 yılı nüfus)
    /
        ANAFARTALAR1          3180
        ANAFARTALAR2          4746
        YIL50                  2119
        YIL75                  8461
        ADAKALE                3775
        ADNANMENDERES         4506
        AHMETBEDEVI           3883
        AKINCILAR              3260
        AKMESCIT               5849
        AKPINAR                6197
        ALAYBEY                9261
        ARDA                   5090
        ATATURK                4920
        AYNIALI                7144
        BARBAROS               11369
        BAYINDIRLIK            3172
        CUMHURİYET             7416
        CARSI                  1529
        DERE                   1481
        DILSIKAR               5046
        DINCER                 3163
        EGE                    4855
        FATİH                  3802
        GEDİZ                  1393
  
```

GOKTASLI	3856
GUZELYURT	12316
HAFSASULTAN	10850
IBRAHIMCELEBI	3470
ISHAKCELEBI	2727
KAYNAK	4345
KAZIMKARABEKIR	5847
KECILIKOY	958
KOCATEPE	1894
KUSLUBAHCE	2793
KUYUALAN	5068
LALAPASA	3248
LALELI	5303
MFEVZICARMAK	11611
MERKEZEFENDI	11286
MESIR	5599
MIMARSINAN	4002
MUTLU	3970
NISANCIPASA	3284
NURLUPINAR	2361
PEKER	7659
SAKARYA	5095
SARUHAN	2675
SPIL	2327
SEHITLER	10187
TEVFIKIYE	10738
TOPCUASIM	6520
TUNCA	3242
TURGUTOZAL	3893
UNCUBOZKOY	9005
UTKU	3011
YARHASANLAR	10423
YENIMAHALLE	13870

/ ;

Table d(i,j) i ve j bolgeleri arasındaki mesafe(km)

	ANAFARTALAR1	ANAFARTALAR2	YIL50	YIL75	ADAKALE	ADNANMENDERES ...
ANAFARTALAR1	0	0.875	4.5	4.875	1.25	2.5
ANAFARTALAR2	0.875	0	3.875	4.75	2.125	3.125
YIL50	4.5	3.875	0	3.125	4.5	7
YIL75	4.875	4.75	3.125	0	4.875	7.375
ADAKALE	1.25	2.125	4.5	4.875	0	3.5
ADNANMENDERES	2.5	3.125	7	7.375	3.5	0
AHMETBEDEVI	2	1.375	5.25	5.875	3.25	1.75
AKINCILAR	1	1.875	4	4.375	0.5	3.25
AKMESCIT	2.5	3.375	3	3.375	1.5	4.75
AKPINAR	3.25	3.125	7	7.375	4.5	1
ALAYBEY	1	1.625	5.5	5.875	2	1.5
ARDA	1	1.625	3.5	3.875	1	3.5
ATATURK	3.75	3.125	0.75	3.375	3.75	6.25
AYNIALI	1.25	1.875	3.25	3.625	1.25	3.75
BARBAROS	2.125	1.5	2.375	3.75	2.125	4.625
BAYINDIRLIK	1.5	2.125	6	6.375	1.5	2.5
CUMHURİYET	4.375	3.75	0.625	2.5	4.375	6.875
CARSI	0.375	1.25	4.875	5.25	0.875	2.625
DERE	1.75	2.625	4.5	4.875	0.5	4
DILSIKAR	1	1.625	5.5	5.875	1.5	2
DINCER	0.625	1.5	3.875	4.25	0.625	3.125
EGE	0.875	1.5	5.375	5.75	1.125	2.375
FATİH	3.375	2.75	1.125	2.75	3.375	5.875
GEDİZ	1.5	2.125	6	6.375	1.5	3

:

```
Scalar
    P yerleştirilecek olan hizmet verecek tesis sayısı /7/;

Variables
    X(i,j) eğer i talep bölgesi j istasyonuna atanmış ise
    Y(j) eğer j noktasında bir istasyon açılmış ise
    z ;

Binary Variable X,Y;

Equations
Amac
Kisit1
Kisit2
Kisit3;

