



**ATIK GETİRME MERKEZİ YER SEÇİMİ İÇİN MELEZ BİR YAKLAŞIM:  
ÇANKAYA BELEDİYESİ ÖRNEĞİ**

**Tuğçe DÜZCE**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2016**

Tuğçe DÜZCE tarafından hazırlanan “ATIK GETİRME MERKEZİ YER SEÇİMİ İÇİN MELEZ BİR YAKLAŞIM: ÇANKAYA BELEDİYESİ ÖRNEĞİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU ile Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Yrd. Doç. Dr. Murat ARIKAN

Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum .....

**Başkan :** Prof. Dr. Serpil EROL

Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum .....

**Üye :** Yrd. Doç. Dr. Alper ŞEKER

Endüstri Mühendisliği, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum .....

Tez Savunma Tarihi: ...../...../.....

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....  
Prof. Dr. Metin GÜRÜ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Tuğçe DÜZCE

06/06/2016



ATIK GETİRME MERKEZİ YER SEÇİMİ İÇİN MELEZ BİR YAKLAŞIM:  
ÇANKAYA BELEDİYESİ ÖRNEĞİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Tuğçe DÜZCE

GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2016

ÖZET

Gerçekleşen hızlı ekonomik büyüme, sanayileşme, teknolojik gelişme, kentleşme, nüfus artışı ve refah seviyesinin yükselmesi üretilen atık miktarında artışa neden olmaktadır. Artan atık miktarı nedeniyle karşılaşılan zorluklar atıksız veya olabildiğince az atıklı üretimi ve tüketimi amaçlayan “atık yönetimi yaklaşımını” gerektirmektedir. Atık yönetimi, atıkların çevreye ve yasalara uygun şekilde toplanmasını, geçici olarak depolanmasını, geri kazanılmasını, düzenli depolanmasını ve benzeri işlemlere tabi tutulmasını kapsamaktadır. AB Atık Çevre Direktifinde 2015 yılı hedeflerinden biri atıkları kaynağından ayrı toplamaktır. Bu hedefe ulaşmak ve ülkemizde sürdürülebilir bir atık planı uygulamak için etkin kullanılabilecek atık getirme merkezlerinin açılması gerekmektedir. Bu tezde, Çankaya İlçe Belediyesine ait atık getirme merkezlerinin kuruluş yer seçim problemi ele alınmıştır. Problemin amacı, tüketicilerin kaynağından ayrı topladıkları atıkları kolaylıkla getirip bırakabilecekleri getirme merkezlerinin yerinin belirlenmesi, bu sayede de toplanan geri dönüştürülebilir atık miktarının ve ayırma kalitesinin artırılmasıdır. Bunun için atık getirme merkezi yer seçimini etkileyen kriterler belirlenmiş, birbirleri ile olan ilişkileri DEMATEL ile tespit edilmiş ve bu ilişkiler dikkate alınarak her bir kriterin ağırlığı ANP (Analytical Network Process) yöntemiyle hesaplanmıştır. Ardından bu ağırlıklar kullanılarak her tesis aday yeri için bir öncelik değeri elde edilmiştir. Daha sonra yer seçim problemi, atıkların toplanma stratejisi de dikkate alınarak, kamu sektörü tesis yer seçiminde yaygın olarak kullanılan p-medyan, p-merkez ve bu iki problemin amaçlarını eş zamanlı dikkate alan centdian problemi olarak ayrı ayrı modellenmiştir. Bu problemlere ait amaç fonksiyonları da aday tesis yerleri için belirlenen öncelik değerleri ile LP-metrik yaklaşımı kullanılarak birleştirilmiş, böylece tesis yerleri çok amaçlı olarak belirlenmiştir.

Bilim Kodu : 90608

Anahtar Kelimeler : Atık getirme merkezi, DEMATEL, ANP, Çok kriterli karar verme, P-medyan, P- merkez

Sayfa Adedi : 90

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Murat ARIKAN

## HYBRID APPROACH FOR DROP-OFF CENTER SITE SELECTION:

## ÇANKAYA MUNICIPALITY SAMPLE

(M. Sc. Thesis)

Tuğçe DÜZCE

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2016

## ABSTRACT

Rapid economic growth, industrialization, technological development, urbanization, population increase and increased prosperity result in an increase of produced waste. Because of the difficulties which stem from the increased waste quantities, the “waste management approach”, which aims production and consumption without or with possibly few waste, is considered necessary. Waste management includes collection, temporary and regular storage and recycling of waste in an environment-friendly and legitimate manner. One of the objectives in EU Waste Environmental Directive, 2015 is collecting the waste separately from its source. In order to ensure this objective and to implement a sustainable waste plan in our country, waste drop-off centers, which are used effectively throughout the world, should be opened. In this study, the waste drop-off center location selection problem of Çankaya County Municipality is considered. The aim of the study is to determine the location of drop-off centers that can be used by citizens to leave the waste collected separately from their sources, thus the amount of the collected recyclable waste and the separation quality can be increased. Hence, the criteria which affects the location of waste drop-off centers are determined, their interrelations are identified by DEMATEL and considering these interrelations, ANP (Analytical Network Process) is used to calculate the criteria weights. Then, by using these weights, priority values are obtained for each candidate location. Subsequently, by taking the decided waste collection strategy into account, the plant location problem is modelled as p-median, p-center and centroid problems which are commonly used in public plant locations. The objective function of the foregoing problems are combined with priority values of candidate locations by LP-metric approach, and consequently plant locations are determined in a multi-objective manner.

Science Code : 90608

Key Words : Drop-off center, DEMATEL, ANP, Multi-criteria decision making, P-median, P-center

Page Number : 90

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Murat ARIKAN

## TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla bana yol gösteren hocam Yrd. Doç. Dr. Murat ARIKAN'a, varlığıyla bana destek veren hep yanımda olan başta annem olmak üzere tüm aileme ve en zor zamanlarımda varlığıyla bana güç veren tezimi bitirebilmemdeki en büyük destekçim Furkan KELEŞTİMUR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



## İÇİNDEKİLER

|                                                           | Sayfa |
|-----------------------------------------------------------|-------|
| ÖZET .....                                                | iv    |
| ABSTRACT.....                                             | v     |
| TEŞEKKÜR.....                                             | vi    |
| İÇİNDEKİLER .....                                         | vii   |
| ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....                                 | x     |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....                                   | xv    |
| SİMGELER VE KISALTMALAR.....                              | xvi   |
| 1. GİRİŞ.....                                             | 1     |
| 2. TERSİNE LOJİSTİK.....                                  | 3     |
| 2.1. Tersine Lojistik Uygulanma Sebepleri .....           | 4     |
| 2.1.1. Kullanılmış ürün göndericileri tarafından .....    | 4     |
| 2.1.2. Kullanılmış ürün alıcıları tarafından .....        | 5     |
| 2.2. Tersine Lojistik Ağları .....                        | 7     |
| 2.2. Değerlendirilebilir Atıklarda Tersine Lojistik ..... | 8     |
| 3. KATI ATIK VE KATI ATIK YÖNETİMİ.....                   | 11    |
| 3.1. Katı Atıklar .....                                   | 11    |
| 3.2. Katı Atık Yönetimi.....                              | 14    |
| 3.1.1. Katı atıkların toplanması .....                    | 14    |
| 3.1.2. Katı atıkların geri kazanımı.....                  | 15    |
| 3.1.3. Katı atıkların bertarafı.....                      | 16    |
| 3.1.4. Katı atıkların depolanması.....                    | 17    |
| 3.3. Türkiye’de Katı Atık Yönetimi .....                  | 17    |
| 3.4. Avrupa Birliği’nde Katı Atık Yönetimi .....          | 18    |

|                                                                                                     | <b>Sayfa</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>4. ELE ALINAN PROBLEM .....</b>                                                                  | <b>21</b>    |
| 4.1. Atık Getirme Merkezlerinin Etkinliği .....                                                     | 22           |
| 4.2. Atık Getirme Merkezlerinin Tipleri ve Özellikleri.....                                         | 23           |
| <b>5. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....</b>                                                               | <b>25</b>    |
| 5.1. Tesis Yer Seçiminde Matematiksel Modelleme .....                                               | 25           |
| 5.2. Tesis Yer Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri .....                                  | 30           |
| <b>6. KULLANILAN ÇÖZÜM YAKLAŞIMI VE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR.....</b>                                 | <b>35</b>    |
| 6.1. Aday Tesis Yerleri İçin Öncelik Değerlerinin Belirlenmesi Aşaması .....                        | 35           |
| 6.1.1. DEMATEL yöntemi .....                                                                        | 36           |
| 6.1.2. Analitik ağ süreci(ANP) .....                                                                | 38           |
| 6.2. Modelleme Aşaması.....                                                                         | 40           |
| 6.2.1. P-medyan problemi .....                                                                      | 41           |
| 6.2.2. P-merkez problemi.....                                                                       | 43           |
| 6.2.3. Centdian problemi.....                                                                       | 44           |
| 6.2.4. Lp-metrik yaklaşımı.....                                                                     | 45           |
| <b>7. UYGULAMA .....</b>                                                                            | <b>47</b>    |
| 7.1. Atık Getirme Merkezlerinin Kurulacağı Aday Yerler İçin Öncelik Değerlerinin Belirlenmesi ..... | 49           |
| 7.2. Modelleme Aşaması .....                                                                        | 58           |
| <b>8. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....</b>                                                               | <b>67</b>    |
| <b>KAYNAKLAR .....</b>                                                                              | <b>69</b>    |
| <b>EKLER.....</b>                                                                                   | <b>79</b>    |
| EK-1. Ağırlıklandırılmamış süpermatris .....                                                        | 80           |
| EK-2. Ağırlıklandırılmış süpermatris .....                                                          | 82           |

**Sayfa**

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| EK-3. Mahalleler arası mesafe matrisi..... | 84 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                             | 90 |



## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

| Çizelge                                                                                                                                                                      | Sayfa |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 4.1. Atık merkezinde toplanacak olan atık listesi .....                                                                                                              | 24    |
| Çizelge 6.1. DEMATEL yöntemi karşılaştırma skalası.....                                                                                                                      | 37    |
| Çizelge 6.2. Karşılaştırmalarda kullanılan önem dereceleri tablosu.....                                                                                                      | 39    |
| Çizelge 7.1 Aday tesis yerleri .....                                                                                                                                         | 48    |
| Çizelge 7.2. Alt ve ana kriterler .....                                                                                                                                      | 50    |
| Çizelge 7.3. Alt kriterler direkt ilişki matrisi.....                                                                                                                        | 51    |
| Çizelge 7.4. Alt kriterler için normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi .....                                                                                                | 52    |
| Çizelge 7.5. Alt kriterler için toplam ilişki matrisi ve D+R, D-R değerleri.....                                                                                             | 53    |
| Çizelge 7.6. Atık getirme merkezi tesis yer seçim amacına göre ana kriter karşılaştırmaları.....                                                                             | 57    |
| Çizelge 7.7. Atık miktarına göre gece ve gündüz nüfus kriterlerinin karşılaştırmaları .                                                                                      | 57    |
| Çizelge 7.8. "Sosyal" kümesine göre kriterlerin ikili karşılaştırılması .....                                                                                                | 57    |
| Çizelge 7.9. "Sosyo-kültürel" kümesine göre kriterlerin ikili karşılaştırılması .....                                                                                        | 58    |
| Çizelge 7.10. "Topoğrafik" kümesine göre kriterlerin ikili karşılaştırılması.....                                                                                            | 58    |
| Çizelge 7.11. "Ulaşım" kümesine göre kriterlerin ikili karşılaştırılması .....                                                                                               | 58    |
| Çizelge 7.12. "Çevresel" kümesine göre kriterlerin ikili karşılaştırılması.....                                                                                              | 58    |
| Çizelge 7.13. Kriter kümelerinin ağırlık matrisi.....                                                                                                                        | 59    |
| Çizelge 7.14. Kriter ağırlıkları .....                                                                                                                                       | 59    |
| Çizelge 7.15. Aday mahallelerin öncelik değerleri .....                                                                                                                      | 60    |
| Çizelge 7.16. Tek tesisli modellerin amaçlarına göre tesis kurmak üzere seçtiği mahalleler ve amaç fonksiyonlarının ayrı ayrı aldıkları değerler .....                       | 63    |
| Çizelge 7.17. P-medyan ve ANP öncelik değerlerini bütünleşik olarak ele alan matematiksel model sonucunda tesisin kurulacağı mahaller ve hizmet alacak olan mahalleler ..... | 64    |

| <b>Çizelge</b>                                                                                                                                                                         | <b>Sayfa</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Çizelge 7.18. . P-merkez ve ANP öncelik değerlerini bütünleşik olarak ele alan matematiksel model sonucunda tesisin kurulacağı mahaller ve hizmet alacak olan mahalleler.....          | 64           |
| Çizelge 7.19. P-medyan, p-merkez ve ANP öncelik değerlerini bütünleşik olarak ele alan matematiksel model sonucunda tesisin kurulacağı mahaller ve hizmet alacak olan mahalleler ..... | 65           |
| Çizelge 7.20. İki tesisli modellerin amaçlarına göre tesis kurmak üzere seçtiği mahalleler ve amaç fonksiyonlarının ayrı ayrı aldıkları değerler .....                                 | 65           |