Amac.. z =e= sum((j,i), a(i)*d(i,j)*X(i,j));
Kisit1(i).. sum(j,X(i,j))=e= 1
Set j istasyon bolgeleri kumesi ;
Kisit2(i,j).. X(i,j)=l= Y(j)
Set i talep bolgeleri kumesi ;
Set j istasyon bolgeleri kumesi ;
Kisit3(i).. sum(j,Y(j))=e=P
Set j istasyon bolgeleri kumesi ;
Option MIP = Cplex;
Option optcr =0;
model PMEDYAN /all/;
solve PMEDYAN using mip minimizing z;
display X.l ,Y.l, z.l;
```

**Ek Açıklamalar -J**  
**Yıllara Göre Nüfus ve Vaka Sayıları**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1		<b>VAKA SAYISI</b>					<b>NÜFUS</b>			
2	MAHALLE \ YIL	2012	2013	2014		MAHALLE \ YIL	2012	2013	2014	
3	TOPLAM	7538	6843	6098		TOPLAM	309050	315566	319976	
4	1. ANAFARTALAR	115	97	96		1. ANAFARTALAR	3180	3128	3112	
5	2. ANAFARTALAR	118	112	104		2. ANAFARTALAR	4746	5058	5363	
6	50. YIL	94	79	85		50. YIL	2119	2118	2179	
7	75. YIL	160	149	150		75. YIL	8461	7718	8067	
8	ADAKALE	80	80	66		ADAKALE	3775	3705	3767	
9	ADNAN MENDERES	86	130	87		ADNAN MENDERES	4506	4628	4710	
10	AHMET BEDEVİ	128	117	90		AHMET BEDEVİ	3883	4369	4452	
11	AKINCILAR	96	86	83		AKINCILAR	3260	3210	3264	
12	AKMESCİT	169	154	135		AKMESCİT	5849	6776	6989	
13	AKPINAR	158	183	166		AKPINAR	6197	6300	6417	
14	ALAYBEY	238	221	164		ALAYBEY	9261	9338	9323	
15	ARDA	130	120	106		ARDA	5090	5010	4943	
16	ATATÜRK	136	162	122		ATATÜRK	4920	5196	5291	
17	AYNI ALI	223	148	115		AYNI ALI	7144	7191	7019	
18	BARBAROS	244	286	257		BARBAROS	11369	11721	12098	
19	BAYINDIRLIK	61	70	33		BAYINDIRLIK	3172	3166	3144	
20	CUMHURİYET	129	140	146		CUMHURİYET	7416	7829	8164	
21	ÇARŞI	55	50	43		ÇARŞI	1529	1601	1628	
22	DERE	26	32	27		DERE	1481	1550	1590	
23	DİLŞİKAR	140	109	133		DİLŞİKAR	5046	5316	5353	
24	DİNÇER	109	70	44		DİNÇER	3163	3066	3058	
25	EGE	142	113	84		EGE	4855	4973	4945	
26	FATİH	139	113	65		FATİH	3802	3790	3848	
27	GEDİZ	25	28	18		GEDİZ	1393	1401	1419	
28	GÖKTAŞLI	132	78	100		GÖKTAŞLI	3856	3929	3909	
29	GÜZELYURT	226	229	165		GÜZELYURT	12316	13793	15241	
30	HAFSA SULTAN	178	178	167		HAFSA SULTAN	10850	11379	11789	
31	İBRAHİM ÇELEBİ	87	105	82		İBRAHİM ÇELEBİ	3470	3435	3396	
32	İSHAK ÇELEBİ	58	61	41		İSHAK ÇELEBİ	2727	2363	2301	
33	KAYNAK	89	65	65		KAYNAK	4345	4502	4550	
34	KAZIM KARABEKİR	231	157	193		KAZIM KARABEKİR	5847	5941	6058	
35	KEÇİLİKÖY	18	26	29		KEÇİLİKÖY	958	1060	1224	
36	KOCATEPE	77	41	45		KOCATEPE	1894	1887	1868	
37	KEÇİLİKÖY	106	88	74		KEÇİLİKÖY	2793	3043	3495	
38	KUYUALAN	133	93	86		KUYUALAN	5068	5024	5046	
39	LALA PAŞA	70	56	46		LALA PAŞA	3248	3184	3215	
40	LALELİ	190	155	142		LALELİ	5303	5237	5235	
41	M. FEVZİ ÇAKMAK	211	191	215		M. FEVZİ ÇAKMAK	11611	11808	12125	
42	MERKEZ EFENDİ	223	166	208		MERKEZ EFENDİ	11286	11336	11245	
43	MESİR	107	90	90		MESİR	5599	5692	5654	
44	MİMAR SİNAN	90	103	78		MİMAR SİNAN	4002	4004	4022	
45	MUTLU	86	80	60		MUTLU	3970	4075	4035	
46	NİŞANCIPAŞA	83	70	68		NİŞANCIPAŞA	3284	3384	3485	
47	NURLUPINAR	157	107	86		NURLUPINAR	2361	2333	2376	
48	PEKER	145	121	97		PEKER	7659	7591	7483	
49	SAKARYA	122	81	78		SAKARYA	5095	5136	5219	
50	SARUHAN	49	45	59		SARUHAN	2675	2674	2762	
51	SPİL	46	46	37		SPİL	2327	2363	2461	
52	ŞEHİTLER	201	169	148		ŞEHİTLER	10187	10636	10329	
53	TEVFİKİYE	231	225	170		TEVFİKİYE	10738	10893	11023	