**ŞEKİLLERİN LİSTESİ**

| <b>Şekil</b>                                                                                                                 | <b>Sayfa</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 2.1. Tersine lojistik ağ yapısı.....                                                                                   | 7            |
| Şekil 4.1. Çeşitli toplama yöntemlerine göre ülkelerin toplayabildikleri ortalama geri dönüştürülebilir ürün miktarları..... | 22           |
| Şekil 7.1. Atık getirme merkezi için DEMATEL yöntemine göre elde edilen ağ yapısı.....                                       | 54           |



## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

### Simgeler

### Açıklamalar

km

kilometre

### Kısaltmalar

### Açıklamalar

AB

Avrupa Birliği

ANP

Analitik Ağ süreci

AHP

Analitik Hiyerarşi Prosesi

ÇKKV

Çok Kriterli Karar Verme

DEMATEL

Decision Making Trial and Evaluation Laboratory

GAMS

General Algebraic Modeling System

TOPSIS

Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution



## 1. GİRİŞ

Ülkemizde gerçekleşen hızlı ekonomik büyüme, sanayileşme, kentleşme, nüfus artışı ve teknolojik gelişmeler üretilen atık miktarında artışa neden olmaktadır. Artan atık miktarı nedeniyle karşılaşılan zorluklar, atıksız veya olabildiğince az atıklı üretimi ve tüketimi amaçlayan “atık yönetimi yaklaşımını” gerektirmektedir. Atık yönetimi, çevrenin ve doğal kaynakların korunmasında en önemli konulardan biridir. Evsel, tıbbi, tehlikeli ve tehlikesiz atıkların azaltılması, kaynağında ayrı toplanması, ara depolanması, taşınması, geri kazanılması, geri dönüştürülmesi ve bertaraf edilmesi atık yönetimi kapsamındaki süreçler arasında yer almaktadır. Doğal kaynakların hızla tüketilmesini engelleyen, oluşan atıkları çevreye ve insan sağlığına bir tehdit unsuru olmaktan çıkaran, ekonomi için bir girdiye dönüştürülmesini amaçlayan atık yönetim stratejileri, tüm dünyada giderek benimsenen bir politik hedef olan “sürdürülebilir kalkınma” yaklaşımının temelini oluşturmaktadır [1].

Kaynağından ayrı toplama, ara depolama, geri kazanma ve dönüştürme gibi atık yönetim yaklaşımları sayesinde çöpe giden atık miktarında azalma sağlanabilmektedir. Örneğin, evsel atıkların yoğunluğu yaklaşık 0,6 kg/m<sup>3</sup> iken, ambalaj atıklarının yoğunluğunun yaklaşık 0,3 kg/m<sup>3</sup> olduğu belirtilmektedir. Yapılan toplama operasyonlarında evsel atıklar ortalama %75-80 oranında sıkıştırılabilirken, ambalaj atıklarında bu oranın ortalama %25 olduğu tespit edilmiştir. Ambalaj atıklarının düzenli toplama alanlarında türlerine göre toplanması bu atık türlerinin daha yüksek oranda geri kazanılmasını sağlamaktadır. Bu sayede ambalaj atıkları çöp depolama sahalarına daha az gideceğinden, evsel atık türlerine daha çok alan kalacak ve çok yüksek maliyetlerle inşa edilen depolama alanları daha uzun sürelerle kullanılabilir [2].

Düzenli toplama alanı olan, geri kazanılabilir atıkların diğer atıklarla karıştırılmadan kaynağından ayrı toplanmasının sağlanması ve geri kazanım ve/veya bertarafa gönderilmek üzere bırakılması amacıyla oluşturulan atık getirme merkezlerinin, atıkların yüksek oranda toplanıp geri dönüşüme kazandırılabilmesi için etkin kullanılması gerekmektedir. Atık getirme merkezlerinin etkin kullanımını sağlamak tesisin nereye kurulacağının belirlenmesi ile yakından ilgilidir. Uygun yer seçimini yaparken dikkat edilmesi gereken bir çok etken ve kriter bulunmaktadır. Atık getirme/toplama merkezlerinin yer seçimindeki teknik kriterler, ulusal kanunlar ve yerel yönetimler tarafından belirlenmektedir. Bu

kriterler değişiklik gösterebilmekle birlikte, genel olarak, atık miktarları, nüfus oranları, eğitim düzeyleri, demografik özellikler, ulaşım kolaylığı, yakınlık, sosyo-kültürel yapı olarak kabul edilmektedirler [3-5]. Çalışmada ele alınan problemde belediyelerin sorumluluğunda kurulan, kullanım ömrünü tamamlamış ya da çeşitli nedenlerden dolayı artık kullanılmayan ürünlerin geçici olarak depolandığı toplama/getirme merkezlerinin yerlerine karar verilmektedir. Problemde yer seçimini etkileyen kriterler belirlenmiş ve bu kriterler arasındaki ilişkileri tanımlamak için bir çok kriterli karar verme yöntemi olan DEMATEL kullanılmıştır. Daha sonra bu ilişkileri dikkate alan ANP yöntemi ile kriter ağırlıkları ve aday tesis yerlerinin öncelik değerleri belirlenmiştir. Ardından, yer seçim problemi, özellikle kamu sektöründe yaygın olarak kullanılan p-medyan ve p-merkez problemi olarak modellenmiş, bu problemlere ait amaç fonksiyonları ve aday tesis yerleri için belirlenen öncelik değerleri LP-metrik yaklaşımı kullanılarak birleştirilmiş, böylece yer seçim problemi çok amaçlı olarak çözülmüştür.

Çalışmanın bundan sonraki bölümünde, atık yönetim yaklaşımının adımlarını içeren tersine lojistik kavramı tanıtılmakta, tersine lojistik uygulanma sebepleri, tersine lojistik ağları, değerlendirilebilir atıklarda tersine lojistik kavramlarından söz edilmektedir. Üçüncü bölümde ise, katı atık yönetiminden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde ele alınan problem ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Beşinci bölümde, matematiksel modelleme ve Çok Kriterli Karar Verme yöntemleriyle tesis yer seçimine ilişkin literatüre yer verilmiştir. Altıncı bölümde, kullanılan çözüm yöntemlerinden bahsedilmiş ve yedinci bölümde çözüm yaklaşımının her bir aşamasında elde edilen sonuçlar, kurulan modeller verilmiş, model çözümleri karşılaştırılmıştır. Son bölümde ise sonuçlar tartışılmış ve ileride yapılabilecek çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

## 2. TERSİNE LOJİSTİK

Günümüzde çevresel düzenlemeler ve yasalar, ekonomik faktörler sebebiyle adından sıkça söz ettiren tersine lojistik kavramının literatürde çeşitli tanımları bulunmaktadır. Pek çok araştırmacı tersine lojistiği değişik özellikleri bakımından kullanım ömürlerini tamamlamış ürünlerin müşterilerden geri dönmesi olarak tanımlar. Tersine lojistik yaşam sürelerini tamamlamaları nedeniyle kullanım olanağı kalmayan ya da kalitesizlik, teknolojik yetersizlik, demode olma, ürün geri çağırma ile garanti ve satış sonrası hizmet gibi nedenlerle iade edilen ürünlerin, tüketim noktalarından toplanması, muayene edilmesi ve o ürünlere değer eklenerek ya da eklenmeden ekonomiye yeniden kazandırılması çalışmalarını kapsamaktadır [6].

Tersine lojistik kapsamında ömrünü veya işlevini tamamlamış, fazladan veya hatalı üretilen, garanti kapsamında bozulan, iade edilen veya kullanıcılar tarafından istenmeyen malzeme, parça, ürün ve atıkların yönetimi ve geri kazanımı ele alınmaktadır. Bugünün gelişmiş pazarlarında ürün çeşitliliğinin artması, üretim maliyetlerinin yükselmesi ve ürün kullanım ömrünün kısalması nedeniyle, ürünlerin tüketiciden üreticiye doğru geri dönüş hareketleri, diğer bir deyişle tersine akışları, kaçınılmaz hale gelmiştir. Tersine lojistik ürünlerin veya malzemelerin tüketim noktalarından üreticilere doğru ilerleyişi ve geri kazanımı ile ilgili tüm operasyonları kapsamaktadır.

Fleischmann ve diğerleri göre tersine lojistik, geleneksel tedarik ağı yönünün tersine işleyen, nihai ürünlere yeniden değer katma ya da bertaraf operasyonlarını içeren planlama, uygulama ve kontrol operasyonlarının etkili ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesidir [6]. Fleischmann ve diğerleri tersine lojistik sürecini şu şekilde özetlemiştir: Kullanılmış ürünlerin toplanması, sınıflandırma ve ayrıştırma yöntemlerini kullanarak toplanan ürünlerin tasnif edilmesi ve yıpranma durumlarının belirlenmesi, muayenelerinin yapılması, ürünlerin geri kazanım operasyonlarından geçerek yeniden değer kazandırılması, ekonomik veya teknolojik nedenlerden dolayı geri kazanımı yapılamayan, hurdaya çıkmış ürünlerin bertaraf edilmesi, geri kazanılan kullanılmış ürünlerin ileri akışa yeniden dâhil edilmesidir.

Tersine lojistik genellikle “atık yönetimi” kavramıyla beraber anılmaktadır. Coyle ve

Bardi, atık yönetimini atığın kaynağından ayrı toplanması, geçici depolanması, geri kazanılması, taşınması, bertarafı ve bertaraf işlemleri sonrası kontrolü ve benzeri işlemleri içeren bir yönetim biçimi olarak tanımlamıştır. Tersine lojistik, atık yönetimindeki tüm lojistik operasyonlarını kapsamaktadır [7].

## **2.1. Tersine Lojistik Uygulanma Sebepleri**

Uzun yıllar tedarik zinciri ham maddeden son kullanıcıya doğru olan faaliyetlerle ilgilenmiştir. Son zamanlarda ise ürünlerin çeşitliliğinin artması, ekonomik sebepler, yasal zorunluluklar, üretim maliyetlerinin artması, kullanıcıların çevreye olan duyarlılığının artması, ürün kullanım ömürlerinin kısalması gibi nedenlerden ötürü firmalar, tedarik zincirlerinde ürünlerin tüketiciden üreticiye geri dönüş hareketlerine de oldukça önem vermeye başlamışlardır.

Bu bölümde kullanılmış ürün göndericileri ve kullanılmış ürün alıcıları tarafından tersine lojistik aktivitelerinin uygulama sebeplerinden bahsedilmektedir.

### **2.1.1. Kullanılmış ürün göndericileri tarafından**

Tersine lojistik ağlarında ürün geri dönüşleri üç gruba ayrılır. Bunlar üretici geri dönüşleri, dağıtıcı geri dönüşleri, tüketici/kullanıcı geri dönüşleridir. Ürünlerin tüketiciler, üreticiler ve dağıtımını sağlayanlar tarafından geri gönderilmelerinin çeşitli nedenleri vardır. Bu nedenlerden bazıları aşağıda sıralanmıştır [8].

#### Üreticiden geri dönenler

Ürünlerin üretimi sırasında meydana gelen geri dönüşlerdir. Üretim esnasında kalite kontrol aşamasında ayrılan hatalı parçalar, fazla üretilen ürün miktarları, artık hammadde geri dönüşleri, kalite kontrolden geçmemiş yarı mamuller üreticiler tarafından iade edilmektedir.

#### Dağıtıcıdan geri dönenler

Ürünlerin dağıtım aşamasında geri gönderilen ürün veya parçalardır. Satılmayan ürünler,

taşımalar sırasında kullanılan konteyner, palet ve kutular, mevsimsel trende sahip olan ürünlerin stok ayarlamaları esnasındaki ürünler, hatalı ve bozuk parçalar iade edilmektedir.

### Tüketiciden geri dönenler

Ürünlerin son kullanıcılara teslim edildikten sonra çeşitli nedenlerle geri gönderilmesidir. Garanti kapsamında olan ürünler, değişimi yapılacak olan yedek parçalar ve kullanımı son bulmuş olan ürünler iade edilmektedir.

### **2.1.2. Kullanılmış ürün alıcıları tarafından**

Günümüzde ekonomik nedenler, yasal zorunluluklar ve çevresel sorumluluklar gibi etkenler, kullanılmış ürün alıcılarının tersine lojistik uygulamalarına göstermiş olduğu ilgiyi arttırmaktadır. Bu nedenler ayrıntıları ile beraber aşağıda açıklanmaktadır.

### Ekonomik nedenler

Tersine lojistik uygulamaları ile firmalar maliyetlerini azaltabilmektedirler, bu da ekonomiye büyük katkı sağlamaktadır. Dowlatshahi de, Tersine lojistik uygulamalarının maliyetleri azalttığını göstermiştir. Çalışmasında, geri kazanım yöntemlerinden biri olan yeniden üretim işlemiyle hammadde ihtiyaçlarını geri dönüştürülen ürünlerden elde ederek maliyetlerin azaltılabileceğini ortaya koymuştur [9]. Örneğin, yüksek kaliteli yazıcı ve yazıcı yazılımları konularında uzman bir firma olan Xerox, 1997 yılında ömrünü tamamlamış ürünleri müşterilerden geri toplayarak üretim maliyetlerinden 80 milyon dolar tasarruf elde etmiştir [10]. Bunun yanında, etkili uygulanan tersine lojistik yönetimi şirketlere direkt veya dolaylı yollarla birçok kazanç sağlamaktadır. Tersine lojistik yönetimini uygulayan şirketlerin direkt kazanımları arasında; ham madde ve yatırım maliyetlerinin azaltılması, depolama ve dağıtım giderlerinin düşürülmesi, parça toplayıcılara ve sektördeki rakiplerine karşı rekabetçi öncelik kazanarak karlılık oranlarının artırılması gelmektedir. Geri kazanımın şirketlere dolaylı olarak kazandırdığı yararlar arasında ise firmanın doğa dostu imajı geliştirerek müşteri ilişkilerini kuvvetlendirmesi örnek verilebilir.

### Yasal zorunluluklar

Giderek artan nüfus, bir yandan atık miktarının artmasına diğer yandan da arazi kapasitelerinin dolmasına, doğal kaynakların azalmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle pek çok ülkede firmalara ürettikleri ürünlerin geri kazanımı konusunda yasal yaptırımlar uygulanmakta, firmalar yönetmeliklerle kendi atıklarının bertarafından sorumlu tutulmaktadırlar. Bunun yanında üreticiler, tüketicilerden belirli miktarda kullanılmış ürün toplamak zorunda bırakılmaktadır. Örneğin, Hollanda da trafik kazalarında zarar görmüş araçların %90'ının geri kazanımını sağlayacak bir sistem uygulanmaktadır. Özellikle Avrupa Birliği, çevresel etkilerin en alt seviyeye indirilebilmesi için “yeşil yasaların” geliştirilmesi ve uygulanmasına önem vermektedir. Almanya’da 1991 yılında yürürlüğe giren Alman Atık ve Paketleme Yasası kapsamında, üreticiler ve perakendeciler paketleme atıklarının en az %60-%75’ini geri dönüştürmek zorundadırlar [11].

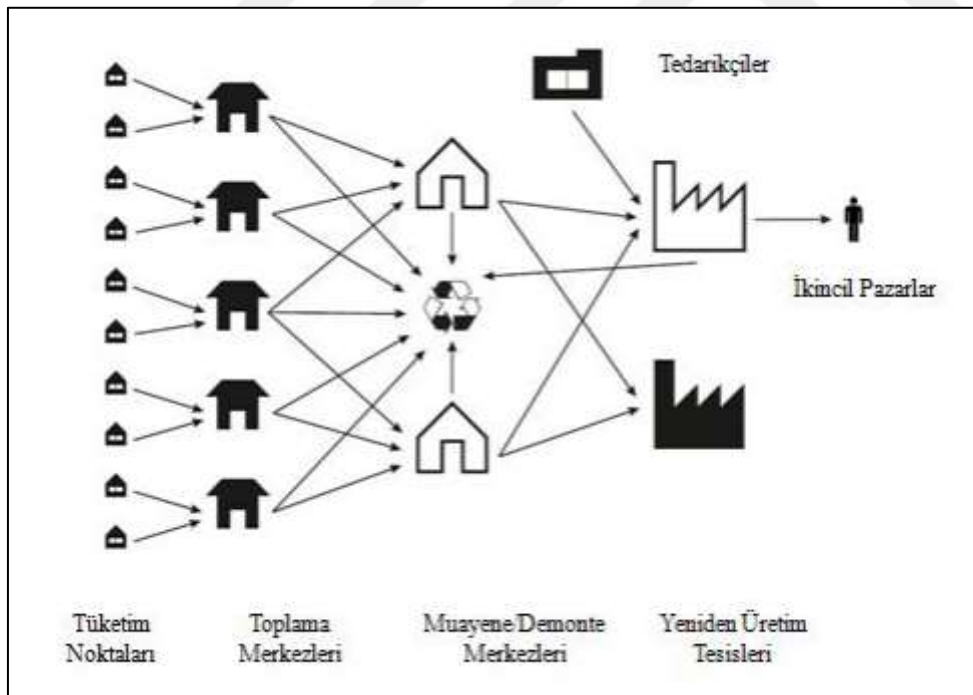
### Çevresel sorumluluklar

Gittikçe artan çevre bilinci tersine lojistik aktivitelerine verilen önemin artmasını sağlamıştır. Tüketiciler artık daha bilinçli seçimler yapmaya başlamışlardır. Örneğin, çok daha pahalı olmasına rağmen süpermarketlerden geri dönüştürülebilir torbaları satın almayı tercih etmektedirler. Son zamanlarda insanların çevreye olan duyarlılığının bu denli artması, firmaları geri kazanım konusuna önem vermeye, daha fazla çevresel ve sosyal sorumluluklar almaya teşvik etmiştir. Örneğin, geri kazanımla atık malzemelerin ham madde olarak kullanılması, etkin bir tersine lojistik ağ tasarımı ile kaynakların etkin kullanılması, çevre kirliliğini önleyici unsurlardan biridir.

Doğal kaynaklarımızın azalması, ürün ve malzemelerin geri kazanılmasını bir zorunluluk haline getirmiştir. Artan nüfus yoğunluğunun neden olduğu doğal kaynakların azalmasının önüne geçebilmek için, tüketilen madde veya ürünlerin geri kazanılması gerekmektedir. Bu sayede amaç, insan nüfusunun artması ile artan tüketimin doğal dengeyi bozmasının önüne geçilmesidir. Atık malzemelerin ham madde olarak kullanılması çevre kirliliğinin engellenmesi açısından da önemlidir. Örneğin atık kağıtların tekrar kullanılması hava kirliliğini %74-94, su kirliliğini %35, su kullanımını ise %45 oranında azaltabilmektedir [12].

## 2.2. Tersine Lojistik Ağları

Tersine lojistik ağının ilk basamağı tüketiciler, müşteriler ya da atıkları meydana getiren tüketim noktalarıdır. Bu ürünler veya atıklar, müşteriler, tüketiciler tarafından toplama merkezlerine bırakılabilir. Bunun dışında ürünler veya atıklar, belediyeler, üreticiler, perakendeciler ya da anlaşmalı bir firma aracılığı ile de tüketicilerden toplanabilir. Toplanan atıklar, ürünler, toplama merkezlerinde sınıflandırılır ve depolanır. Daha sonra, bu ürünler veya atıklar geri dönüşüm merkezlerine ya da muayene işlemlerinin yapıldığı tesislere gönderilir. Muayenesi yapılan ürünler, uygun görülürse, yeniden üretim tesislerine satılabilir. Yapılan muayene ve kontrol esnasında yeniden üretim işlemine giremeyeceği tespit edilen ürün ve parçalar geri dönüşüme gönderilir ya da hurda olarak atılır. Üretici firmalar tarafından yeniden üretim tesisi açılma kararı alınırsa bu ürünlerin yeniden üretimde kullanılması ve ikinci el pazarlarda satılması mümkündür. Tersine lojistik ağ yapısı Şekil 2.1’de gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Tersine lojistik ağ yapısı [13]

Tersine lojistik ağları tüketim noktalarından üreticilere doğru olan toplama, muayene/demonte, sınıflandırma, yeniden üretim, geri dönüşüm, bertaraf gibi aktiviteleri ve sadece tersine yöndeki akışları içermektedir.

Tersine lojistik ağı tasarımındaki karar verme problemleri önce stratejik, sonra taktik/operasyonel problemler olarak iki ana başlıkta ele alınmaktadır [14]. Stratejik karar verme problemleri, 5-10 sene gibi uzun vadeli problemlerdir. Bu problemlere örnek olarak geri kazanım tesislerinin yerlerinin ve sayısının belirlenmesi, geri kazanım tesislerinin kapasitelerinin belirlenmesi vb. verilebilir. Bir diğeri ise taktik/operasyonel karar verme problemleridir. Bu kararlar daha kısa vadede verilen kararlardır. Yeniden üretimin planlanması ve kontrolü, üretim ile yeniden üretimin entegre edilmesi ve kaynak paylaşımı vb. bu karar verme problemlerine örnek olarak verilebilir.

Toplama merkezi, atıkların toplandığı ve cinslerine göre sınıflandırılarak ayrıldığı tesisler olarak tanımlanmaktadır [15]. Bu merkezin etkin kullanılabilmesi için toplama stratejilerinin iyi belirlenmesi ve müşteriye yakın yerlerde kurulması tersine lojistik ağı tasarımında oldukça önemlidir. Toplama merkezlerinin yerlerine ve merkezlerde kullanılacak olan toplama stratejisine doğru karar verilmesi toplanacak atık miktarlarında artışın olmasını sağlamaktadır. Bu sayede toplanan katı atıklar geri dönüşüme kazandırılarak değerlendirilip ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır.

### **2.3. Değerlendirilebilir Atıklarda Tersine Lojistik**

Değerlendirilebilir atıkların geri kazanılmasındaki tersine lojistik yaklaşımları iki başlık altında toplanabilir. Bunlar; Entegre Edilmiş Sistemler ve İlave Topla/Getir sistemleridir. Entegre toplama sistemlerinde, geri dönüştürülebilir ve değerlendirilemeyen atıkların toplanması, ortak bir yapı içerisinde gerçekleştirilmektedir. Topla/Getir sistemlerinde, geri kazanılabilir atıklar değerlendirilemeyen atıklardan tamamen bağımsız şekilde toplanır veya bizzat tüketiciler tarafından getirilir [16].

Cam, metal, kâğıt ve plastik gibi geri dönüştürülebilir malzeme oranı yüksek olan atıkların yeniden değerlendirilebilmesi için diğer katı atıklardan ayrı toplanması gerekmektedir. Ayrı bir şekilde toplanıp depolandıktan sonra geri dönüşüm merkezlerine götürülmesi için tersine lojistik ağı kurulmalıdır. Çünkü geri dönüşüm işlemleri pahalı ve teknolojik açıdan zor işlemlerdir. Ekonomik açıdan fayda sağlanabilmesi için yüksek hacimlerde gerçekleştirilmelidirler. Bu da ancak etkin bir toplama sistemi ile yapılabilir [17].

Katı atık yönetim planlarının modellenmesinde iki sistem göze çarpmaktadır. Bunlar atıkları tüketiciye “getirtme” ve tüketiciden “alma” şeklindedir. Tüketiciden alma sistemi, toplama araçlarının rotalarını, toplama sıklığını, gerekli ekipman, personel ve araç sayısını, işleme, bertaraf, depolama, yeniden kazanım tesislerini kapsayacak şekilde tanımlanır. İkinci yöntem getirtme yöntemi ise ağırlıklı olarak tüketicinin etkinliğine dayanır. Bireyler atıklarını belirli bir uzaklığı kat ederek toplama kumbaralarına, geri satın alma noktalarına, ayırma işleme merkezlerine veya atık getirme merkezlerine bırakırlar. Bu tür sistemler ise toplama merkezlerinin yeri, sayısı ve kapasite bilgilerini kapsayacak şekilde tanımlanmıştır [18].

Günümüzde katı atıkların kontrolü ile ilgili yasal düzenlemelerin, yönetmeliklerin artması ve çok daha sert kurallar içermesi kuruluşların, şirketlerin, belediyelerin, katı atık yönetimine verdiği önemin de artmasına neden olmaktadır. Bu sebeple birçok kuruluş katı atıklarını en iyi şekilde değerlendirmek için stratejiler geliştirmeye yönelmişlerdir. Bu stratejilerden en önemlisi tersine lojistiktir. Bu şekilde firmalar bünyelerinde oluşturdukları atıkları değerlendirerek, ekonomiye katkı sağlamaktadırlar.

Ayrıca Avrupa Birliği’nin Katı Atık Yönetimi konusunda göstermiş olduğu hassasiyet bu konunun önemini arttıran bir diğer unsurdur. Sürdürülebilir bir katı atık yönetimi sayesinde AB tarafından belirlenmiş olan geri dönüşüm oranı, karbondioksit salınım miktarı ile ilgili standartları sağlamak kolaylaşacaktır.