54	TOPÇUASIM	162	169	143		TOPÇUASIM	6520	6646	6613	
55	TUNCA	78	62	55		TUNCA	3242	3311	3329	
56	TURGUT ÖZAL	113	192	145		TURGUT ÖZAL	3893	3912	3948	
57	UNCUBOZKÖY	204	172	177		UNCUBOZKÖY	9005	9113	8993	
58	UTKU	103	95	71		UTKU	3011	2972	2946	
59	YARHASANLAR	236	211	181		YARHASANLAR	10423	10594	10303	
60	YENİMAHALLE	295	267	278		YENİMAHALLE	13870	14158	14155	

## Ek Açıklamalar -K

Mevcut Durum ve Tüm Modellere Göre Mahallelerin İstasyonlara Göre Dağılımı

Mahalleler	Kuyualan (1 nolu)	Tevfikye (1 nolu)	Mimar Sinan (1 nolu)	Merkez Efendi (1 nolu)	75. Yıl (2 nolu)	Uncubozköy (2 nolu)	Şehitler (3 nolu)	Organize (2 nolu)	Yarhasanlar (3 nolu)	Peker (3 nolu)	Fevzi Çakmak (3 nolu)	Yenimahalle (4 nolu)	Hafsa Sultan (4 nolu)	Alaybey (5 nolu)	Sakarya (5 nolu)	Kocatepe (5 nolu)	Nisancapasa (5 nolu)	Akpınar (6 nolu)	Adnan Menderes (6 nolu)	Kazım Karabekir (6 nolu)	Cumhuriyet (7 nolu)	Güzelyurt (7 nolu)	Toplam	
Adakale	5	3	1													1							10	
Akincılar	5	3	1	1																			10	
Akmescit	5	3	1	1																			10	
Aynı Ali	5	3	1	1																			10	
Dere	5	3	1													1							10	
Gbrahim Celebi	5	3	1													1							10	
Kaynak	5	3	1	1												1							10	
Kuyualan	5	3	1	1																			10	
Lalapasa	5	3	1	1																			10	
Mimar Sinan	5	3	1													1							10	
Mutlu	5	3	1	1																			10	
Tevfikye	5	3	1	1																			10	
Topçuasım	5	3	1	1												1							10	
Tunca	5	3	1																				10	
Merkez Efendi		3		1								5	1										10	
Arda	5	1	1	1					2														10	
Dinçer		1					1		5	3													10	
Saruhan	5		1						2						1	1							10	
Keçiliköy					6	3		1															10	
Laleli					6	3							1										10	
Uncubozköy					6	3																	10	
75. Yıl					6	3																	10	
Güzelyurt					4																1	5	10	
1. Anafartalar							1		1	3				1	1		3						10	
2. Anafartalar							1		5	3					1								10	
Kuşubahçe							1		5	3					1								10	
Peker							1		5	3					1								10	
Sakarya							1							5	1		3						10	
Şehitler							1							5	1		3						10	
Spil							1		5	3		1											10	
Yarhasanlar							1		5	3					1								10	
Barbaros									1			8	1										10	
Gşhakçelebi									1	3				1	1	1	3						10	
Utku									2	3					1	1	3						10	
Fevzi Çakmak											1											5	4	10
Çarşı									3					2	1	1	3						10	
Göktaşlı									3					2	1	1	3						10	
Hafsa Sultan													8	2									10	
Atatürk												3	2									5	10	
Fatih												5	2									3	10	
Mesir												3	2									5	10	
Yenimahalle												8	2										10	
Cumhuriyet												2										5	3	10
50.Yıl												1										5	4	10
Ahmet Bedevi														5	1			2	1	1			10	
Alaybey														5	1	1	3						10	
Bayındırık														5	1	1	3						10	
Dişikar														5	1	1	3						10	
Ege														5	1	1	3						10	
Gediz														5	1	1	3						10	
Kocatepe														5	1	1	3						10	
Nisancapasa														5	1	1	3						10	
Nurlupınar														2				5	2	1			10	
Adnan Menderes																		7	2	1			10	
Akpınar																		7	2	1			10	
Kazım Karabekir																		7	2	1			10	
Turgut Özal																		7	2	1			10	