### 3. KATI ATIK VE KATI ATIK YÖNETİMİ

Katı atık sorunu ülkemizde ve dünyada önemli kent ve çevre sorunlarından birini oluşturmaktadır. Katı atıkların kontrol edilememesi durumunda çevre, insan sağlığına ve ekonomiye ilişkin birçok sorun ortaya çıkmaktadır. Katı atıklar, doğal denge üzerinde önemli etkilere neden olmaktadır. Doğaya bırakılan katı atıklar, ayrışabildiği oranla ekosisteme karışmaktadır, kolayca ayrışamayan ve ekosisteme karışamayan atıkların miktarının artması ise doğal dengeyi bozmaktadır.

#### 3.1. Katı Atıklar

Katı atık, sahibinin istemediği ancak ekonomik değeri olan ve toplumun menfaati gereği toplanıp yasalara ve mühendislik prensiplerine göre bertaraf edilmesi gereken katı maddelere denir [19].

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği [20]'ne göre, katı atık, “üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ve özellikle çevrenin korunması bakımından düzenli şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeler” şeklinde tanımlanmaktadır.

Diğer bir tanımıyla katı atık, evsel, ticari ve endüstriyel işlevler sonucu ortaya çıkan ve tüketici tarafından artık işe yaramaması nedeniyle atılan, fakat çevre ve insan sağlığı yanında diğer toplumsal faydalar nedeniyle düzenli biçimde uzaklaştırılması gereken maddelerdir [21]. Atık yönetimi literatüründe katı atık kavramı sıvı, gaz veya radyoaktif atıklar dışında kalan atıklar için kullanılsa da, bu katı atıkların yeniden üretim ve işleme sürecine sokulması nedeniyle artık daha fazla atık anlamı taşımayan katı ya da yarı katı maddeler için de kullanılmaktadır [22].

Katı atıkları yok edilmesi veya uzaklaştırılması gereken maddelerden çok geri kazanılması gereken maddeler olarak gören anlayışla atıklar, istenmeyen yerlerde bulunan kıymetli maddeler ya da yanlış zamanda yanlış yerde bulunan kaynaklar olarak da tanımlanmıştır [21].

Katı atık türleri, en genel ifade ile, insan ve çevre sağlığına etkileri bakımından, zararlı ve tehlikeli atıklar ile zararsız atıklar olmak üzere iki grupta incelenmektedir.

### Zararlı ve tehlikeli atıklar

Atıkların çevre ve insan sağığına yönelik olası olumsuz etkilerini önlemek amacıyla bertaraf sürecinde özel işlemler gerektiren biyolojik, kimyasal ve fiziksel özellikte olan zehirleyici, yanıcı-yakıcı, yok edici veya diğeri bir madde ile etkileşimi sonucu zararlı ve tehlikeli olabilen kurşun, civa, asit, reaktif atık, tarım ilaçları ve radyoaktif maddelerden oluşan atık türleridir [21].

### Zararsız atıklar

Zararlı ve tehlikeli atıklar sınıfına girmeyen organik ve inorganik atıklardır. Evsel atıklar, mutfak ve yemek atıkları, cam, karton, metal, kül, inşaat ve hafriyat atıkları, plastik atıklar bu sınıf atıklara örnek olarak verilmektedirler [21].

Katı atıklar kaynaklarına göre de farklı gruplar altında incelenebilirler [23].

### Evsel katı atık

Konutlardan atılan organik ve geri kazanılabilir maddeler ile kül, cüruf, toprak atıklarıdır. Bir başka ifade ile insanların yaşam alanı olan evlerde oluşan ve düzenli olarak uzaklaştırılması gereken katı atık sınıfıdır. Bu katı atık türleri, kağıt, plastik, ambalaj atıkları, kül cam, porselen, tekstil, yemek kaynaklı atıklardır. Normal toplama araçları ile toplanamayan ölçüdeki atıklar "iri hacimli katı atıklar" olarak tanımlanır ve bu sınıfta yer alır.

### Endüstriyel atıklar

Sanayi ve üretim tesislerinde bir operasyon sırasında veya sonrasında ortaya çıkan katı atıklara "endüstriyel katı atıklar" denir. Bu gruba ait atıkların kaynakları inşaat sektörü, hafriyat ve onarım işleri, fabrikalar, hafif ve ağır sanayi sektörü, rafineriler, kimyasal fabrikalar, ağaç sanayi, madencilik, enerji sektörü, evsel nitelikli, büro, kantin atıkları, satın alma ve satış bölümlerinden gelen iri hacimli ambalaj ve paketleme atıkları, üretimden gelen, üretime yönelik atıklardır. Bu sınıfa giren katı atık türleri, çöpler, yıkım ve onarım atıkları, bazı tehlikeli ve zehirli atıklar, hammadde atıkları, kimyasal maddeler,

döküm kumları, ara ürünler, kül ve cüruflardır [24].

#### Ticari ve kurumsal atıklar

Ticari kurumlardan ortaya çıkan atık türleridir. Çoğunlukla evsel atıklar kadar organik olmayan atıklardır. Lokanta, mağaza, büfe, okul, üniversite, askeri yerleşim, kafe, ofis, stadyum vb. ortak kullanım alanlarından toplanan atıklar bu kapsamda değerlendirilmektedir.

#### Özel katı atıklar

Tehlikeli, zararlı ve zehirli atıklar bu atık türüne girmektedir. Sanayide ve çeşitli üretim tesislerinde ortaya çıkan insan ve çevre sağlığına zarar verecek olan atık türlerini kapsamaktadır. Bu atık türüne tehlikeli madde bulaşmış ambalajlar (boya kutuları, kimyasal kapları, yağ teneke ve varilleri vb.), tehlikeli madde ile pislenmiş bez, eldiven gibi atıklar, boya ve vernik kalıntıları, atık yağlar (Motor, makine ve türbin yağları, sentetik ve mineral yağlar, emülsiyon ve solüsyonlar), organik solventler, eski piller ve aküler, pil, boya, akü ve çeşitli kimyasallar örnek verilebilir.

#### Belediyeler ile ilgili atıklar

Sokak süprüntüleri, park ya da bahçe, toptancı halleri ve plaj yerlerinden toplanan atıklar, araba hurdaları, hayvan ölüleri, su arıtma tesislerinden ortaya çıkan çamurlar bu atık türlerine verilebilecek örneklerdir.

#### Tıbbi atıklar

Araştırma kuruluşları, muayenehaneler, klinikler gibi sağlık ve tedavi merkezlerinde oluşan tüm atıklar tıbbi atıktır. Başta doktor, hemşire, veteriner, diş hekimi olmak üzere ilgili sağlık personeli tarafından oluşumları sırasında kaynağında diğer atıklar ile karıştırılmadan ayrı olarak biriktirilirler. Toplama ekipmanı, atığın niteliğine uygun olmalı ve atığın oluştuğu kaynağa en yakın noktada bulunmalıdır. Tıbbi atıkların başka atıklar ile hiçbir şekilde karıştırılmaması gerekmektedir. Kullanılmış ilaç, tıbbi malzeme, ameliyat ve tedavi sırasında oluşan atıklar tıbbi atıklara örnek verilebilir.

### 3.2. Katı Atık Yönetimi

Katı atık yönetimi, kentleri temiz tutmak için belediyeler tarafından sağlanmak zorunda olan temel hizmetler arasında yer almaktadır [25]. Kısaca katı atık yönetimi, atıkların çevreye ve yasalara uygun şekilde toplanmasını, geçici olarak depolanmasını, geri kazanılmasını, düzenli depolanmasını ve benzeri işlemlere tabi tutulmasını kapsamaktadır. Yasalara uygun olarak işleme tabi tutulmayan atıklar çevreye zarar vermektedir. Katı atık yönetiminin amaçlarından bir diğeri ise bu atıkların hammadde kaynağı olarak yeniden kullanılmasını sağlamaktır [26]. En genel ifade ile, atık yönetiminin amacı, atıkların çevre üzerindeki etkilerini en aza indirmek veya yok etmektir. Bu amaç gerçekleştirilirken depolama, yakma, azaltma, geri dönüşüm ve yeniden kullanım yöntemlerini de içeren tüm atık yönetimi teknolojileri kullanılmaktadır [23].

Katı atık yönetimi, katı atıkların toplanması, işlenmesi, tasfiyesi ve yeniden işlenerek kullanılması için gereken planlamaların tamamıdır. Atık yönetiminin çalışma alanını farklı türlerdeki atık ve çöplerin çevre ve insan sağlığına duyarlı şekilde özel teknik ve yöntemlerle değerlendirilmesi ve bertarafı oluşturmaktadır. Bu anlamda atık yönetimi, atıkların minimizasyonu, geri kazanımı, yeniden kullanım verimlilik ve istihdam artırımı yönü ile ekonomik, çevre kirliliğini önleyici yönü ile engelleyici/koruyucu özellik taşımaktadır [23].

Katı atıkların oluşumundan bertarafına kadar olan faaliyetleri belirleyen “Katı Atık Yönetimi” hiyerarşik bir düzene sahiptir. Buna göre; atıkları toplama, geri kazanım, bertaraf ve depolama işlemleri sırası ile izlenir [23].

#### 3.2.1. Katı atıkların toplanması

Katı atıkların toplanması geri kazanım sürecinin en önemli adımlarından biridir. Bu süreç ürünlerin tüketildiği anda başlamaktadır. Katı atık içindeki değerlendirilebilir bileşenler, hangi amaç ve yöntemle geri kazanılacak olursa olsun, atıkların düzenli ve ekonomik bir biçimde, belli bir yerde toplanması gerekmektedir. Bu da iyi ve detaylı bir planlama yapma ihtiyacı doğurmaktadır. Geri kazanılabilir atıkların toplanmasında iki temel yöntem bulunmaktadır: Atıkları tüketiciye “getirtme” ve bunları tüketiciden “alma”. Adından da anlaşılacağı gibi, “getirtme” yöntemi, toplayıcı açısından “pasif” bir yöntemdir ve ağırlıklı

olarak tüketicinin etkinliğine dayanmaktadır. Bireyler atıklarını belirli bir uzaklığı kat ederek toplama kumbaralarına geri satın alma noktalarına ya da ayırma, işleme merkezlerine getirirler. Tüketiciler bu eylemi gönüllü olarak veya menfaat karşılığı yapabilirler. Depozito ile geri toplama da “getirtme” yöntemlerinden biridir. Getirme yöntemleri temelde özendirici veya zorlayıcı-cezalandırıcı öğeler içerebilmektedir. Atık getirme merkezlerinin kurulması atık getirtme yöntemlerinden biri olarak kullanılabilir [18]. Toplayıcı organizasyon açısından “aktif” bir işlem olan “alma” yönteminin belirleyici olan özelliği ise bu iş için tahsis edilmiş özel araçlar ve personeli gerektirmesidir. Bunun için, özel olarak üretilmiş kaplarda, tüketici tarafından ayrı olarak biriktirilmiş atıkların evlerden ya da konteynırlardan toplanması ve toplama merkezlerine taşınması esastır. Toplama ekipleri bu ayırma işini, genel çöpün toplanması sırasında veya onunla birlikte de yapabilirler. Genellikle çöple birlikte ve karışık olarak alınan atıkların, nihai bertarafıdan önce ayıklanarak içlerinden değerli bileşenlerin ayrılması süreci “yeterince gelişmemiş aktif yöntem” olarak tanımlanmaktadır [27].

### 3.2.2. Katı atıkların geri kazanımı

Geri dönüşüm ve geri kazanım kavramları giderek iç içe geçen kavramlardır. Geri dönüşüm, kullanım ömrünün tamamlamış geri dönüştürülebilir atık malzemelerin çeşitli yöntemler ile ham madde olarak tekrardan üretim süreçlerine kazandırılmasıdır. Geri kazanım ise, geri dönüşümü de içine alan bir kavramdır. Artık kullanılmayan atıkların özelliklerinden yararlanarak içindeki bileşenlerin çeşitli kimyasal, biyolojik veya biyokimyasal yöntemler ile başka ürünlere veya enerjiye dönüştürülmesidir.

Değerlendirilebilir katı atıklar sisteme iki şekilde girmektedir. İlk olarak, kaynağında ayrıştırılan atıklar geri dönüşüm konteynerlerine atılır ve bunlar, lisanslı toplama ve ayrıştırma firmasının araçları ile toplanarak ayrıştırma tesisine taşınır. Burada ise farklı türlerdeki atıklar gruplanarak ikincil hammaddeye dönüştürülmek üzere geri dönüşüm tesislerine gönderilir. İkinci olarak, atıklar çöp konteynerlerine diğer evsel atıklar ile birlikte atılır. Biriken atıklar, belediyenin çöp toplama aracı ile toplanarak düzenli depolama alanlarına götürülür ve burada geri dönüştürülebilir atıklar diğer atıklardan ayrılarak geri dönüşüm tesislerine gönderilir. Ancak, bu süreçte bazı geri dönüştürülebilir atıkların yapısı kısmen bozulduğu için bu atıklardan elde edilen verim, kaynağında ayrıştırmaya göre çok daha düşük olarak gerçekleşmektedir. Karışık olarak toplanan atık

içerisinde geri kazanılabilir maddelerin oranı ağırlıkça yaklaşık %35-%40 paya sahiptir. Mevcut teknolojik uygulamalar ile bu atığın yaklaşık %20'si geri kazanılabilmektedir. Sistemin diğer bir bileşeni olan sokak toplayıcıları ise iki durumda da ortaya çıkmaktadır ve hem geri dönüşüm konteynirlerinden hem de çöp konteynerlerinden topladıkları ambalaj atıklarını yasadışı olarak hurdacılara satmaktadır. Bu yüzden, sokak toplayıcılarının da etkisi ile bu oran %50 daha azalarak %10'a düşmektedir [28].

### **3.2.3. Katı atıkların bertarafı**

Katı atık yönetiminde en önemli unsurlardan biri atıkların toplandıktan sonra bertaraf edilmesidir. Katı atık yönetiminin temelini oluşturan bu bertaraf yöntemleri katı atıkların özelliklerine bağlı olduğu gibi, Belediyelerin ve katı atıklardan sorumlu olan birimlerin konuyla alakalı yaklaşımlarına da bağlıdır. Katı atıkların imhası ve işleme aşamalarında kullanılan yöntemler depolama, kompostlama, geri kazanım, yakma ana başlıklarında gruplandırılmaktadır.

Bu yöntemler çevre ve insan sağlığı açısından oldukça önemlidir. Örneğin atıkların açık kaplarda biriktirilmesi kötü kokulara, salgın hastalıklara, düzensiz alanlarda toplanması toprak kirliliğine, su kirliliğine, yangınlara sebep olabilmektedir. Bu yüzden katı atıkların bertarafı için seçilen yöntemler toplum ve çevre sağlığını, ayrıca yeraltı ve yerüstü kaynaklarını olumsuz yönde etkilememelidir. [29].

Türkiye'de Kentsel Katı Atık Bertaraf Yönetimi uygulamaları çeşitlilik göstermektedir. Bu uygulamalardan yakma, kompostlama, sağlıklı ve düzenli depolama gibi modern bertaraf etme teknikleri ile birlikte ağırlıklı olarak gelişigüzel depolama ve çeşitli alıcı ortamlara bırakma gibi çevre ve insan sağlığı üzerinde zararlı sonuçlar doğurabilecek yöntemler kullanılmaktadır [30].

2012 yılında katı atık toplama ve taşıma hizmeti verilen belediyelerden toplanan 25,8 milyon ton atığın; % 37,8'i belediye çöplüğünde, % 0,4'ü açıkta yakılarak, % 0,1'i gömülerek bertaraf edilmiştir, %59,9'u düzenli depolama sahalarına, % 0,5'i kompost tesislerine götürülmüştür [31].

### 3.2.4. Katı atıkların depolanması

Evsel ve evsel nitelikli endüstriyel katı atıkların öncelikle geri kazanılması esastır. Geri kazanmanın ekonomik ve teknik olarak mümkün olmaması halinde atıklar, çevrenin sağlığının korunması, katı atık hacminin azaltılması, kısmen enerji veya kompost elde edilmesi maksadıyla termik veya biyolojik işlemlere tabi tutulur. Ancak termik veya biyolojik işlemlere elverişli olmayan atıkların veya bu işlemler sonucu yan ürün olarak ortaya çıkan atıkların depolanması zorunludur. Türkiye genelinde atıklar çöp konteynırlarına diğer evsel atıklar ile birlikte atılmaktadır. Biriken atıklar, belediyelerin çöp toplama araçları ile toplanarak düzenli depolama alanlarına götürülmektedir [23].

### 3.3. Türkiye’de Katı Atık Yönetimi

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de atıklara bağlı sorunlar her geçen gün artmaktadır. Katı atık kaynaklı sorunlar, büyük ölçüde hızlı nüfus artışı ve çarpık kentleşmenin sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Hızlı nüfus artışı, kentleşme, sanayileşme, teknolojik gelişmeler, tüketim alışkanlıklarının değişmesi ve yükselen hayat standartlarına paralel olarak atık miktarları artmakta, atık içerikleri değişime uğramaktadır. Türkiye’de 1960’lı yıllarda üretilen toplam katı atık miktarı yılda 3-4 milyon ton iken, bugün sadece evsel katı atık miktarı 23 milyon ton/yıl’dır. Geri kazanılabilir atıkların oranı ise sadece %12.07’dir. Atıkların çok büyük bir kısmı (%66) uygun olmayan bertaraf metotlarıyla ortadan kaldırılmaktadır. Atık bertarafında düzenli depolama yönteminin uygulanma oranı %33 iken, kompostlama tüm yöntemler içinde sadece %1’lik bir oran tutmaktadır [32].

Türkiye de 1991 yılında T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Tarafından yürürlüğe konulan Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği’nde [20], katı atık yönetimine ilişkin tüm idari ve teknik ayrıntılar açıklanmıştır. Düzenli depolama alanlarındaki düzenlemeler bu yönetmeliğe göre yapılmaktadır. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği’ne göre Belediyeler, çevre kirliliğini azaltmak, evsel katı atık içerisindeki değerlendirilebilir atıkları sınıflandırarak ayrı toplamak, dolayısıyla katı atık depo sahalarından azami şekilde istifade etmek ve ekonomiye katkıda bulunmak, evsel ve evsel nitelikli endüstriyel katı atıkların çevreye zarar vermeden bertarafını sağlamakla yükümlüdürler. Yine bu yönetmeliğe göre, tıbbi atıklar ile evsel atık içerisindeki geri kazanılabilir atıklar, ambalaj atıkları, atık pil ve akümülatörler, atık lastikler, elektrikli ve elektronik ekipman atıkları (EEEA) ve iri hacimli

atıklar kentsel katı atıklardan ayrı toplanmalıdır.

Katı atık yönetiminde en büyük görev belediyelere düşmektedir. Bu yükümlülükleri içeren Belediye Kanunu'na [33] göre de belediyeler, kendi sınırları içerisindeki temizlik, sağlık ve katı atık hizmetlerinin yerine getirilmesiyle yükümlüdür. Bu kanun, Katı Atık Yönetmeliği'nde de olduğu gibi, katı atıkların toplanması, taşınması, kaynağında ayrılması, geri dönüşümü, bertarafı ve depolanmasıyla ilgili tüm hizmetlerin bizzat yapılması veya yaptırılmasından belediyeleri sorumlu tutmaktadır.

Belediyeler, hizmet alanlarında oluşan inşaat atıklarının geri kazanımı/depolanması ve bertarafı için bir yönetim planı hazırlamakla ve geri kazanım/depolama tesisleri için alan göstermekle yükümlüdür. Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'ne [34] göre yapılacak olan bu tesisleri belediyeler kendileri kurabilecekleri gibi, kurulum için özel kurumlara lisans da verebilirler.

### **3.4. Avrupa Birliği'nde Katı Atık Yönetimi**

Türk mevzuatında olduğu gibi AB mevzuatı da katı atık yönetimi alanında pek çok direktif içermektedir. bölgesel atık yönetim stratejisi oluşturulurken, söz konusu mevzuat içerisindeki Düzenli Depolama Direktifi ve Ambalaj ve Ambalaj Atıkları Direktifi, üzerinde durulması gereken iki temel direktiftir. AB mevzuatında yer alan ve Katı Atık Yönetimine ilişkin hedefleri içeren “AB Sürdürülebilir Kalkınma Stratejisi”nin genel hedefi, yenilenebilir olmayan doğal kaynakların ve hammaddelerin; kaynak verimliliğinin artırılmasıyla yenilenebilir doğal kaynakların yeniden oluşma kapasitelerini geçmeyecek bir hızda kullanılmasıdır. “AB Sürdürülebilir Kalkınma Stratejisi”nin hedeflerinden biri ise yaşam döngüsü kavramını uygulayarak, katı atık yönetim süreçlerinden olan yeniden kullanım ve geri dönüşümü teşvik etmek, doğal kaynakların verimli kullanımını artırmak ve atık üretimini önlemektir. AB politikalarında özellikle AB Sürdürülebilir Kalkınma Stratejisi, 6. ve 7. Çevre Eylem Planı (ÇEP) ile kaynak kullanımı, kaynak verimliliği ve atığa verilen önem artmıştır. Avrupa 2020 Stratejisinin kaynakların sürdürülebilir kullanımı ve sürdürülebilir büyüme hedefi ile atık geri dönüşümünün arttırılması, “Kaynak Verimli Avrupa” belgesinde de ele alınmaktadır [1].

Avrupa Birliğinin giderek daha fazla önem verdiği çevre konusu, AB Müktesebatının en

kapsamlı bölümünü oluşturmaktadır. Bu bölümde 300 kadar tüzük ve direktif yer almaktadır. Müktesebatla çevre konusunda benimsenen temel ilkeler, çevre korumanın diğer tüm Topluluk politikalarına entegrasyonu, tüm AB Kurumlarının yüksek düzeyde çevre korumasını hedeflemeleri, ciddi şüphe durumunda kesin kanıt aranmaksızın önlem alınması, zarar tam olarak ortaya çıkmadan zararın önlenmesi, çevresel zararın öncelikle kaynağında önlenmesi ve “kirleten öder” ilkesidir [35].

AB atık yönetimi politikalarının temelinde atık yönetimi hiyerarşisi ve üretim sorumluluğu ilkesi bulunmaktadır. Hiyerarşide ilk öncelik, atıkların üretim aşamasında önlenmesi ve atık miktarının ve tehlikelilik düzeyinin azaltılmasıdır. Atıkların yeniden kullanım, geri dönüşüm ve enerji elde etme yoluyla geri kazanılması ikinci, geri kazanım olanağı olmayan atıkların çevreye zarar verilmeksizin yakılması ya da güvenli depolanması da son basamağı oluşturmaktadır [35].

Üretici sorumluluğu ilkesi ise, “kirleten öder” prensibinin bir yansıması olan atıklardan kaynaklanan her türlü maliyetin atık üreticileri tarafından karşılanmasıdır. Diğer ilkeler ise, topluluk ve üye ülke düzeyinde kendine yeterli, uygun teknolojilerden en ekonomik olanların kullanılması ve atıkların kaynağına mümkün olan en yakın alanda bertaraf edilmesidir [35].

Avrupa Komisyonu; geri dönüşüm ve depolanma konusunda öncelikli 4 atık alanı belirlemiştir. Bunlar ambalaj atıkları, ömrünü tamamlamış araçlar, atık pil ve akümülatörler ve elektronik atıklardır. Ayrıca yeni AB Atık Çerçeve Direktifinde daha uzun vadeli hedefler belirlenmiştir. Bu yeni hedefler ise şöyle sıralanmaktadır: 2015 yılında tamamen ayrı toplama (en azından kağıt, plastik, metal ve cam için), 2020 yılına kadar da evsel ve benzer atıklarda (kağıt, plastik, metal ve cam) %50, inşaat ve yıkıntı atıklarında (toprak ve taş hariç) %70 geri dönüşüm oranına ulaşmaktır.

Son istatistiklere göre AB, atık yönetiminde önemli bir gelişme kaydetmiştir, fakat AB'nin stratejilerinde yer alan “geri dönüştüren bir toplum” olması hedefi için daha fazla çabaya ihtiyaç vardır. Atıklara yönelik projeksiyonlar, ek hiçbir önlem alınmaması durumunda, atıkların 2008 yılına göre 2020 yılında %7 artacağını göstermektedir [1].

AB Çevre Müktesebatını oluşturan direktiflerden 14 tanesi doğrudan atık yönetimini

düzenlemektedir. Bu direktiflerin ikisi sadece üye ülkeler için bağlayıcı olmakla beraber, diğer direktiflere aday ülkelerin de mevzuatlarını uygun hale getirmeleri gerekmektedir. Direktifler genel olarak üye ülkeler için hükümler ifade etmektedir. Ancak, aday ülke statüsü nedeniyle Türkiye için de uyum yükümlülüğü bulunan bu düzenlemeler, üye ülkeler için olduğu kadar, ülkemiz için de ağır sorumluluklar getirmektedir. Bu direktiflerden biri olan Düzenli Depolama Direktifi, atıkların düzenli depolanmasıyla ilgili teknik koşulları tanımlayarak, atık depolama faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkilerini mümkün olduğunca ortadan kaldırmayı ya da azaltmayı amaçlamakta; atıkların düzenli depolanması için yerleşim, tasarım, gözetim ile ilgili genel koşulları belirlemektedir. Direktif, üye ülkeler için depolanacak biyolojik olarak ayrışabilir kentsel atıkların azaltılması amacıyla, bu atıkların depolanacak miktarının, 1995 yılındaki miktarlar esas alınmak suretiyle 2006 yılında %75, 2009 yılında %50 ve 2016 yılında %35 oranına indirilmesini hedeflemiş, bu hedefleri gerçekleştiremeyen üyeler için ağır cezalar öngörmüştür. Hedeflerin gerçekleştirilebilmesi için öncelikli olarak, evsel atıklarla beraber depolama alanlarına gönderilen sıkıştırılabilir oranları düşük geri kazanılabilir atıkların kaynağından ayrı toplanması gerekmektedir [35].

#### 4. ELE ALINAN PROBLEM

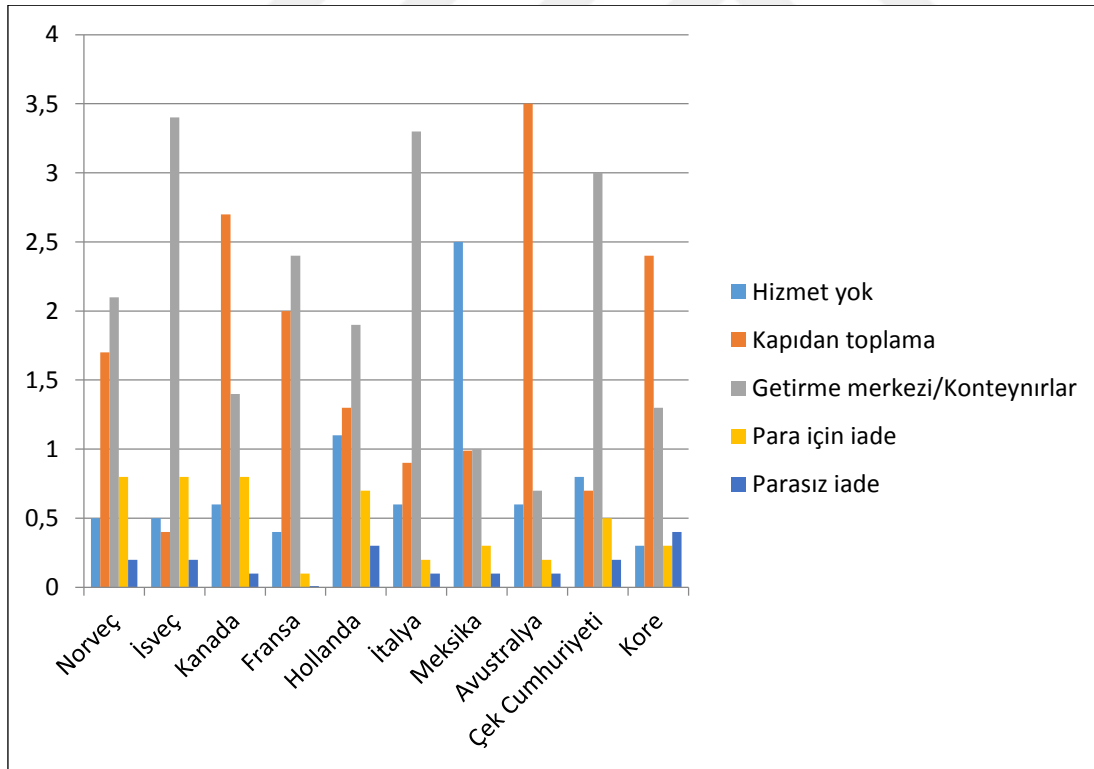
Bu çalışmada Çankaya İlçe Belediyesi için kurulacak atık getirme merkezlerinin yer seçim problemi ele alınmıştır. Bu problem, atıkların kaynağından ayrı toplanmasının sağlanarak geri dönüşüm oranlarının yükselmesini ve daha temiz bir çevrenin oluşmasını hedefleyen Avrupa Birliğine aday ülkelerden beklenen düzenlemeler arasında yer almaktadır. Bu düzenlemeler, aynı zamanda çevreye ve ülke ekonomisine de katkı sağlayacağı için oldukça önemlidir [2]. Ayrıca bu merkezler pek çok ülkede, en çok geri dönüşüm malzemesinin toplandığı yerler arasında yer almaktadır.

AB'nin beklentileri doğrultusunda yapılması planlanan düzenlemeler yeni yönetmelikler, kanunlar ve yasalar ile belirlenmektedir. 5491 sayılı "2872 sayılı Çevre Kanunu'nda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun"'a, 5216 sayılı "Büyükşehir Belediyesi Kanunu"'na ve 5393 sayılı "Belediye Kanunu"'na göre; Belediye ve mücavir alan sınırları içinde belediyeler, bu alanlar dışında ise mahalin en büyük mülki amiri; evsel ve evsel nitelikli endüstriyel katı atıkların çevreye zarar vermeden bertarafını sağlamak, çevre kirliliğini azaltmak, düzenli depolama sahalarından azami istifade etmek ve ekonomiye katkıda bulunmak amacıyla, evsel katı atıklar içindeki değerlendirilebilir katı atıkları sınıflandırarak ayrı toplamak ve bunlarla ilgili tedbirleri almakla yükümlüdürler [1]. Bu yasa gereği de mevcut yapılan toplama işlemlerine ek olarak belediyeler tarafından belirlenecek noktalarda atık getirme merkezlerinin kurulması zorunluluk haline getirilmiştir. Bununla birlikte Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından "Atık Getirme Merkezi Tebliğ Taslağı" yayınlanmıştır [36]. Bu tesisler, 2014 yılında yayınlanan bu yönetmelikte belirtilen niteliklere sahip olarak en az iki yıl içerisinde kurulmak zorundadır.

Atık getirme merkezleri, geri kazanılabilir atıkların diğer atıklarla karıştırılmadan kaynağında ayrı toplanmasının sağlanması ve geri kazanım ve/veya bertarafa gönderilmek üzere bırakılması amacıyla vatandaşlara hizmet vermek için tasarlanan tesislerdir. Sürdürülebilir bir katı atık yönetim sisteminin kurulabilmesi amacıyla atıkların ayrı toplanmasını sağlamak temel hedeftir [36]. Atık getirme merkezlerinin diğer bir hedefi de tüm kamusal alanlar gibi halka hizmet vermektir. Belediyeler kendi mülkiyetlerindeki kamusal alanlar arasından uygun olanlarını belirlemek ve en kısa sürede bu tesisleri kurup hizmete açmakla yükümlüdürler.

#### 4.1. Atık Getirme Merkezlerinin Etkinliği

Ülkeler arasında geri dönüşüm faaliyetlerinde kullanılan toplama yöntemleri farklılıklar göstermektedir. Bunlar; kapıdan kapıya toplama, atık getirme merkezleri veya konteynırlar, geri ödeme ile dönüşüm, geri ödemesiz dönüşümdür. Atık getirme merkezleri ise pek çok ülkede, en çok geri dönüşüm malzemesinin toplandığı yerler arasında yer almaktadır [37]. ABD’de 12000 atık getirme merkezi ve 9000 kaldırım konteynırı bulunmaktadır [38]. ABD’de 1998 yılından bu yana çok yaygın olarak kullanılan atık getirme merkezleri Türkiye’de oldukça az sayıdadır. Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütüne üye 11 ülke için, kapıdan kapıya toplama, atık getirme merkezleri veya konteynırlar, geri ödeme ile dönüşüm, geri ödemesiz dönüşüm yöntemleri ile elde edilen geri dönüşümlü malzeme miktarları Şekil 4.1’de gösterilmektedir. Grafikten de anlaşılabileceği gibi bu ülkelerin çoğunda atık getirme merkezleri ve konteynırlar en çok geri dönüştürülebilir atık toplayan yöntemlerdir [37].



Şekil 4.1. Çeşitli toplama yöntemlerine göre ülkelerin toplayabildikleri ortalama geri dönüştürülebilir ürün miktarları [37]

Saphores ve diğerleri, atık getirme merkezi ile kaldırım konteynır programları kıyaslandığında bu merkezlerin daha az maliyetli olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca atık

getirme merkezlerinin uygulamasının geri alma programlarından ve üreticiyi de dahil eden benzer programlardan daha hızlı olduğunu söylemiştir [39]. Tiller, atık getirme merkezlerinin işçilik ve taşıma maliyetlerinden tasarruf sağladığını, bu yüzden uygulamasının kolay olduğunu söylemiştir. Çünkü bu toplama yönteminde bu maliyetlerin hepsi geri dönüşüm firmalarına yüklenmektedir. Ayrıca, yaptığı çalışmalarda kenar mahallelerde yaşayan insanların atık getirme merkezlerine karşı ılımlı olduğunu göstermiştir [40]. Sidique ve diğerleri, atık getirme merkezlerinin etkinliğini arttırmak amacı ile ulaşımın kolay olacağı yerlere konulması ve atık getirmeye özendirmek için fiyatlandırma yapılmasının geri dönüşüm oranlarını arttıracaklarını belirtmiştir [41]. Başka bir çalışmada Sidique ve diğerleri, atık yönetiminden sorumlu birimlerin, belediyelerin ve çıkarılan yönetmeliklerin atık getirme merkezlerinden en yüksek oranda verim alabilmeleri için tesisin kurulacağı yeri ve kurulacak merkezlerde toplanacak atık türlerini, çalışma saatlerini, alanın ve merkezin dış özelliklerini iyi belirlemeleri gerektiğini vurgulamışlardır [38].

#### **4.2. Atık Getirme Merkezlerinin Tipleri Ve Özellikleri**

2014 yılının Aralık ayında yayınlanan Atık Getirme Merkezi Tebliğ Taslağı'nda [36] üç tip merkezden söz edilmektedir. Kurulabilecek en küçük merkez 3. sınıf merkez olarak adlandırılır. Satış noktalarına kurulması gereken bu merkezlerde Çizelge 4.1'de gösterilen ilk 5 tip atık grubu toplanmaktadır. 2. sınıf atık getirme merkezleri ise alışveriş merkezlerine kurulabilirler. Bu merkezlerde ilk 5 tip atık grubu zorunlu olarak toplanmaktadır, diğer atık gruplarından ise üç grubun seçmeli olduğu toplamda en az 7 grup atığın biriktirilmesi zorunludur. Bu çalışmada ilgilenilen atık getirme merkezleri 1. sınıf merkezlerdir. Bu merkezlerde Çizelge 4.1'de gösterilen atık türlerinin tamamı toplanmaktadır.

Atık Getirme Merkezi Tebliğ Taslağı'na [36] göre bu merkezlerin asgari sağlaması gereken şartlardan en önemlilerinden biri vatandaşların kolay ulaşabileceği konumda olmasıdır. Dolayısıyla, kuruluş yeri seçilirken dikkate alınması gereken amaçlardan bir tanesi bu olmalıdır.

Çizelge 4.1. Atık getirme merkezinde toplanacak atık listesi

| Atık Grubu | Atık Listesi                                                                                                       |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1          | Kağıt ve karton ambalaj                                                                                            |
|            | Kompozit ambalaj                                                                                                   |
|            | Kâğıt ve karton                                                                                                    |
| 2          | Plastik ambalaj                                                                                                    |
|            | Plastikler                                                                                                         |
| 3          | Metalik ambalaj                                                                                                    |
|            | Metaller                                                                                                           |
| 4          | Cam                                                                                                                |
|            | Cam ambalaj                                                                                                        |
| 5          | Ahşap ambalaj                                                                                                      |
|            | Diğer ahşaplar                                                                                                     |
| 6          | Tekstil ambalaj                                                                                                    |
|            | Giysiler                                                                                                           |
|            | Tekstil ürünleri                                                                                                   |
| 7          | Kurşunlu piller                                                                                                    |
|            | Nikel kadmiyum piller                                                                                              |
|            | Civa içeren piller                                                                                                 |
|            | Alkali piller                                                                                                      |
|            | Diğer piller ve akümülatörler                                                                                      |
|            | Kurşunlu piller, Nikel kadmiyum piller, Civa içeren pilleri içeren sınıflandırılmamış karışık pil ve akümülatörler |
|            | Üsteki maddeler dışındaki pil ve akümülatörler                                                                     |
| 8          | Flüoresan lambalar ve diğer civa içeren atıklar                                                                    |
| 9          | Kloroflorokarbonlar içeren ıskartaya çıkartılmış ekipmanlar                                                        |
|            | Tehlikeli parçalar içeren ve ıskartaya çıkartılmış ekipmanlar                                                      |
|            | Üstteki maddeler dışındaki ıskarta elektrikli ve elektronik ekipmanlar                                             |
|            | Pilsiz çalışan tek kullanımlık fotoğraf makineleri                                                                 |
|            | Kurşunlu, nikel kadmiyum ve civa pilleri ile çalışan tek kullanımlık fotoğraf makineleri                           |
|            | Diğer piller ile çalışan tek kullanımlık fotoğraf makineleri                                                       |
| 10         | Sitotoksik ve sitostatik ilaçlar                                                                                   |
|            | Diğer ilaçlar                                                                                                      |
| 11         | Yenilebilir sıvı ve katı yağlar                                                                                    |
|            | Diğer sıvı ve katı yağlar                                                                                          |
| 12         | Hacimli atıklar                                                                                                    |

Atık yönetim sisteminde üretilen atık miktarının azaltılması, atıkların kaynakta ayrı toplanması, yeniden kullanımı, geri dönüşümü, geri kazanımı ve bertaraf edilmesi esastır. Ülkemizde ise atık toplama ve geri dönüşüm oranları oldukça düşüktür. AB üyeliği sürecinde atık toplama oranı % 30'dan %40'a çıkmış olmasına rağmen AB ülkelerine kıyasla bu oran hala azdır ve giderek artırılması amaçlanmaktadır. 2020 yılında ise geri dönüşüm oranının % 60'ın üzerinde olması hedeflenmektedir [42]. Atık getirme merkezlerinin kurulması bu hedeflere ulaşılması açısından önemlidir.

## 5. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatür incelendiğinde, yer aldıkları sektörden bağımsız olarak tesis yeri seçim problemleri için yöneylem araştırmasının iki ana dalı etkin çözüm yolları sunmaktadır. Bunların ilki; matematiksel modellemedir. Tesis yeri seçimi için oluşturulan matematiksel modeller, tesislerin hangi bölgelere kurulacaklarını ve hangi müşterilerin hangi tesislerden hizmet ya da ürün alacaklarını tespit eder. Tesis yeri seçimi problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılan ve amaç, kriterler, alternatiflerden oluşan hiyerarşiyi dikkate alan diğer bir yaklaşım ise; Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleridir. ÇKKV yöntemleri, genellikle çeşitli ölçütlere dayanarak aday yerlerden hangisi ya da hangilerine tesis kurulması gerektiğini ortaya koyar [43]. Bu nedenle, tez kapsamında ele alınan yer seçim problemleri ile ilgili literatür iki ana başlık altında toplanmıştır. İlk bölümde tersine lojistik ağı içerisindeki toplama/getirme merkezleri ve geleneksel tesis yer seçimi çalışmalarında matematiksel modellemeyi kullanan çalışmalara yer verilecektir. İkinci bölümde ise tesis yer seçiminde ÇKKV yöntemlerini kullanan çalışmalardan bahsedilecektir.

### 5.1. Tesis Yer Seçiminde Matematiksel Modelleme

Literatürde tesis yer seçim problemine matematiksel modelleme tekniği ile yaklaşan bir çok çalışma vardır. Bu çalışmalardan son on yıla ait olanlar aşağıda verilmiştir.

Barros ve diğerleri, farklı türdeki inşaat atıkları için deterministik, tek dönemli ve iki kademeli ağ tasarımı problemini modellemiştir. Kurdukları model, kapasite kısıtlı toplama merkezlerinin ve geri kazanım tesislerinin yerlerine karar vermektedir. Problemin amacı, atıkların toplanması sırasında oluşacak maliyeti minimize etmektir. Model, LP gevşetmeleri yapılarak sezgisel olarak çözülmüştür. Problem, güncel hayata dair bir tesis yer seçimini ele almaktadır [44].

De Figueiredo ve Mayerle hem belediyelerin açacağı toplama merkezlerinin yerlerine hem de geri dönüşüm için toplanan ürün miktarlarını arttırmak için verilecek teşviklerin miktarına karar vermişlerdir. Çalışmadaki amaç, toplanan atık miktarlarını arttırırken, devlete olan maliyetini minimize etmektir. Kurulan model, doğrusal olmayan bir modeldir ve çözümü için “Teitz ve Bart” sezgiseli kullanılmıştır [8].

Sidique ve diğerleri, Rastgele Fayda Modeli (Random Utility Model) ile bu merkezlerin ziyaretinde kabul edilen atık türü sayısı, çalışma saatleri ve merkezlerin yerinin etkisini incelemişlerdir. Bu çalışma, atık getirme merkezlerine ulaşım maliyetlerinin insanlara yüklenmesinin bu merkezlere olan talebi düşürdüğü varsayımı altında yapılmıştır. Merkezlere uzaklığı 5 mil'den fazla olan insanların merkezleri kullanım oranlarının uzaklık ile doğru orantılı olarak düştüğü gösterilmiştir. Çalışmadaki asıl amaç, daha fazla ziyaret edilen ve daha fazla atık toplayabilen tesisler kurmaktır [38].

Jayaraman ve diğerleri, tehlikeli atıkların tersine lojistiğinde etkin stratejiyi belirleyebilmek için bir karışık tam sayılı model önermişlerdir. Bu tehlikeli atıklar önce toplama merkezlerine sonra da yenileme merkezlerine taşınmaktadır. Modelin amacı, tehlikeli atıkların akışına ilişkin açılacak toplama ve yenileme merkezlerinin sayısını ve yerini belirlemektir. Bu çalışma literatüre iki önemli katkı sağlamaktadır. Bunlardan ilki, matematiksel modelin çözümünü kolaylaştıracak, modelin zayıf ve güçlü versiyonlarının geliştirilmesidir. İkincisi de 100 perakende satış noktası, 40 potansiyel toplama merkezi ve 30 potansiyel ürün yenileme merkezi için geliştirilen üç aşamalı sezgisel yöntemdir [45].

Fleischmann ve diğerleri, toplama ve depolama merkezlerinin yerlerine karar veren tek ürünlü kapasite kısıtsız bir model önermişlerdir. Toplanan atık miktarına ulaşamadığında bir ceza katsayısının hesaba katıldığı bu modelde asıl amaç maliyeti en küçükmektir. Problemin çözümünde CPLEX ticari çözücüsü kullanılmıştır [6].

Cruz-Rivera ve Ertel, ömrünü tamamlamış araçlar için kapalı döngü bir tedarik zinciri modeli geliştirmişlerdir. Bu model kapasite kısıtsız bir tesis yer seçimi modelidir. Çalışmada Meksika'da kurulacak olan toplama merkezleri için tesis yer seçimi yapılmıştır. Modelde, ürünlerin toplama miktarları değiştirilerek 3 farklı senaryo incelenmiştir [46].

Perez-Salazar ve diğerleri, polietilen tereftalat atıklarının toplanması amacı ile kurulacak olan toplama merkezi için yer belirlemeye çalışmışlardır. Problemi karışık tam sayılı matematiksel bir model olarak tanımlamışlar ve çözümü için genetik algoritma geliştirmişlerdir [47].

Perez-Salazar ve diğerleri, katı atık yönetimindeki eksiklikler nedeni ile artan polietilen tereftalat atıklarının sebep olduğu çevre kirliliğini ortadan kaldırmak için kurulması

planlanan atık toplama tesislerinin yer seçim problemini ele almışlardır. Çalışmalarında, iki aşamalı, çok kaynaklı, kapasite kısıtsız bir yer seçim modeli tanımlamışlar ve yeniden kullanım pazarlarındaki talep noktalarına hizmet sağlamak için sistemin toplam maliyetini minimize etme amaçlı karışık tam sayılı bir model kurmuşlardır. Problemden talepler belirsiz kabul edilmiş ve çözüm için bir genetik algoritma geliştirilmiştir [48].

Aras ve Aksan, açılacak toplama merkezlerinin yerlerine karar veren karışık tam sayılı doğrusal olmayan bir model sunmuşlardır. Modelin amacı, toplama operasyonu gerçekleştiren özel bir şirketin toplama merkezini kuracağı tesis yerini belirleyip, müşterilerin bu merkezi ziyaret sayısını arttırmaktır. Ayrıca, atıkların kullanım seviyelerine göre verilen teşvik miktarlarını optimize ederek şirketin kazancını maksimize etmektir. Modelde toplanan ürün miktarlarının belirsiz olduğu ve müşterilerin atık ürünleri toplama/bırakma merkezlerine kendilerinin bıraktığı (Getirme stratejisi) varsayılmıştır. Tesis yer seçimi yapılırken tabu arama, müşterilere verilecek teşvik miktarına karar verilirken de Fibonacci arama sezgiselleri kullanılmıştır [49]. Yazarlar, aynı modeli “Toplama Stratejisi’ni” kullanarak da çözmüşlerdir.

Min ve diğerleri, toplama noktaları ve geri dönüşüm merkezleri için optimal tesis sayısı ve yerlerinin belirlenmesi için karışık tam sayılı doğrusal olmayan bir model önermişler ve Genetik Algoritma tabanlı bir çözüm yöntemi geliştirmişlerdir. Modelde, tüketicilerden gelen geri dönüştürülebilir atık miktarının kesin olarak bilindiği varsayılmaktadır [50].

Bautista ve Pereira, belediye atık toplama noktalarının yer seçimine ilişkin, MAX-SAT ve küme kaplama problemlerine dayanan melez bir çalışma yapmış, problemin çözümü için de Genetik Algoritma ve GRASP sezgiselleri geliştirmişlerdir [51].

Dai ve Wang, ömrünü tamamlamış araçların toplanacağı merkezlerin yer seçimini içeren bir tersine lojistik ağ tasarım problemi ile ilgilenmiştir. Problem, kapasite kısıtlı tesis yer seçim problemi olarak ele alınmış ve karışık tamsayılı bir programlama modeli geliştirilmiştir [52].

Verter ve diğerleri, tek bir ürünün taşımacılığının yapıldığı, ileri ve tersine akışların olduğu lojistik ağ içerisinde dağıtım, toplama ve geri kazanım merkezleri için tesis yerlerini belirlemişlerdir. Modeldeki amaç toplama maliyetini en küçükmektir. Statik bir model

kurulmuş ve çözümünde Lagrange sezgiseli kullanılmıştır [53] .

Lee ve Dong, kiralama süresi dolmuş bilgisayarların getirileceği toplama merkezlerinin yerlerini belirlemeye çalışmıştır. Problem için kapasite kısıtlı deterministik programlama modeli geliştirilmiş ve iki aşamalı bir çözüm yöntemi önerilmiştir İlk aşamada tesis yerlerine ve kapasitelerine karar verilirken Tabu arama algoritması kullanılmıştır. İkinci aşamada ise Şebeke Simplex Yöntemi ile ürün akış miktarları belirlenmiştir [54].

Malik ve diğerleri, etkin bir tedarik zinciri ağı kurmak ve organizasyon karlılığını optimize etmek amacıyla toplama merkezlerinin yerlerini belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmadaki asıl amaç, toplanacak olan geri dönüştürülebilir atık miktarlarındaki belirsizliği en aza indirecek yeri seçmek ve tersine lojistik ağını geliştirmektir. Çalışmada, birçok alanda uygulaması olan matematiksel modelleme ve nicel değerleri nitel faktörlere dönüştüren Graf modeli kullanılmıştır. Graf Teorisi ve Matris Yaklaşımı (GTMA) ile de toplama merkezlerinin yer seçimi yapılmıştır [55].

Alshamsi ve Diabat, Tersine lojistik ağı içindeki yeniden üretim ve muayene tesislerinin kapasitelerini ve toplama merkezlerinin yerini belirlemek için karışık tam sayılı bir doğrusal programlama modeli önermişlerdir. Model GAMS'in CPLEX çözücüsü ile çözülmüş ve gerçek hayat problemlerine uygulanarak test edilmiştir [56].

Gomes ve diğerleri, atıkları toplama ve ayırma merkezlerinin yer seçimi için karışık tam sayılı bir programlama modeli geliştirmişlerdir. Bu model elektronik atıklar için tersine lojistik ağ tasarımının yanı sıra toplama ve ayırma tesisleri için yer seçimini de yapan genel bir modeldir. Model, GAMS (CPLEX Çözücüsü) ile çözülmüştür [57].

Chen ve diğerleri, tesis yeri seçimi probleminin çözümünde yeni bir sorgu kapasite kısıtlaması olan Maksimum Bikrometrik Ters Yakın Komşu (MaxBRNN) yaklaşımını tanıtmışlardır. Bu yöntem, tesis yerinin etkisini modellemek için ters en yakın müşteri sayısını kullanmaktadır. Literatürde bu yöntem kullanılarak yapılan ilk çalışmadır [58].

Bhattacharya ve diğerleri, kırsal alanda dış bükey çokgen ile sınırlanan düzlem üzerine kurulacak tesisin yerini belirlemek için bir bulanık hedef programlama modeli önermişlerdir. İlk amaç, p medyan modelinde olduğu gibi tüm taşıma maliyetlerinin

toplamını minimize etmek, diğer amaç ise p-merkez modelindeki gibi tesislerin talep noktalarına olan maksimum mesafelerini minimize etmektir [59].

Sayyady ve diğerleri, iki amaçlı bir tesis yer seçim problemini ele almışlardır. Amaçlardan ilki, lokasyonlar arasındaki toplam uzaklığı minimize etmektir. İkinci amaç ise, seçilen lokasyonlar arasındaki minimum uzaklığı maksimize etmektir. Bu problemin çözümü için yinelemeli bir algoritma önermişlerdir. Her bir iterasyonda 0-1 tamsayılı programlama modeli kurulmuş ve çözülmüştür. Bu yöntem küçük ve orta büyüklükteki problemlerde iyi sonuç vermektedir. Daha büyük boyutlu problemler için bir Lagrange Sezgisel Algoritması önerilmiştir [60].

Dantrakul ve diğerleri, taşıma ve kurulum maliyetlerini minimize eden çok amaçlı bir tesis yer seçim problemini ele almışlardır. Bu problemin çözümü için açgözlü, p-medyan, p-merkez algoritmaları olmak üzere üç farklı yöntem önermişlerdir. Deneysel çalışmaların sonucunda p-medyan algoritmasının iki maliyeti de minimize etmede daha etkili olduğu ortaya konmuştur [61].

Arroyo ve diğerleri, m tane aday tesis yerinden p tanesine tesis kurabilmek için eş zamanlı olarak iki amacı minimize eden bir p-medyan modeli kullanmışlardır. Dikkate alınan amaçlar, en yakın tesisin her bir müşteriye olan uzaklıklarının toplamını ve tesislerin açılma maliyetlerini en küçükleme. Bu problem NP-zor olduğu için MOGA adı verilen baskın bir sıralama yaklaşımını temel alan Çok Amaçlı Genetik Algoritma ile çözülmüştür [62].

Chai ve diğerleri, yollarda kurtarma alanlarının yerinin belirlenmesinde çok amaçlı karar modellerinin kullanılmasının daha iyi sonuçlar vereceğini ortaya koymuşlardır. Bu çok amaçlı modelleri p-medyan, p-merkez gibi geleneksel tesis yer seçim modellerine entegre etmişlerdir. Amaçları maksimum talebi karşılamak ve kurtarma zamanlarını minimize etmektir [63].

Arroyo ve diğerleri, iki amaçlı p-medyan problemlerini incelemişler ve çözüm için yinelenen yerel arama sezgiselini temel alan etkin bir algoritma önermişlerdir. Önerilen algoritma çok basit ve güçlü stokastik bir yöntemdir. Yöntemin iki amaçlı problemlerdeki etkinliğini ölçmek için  $\varepsilon$ -kısıtlı diye bilinen matematiksel programlama algoritmasını

geliştirmişlerdir [64].

Berry ve diğerleri, belediyenin su ağlarında sensör yerleştirmek için uygun alan seçimi üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışmada kullanılan p-medyan modeli sezgisel GRASP algoritması ile çözülmüştür [65].

## 5.2. Tesis Yer Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Literatürde tesis yerleşim problemlerinin çözümünde, AHP, ANP, ELECTRE, TOPSIS, VIKOR, SMAA gibi çok sayıda ÇKKV yöntemi kullanılmıştır. ÇKKV yöntemlerini kullanarak yapılan tesis yer seçim çalışmalarından son on yıla ait olanlar aşağıda verilmiştir.

Queiruga ve diğerleri, İspanya'daki belediyelerin hangi öncelikleri dikkate alarak atık pil toplama ve geri dönüşüm merkezlerinin yer seçimini yapması gerektiğini PROMETHEE ile belirlemişlerdir. Geliştirdikleri karar destek sistemine göre bir toplama merkezinin yerine karar verilirken göz önünde bulundurulacak kriterler arasında arazi uygunluğu, personel, enerji maliyetleri ve tesisin yerleşim yerlerine, geri dönüşüm merkezlerine ve atık bertaraf tesislerine uzaklığı bulunmalıdır [66].

Yüksel ve Hazal, Elektronik atıklar için kurulacak atık getirme merkezlerinin yer seçimini Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden AHP ile yapmıştır [67].

Güneri ve diğerleri, Bulanık AHP yöntemini tersane yeri seçimi problemi için kullanmıştır. Değerlendirilen dört alternatiften (İzmir, Yalova, Yumurtalık ve Samsun) Yalova en uygun tersane yeri olarak seçilmiştir [68].

Vahidnia ve diğerleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Bulanık AHP metodunu birleştirerek Tahran'da inşa edilecek bir hastane için yer seçimi problemine çözüm getirmişlerdir [69].

Hokkannen ve diğerleri, SMAA (Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi) metodunu kullanarak Helsinki'de liman yeri seçimi problemini ele almışlardır. Çalışmada, Helsinki liman inşası için 24 alternatif arasından 11 kritere göre en uygun olan yer belirlenmiştir [70].

Lahdelma ve diğerleri, sıralı kriter değerlerine sahip alternatifler için yeni bir SMAA metodu olan SMAA-O metodunu önermişlerdir. Bu yöntemle Finlandiya’da bir atık arıtma tesisinin yerini belirlemişlerdir. Bu çalışmada yazarlar, dört alternatifi 17 kriter gere değerlendirilmişlerdir [71].

Erdolan ve Kaya, elektrik üretimi için kurulacak olan nükleer enerji santralinin yer seçiminde kullandıkları kriterlerin ağırlıklarını Aralıklı Tip-II Bulanık AHP ile belirlemişler, Aralıklı Tip-II Bulanık TOPSİS yöntemi ile de alternatifleri sıralayarak santral için yer seçimini yapmışlardır [72].

Khadivi ve diğerleri, katı atık tesisi yer seçimi için iki aşamalı bir yaklaşım kullanmışlardır. Çalışmanın ilk aşamasında ANP ile kriter ağırlıkları belirlenmiş, ikinci aşamada ise Veri Zarflama Analizi yöntemi ile tesis yerine karar verilmiştir [73].

Argones-Beltran ve diğerleri, İspanya’da bir belediyenin kuracağı katı atık tesisinin yer seçimine ilişkin bir uygulama yapmışlardır. 5 aday yer ve 21 kriter gere sahip ağ yapılarını hem AHP hem ANP yöntemleri ile çözerek sonuçları karşılaştırmışlar ve en iyi tesis yerini belirlemişlerdir [5].

Chu, tesis yer seçimi probleminin çözümü için grup kararları altında bir bulanık TOPSIS yaklaşımı önermiştir. Alternatif aday tesis yerleri bulanık sayılar ile temsil edilen dilsel değişkenler ile ağırlıklandırılmıştır [74].

Wang ve Chen, Bulanık Tercih İlişkileri (Fuzzy LinPreRa) metodu ile tesis yeri seçimi yapmışlardır. Çalışmada, bir otomobil üreticisi firma için tesis yeri tespit edilmeye çalışılmıştır. Yazarlar, aynı zamanda, Bulanık AHP metodunu incelemişlerdir. Bu yöntemde ikili karşılaştırma matrislerinde tutarlılığı sağlamak zor olduğu için Bulanık Tercih İlişkileri (Fuzzy LinPreRa) metodunu önermişlerdir [75].

Ertuğrul ve Karakaşoğlu, bir tekstil firmasının tesis yeri seçimi için Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS metotlarını önermişlerdir. Her iki yöntemden elde edilen sonuçları birbirleriyle karşılaştırmışlardır [76].

Badri, AHP ve Hedef Programlama metotlarını birlikte kullanarak tesis yeri seçimi

problemini çözmüştür. AHP yöntemi ile kriter ağırlıkları belirlenmiş, daha sonra hedeften sapmaları minimize edecek bir hedef programlama modeli sunulmuştur. Çalışmanın son adımında ise alternatif tesis yerleri, ortaya çıkan sonuçlar ışığında sıralanmıştır [77].

Shen ve Yu, aperatif yiyecek ve içecek endüstrisinde 1998 yılından beri faaliyet gösteren bir firmanın kuracağı fabrika için yer seçim problemini ele almıştır. Grup karar verme süreçlerinde genelleştirilmiş ampirik bulanık faktör derecelendirme sistemi ve bulanık küme teorisini birlikte kullanarak tesis yeri alternatiflerinden birini seçmişlerdir [78].

Boran, bilgiler kesin olmadığı için geleneksel yöntemlerin tesis yer seçim problemlerini ele almakta yeterli olmadığını belirtmiştir. Bilgileri dikkate alabilmek, alternatifleri sıralayabilmek için sezgisel bulanık TOPSIS ve kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için de Sezgisel Bulanık Tercih İlişkisini birlikte kullanmayı önermiştir [79].

Özdağoglu, çok kriterli tesis yeri seçimi için bulanık bir ANP yöntemi geliştirmiştir. Kriterlerin hiyerarşik yapısında birbirleri ile ilişki içerisinde olduklarını, bu yüzden AHP değil ANP yönteminin kullanılması gerektiğini vurgulamıştır. Çalışmada bulanık ANP modeli geliştirilmesi ve uygulanmasının yanı sıra duyarlılık analizi de yapılmıştır. Böylece alternatif yerlerin önem dereceleri için alt ve üst sınırlar da belirlenmiştir [80].

Athawale ve diğerleri, genellikle üretim ortamında karmaşık sorunlarla başa çıkmak için uygulanan etkili bir çok kriterli karar verme aracı olarak görülen PROMETHEE II yöntemini kullanarak tesis yer seçimi problemlerini çözmüşlerdir. Kullanılan diğer yöntemlerle PROMETHEE II yönteminin sonuçlarını karşılaştırmışlar ve etkinliğini ortaya koymuşlardır [81].

Fazeli ve Osanloo, tesis yer seçim problemleri için yeni melez bir çok kriterli karar verme modeli önermişlerdir. Çalışmada, kriterler arasındaki ilişkilerin hesaplanması için bulanık ANP ve bulanık AHP yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Bulanık ANP ve Entropi yöntemleri, kriterlerin kesin olmayan ağırlıklarını elde etmek için uygulanmıştır. Yöntem ile kriterlerin birbirlerinden bağımsız olduğu varsayıldığında son ağırlıklarında meydana gelen büyük değişim ortaya konmuştur [82].

Chakraborty ve diğerleri, iyi bilinen dört farklı çok kriterli karar verme yöntemini (GRA,

MOORA, ELECTRE II, OCRA) tesis yer seçim problemine uygulayarak sıralama performanslarını karşılaştırmışlardır [83].

Mokhtarian ve diğerleri, karar verme süreçlerinde belirsizlik altında risk azaltmayı temel alan Bulanık VIKOR yöntemini önermişlerdir. Bu yöntemi belediyenin ıslak atık düzenli depolama tesisinin yer seçimi için kullanmışlar ve diğer Bulanık-ÇKVM yöntemleri ile karşılaştırmışlardır [84].

Tavakkoli ve diğerleri, tesis yer seçim problemi için belirsiz bilginin yeni temsili için kullanılan Z sayıları ile Z-PROMETHEE yöntemini önermişlerdir. Bu çalışmada, Z sayılarından kriterlerin ağırlıklarını değerlendirmede yararlanılmaktadır. Bulanık PROMETHEE yönteminin belirsizliklerin temsiliinde yetersiz olduğunu göstermek için de önerilen yöntem ile bu yöntemin sonuçları karşılaştırılmıştır [85].

Onden ve Eldemir, bir tekstil firmasının yer seçim problemiyle ilgilenmiştir. Çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve bir Çok Kriterli Karar Verme yöntemi olan Bulanık AHP metodu birlikte kullanılarak uzman görüşleri coğrafi bilgilerle birleştirilmiştir [86].

Governes ve diğerleri, üretim yapan bir firmanın tesis yer seçim problemi için kriter ağırlıklarını AHP yöntemi ile belirlemişlerdir. Daha sonra TOPSIS metodunu kullanarak alternatif tesis yerlerinin öncelik değerlerini sıralamışlardır [87].

Çebo ve Oktay, çimento üretim fabrikaları tesis yer seçiminde kapsamlı ve sistematik bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Uygun tesis yer seçimi için alternatif yerlerin değerlendirilme ve seçim sürecindeki belirsizlikleri ele alabilmek amacıyla, problemi aralıklı tip II bulanık kümeler ile ÇKKV yöntemlerini kullanarak çözmüşlerdir. Bu çalışmanın literatüre katkısı, aralıklı tip II bulanık kümeler ile bulanık TOPSIS yöntemini tanıtmışlardır [88].

Norese, İtalya'nın Torino şehri için çöp yakma ve yok etme tesisinin en uygun yerleşiminde on dört kriteri dikkate alan, bir ÇKKV yaklaşımı olan ELECTRE III'ten yararlanmıştır [89].

Tuzkaya ve diğerleri, İstanbul şehri için bir atık depolama (çöp) yeri seçiminde ANP metodunu kullanmıştır. Modelde ana amaç istenmeyen tesis için en iyi yeri bulmaktır.

Kurulan modelde birinci seviye üç ana kriter ve dört faktörden oluşmaktadır [90].



## 6. KULLANILAN ÇÖZÜM YAKLAŞIMI VE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

Bu çalışmada, Çankaya İlçe Belediyesine ait atık getirme merkezlerinin yer seçimi ve kurulacak tesislere atanacak mahallelerin belirlenebilmesi için melez bir yaklaşım kullanılmıştır. Çankaya ilçesi Ankara'nın, oldukça fazla sayıda mahalleye sahip, büyük ilçelerinden biridir.

Literatürde Atık Getirme Merkezi gibi geri dönüşümde etkin olan merkezlere ilişkin yapılan çalışmaların çoğunda bu merkezlerin etkinliği ile demografik ve sosyo-ekonomik özellikler arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Bu çalışmalarda bahsedilen özellikleri de kullanarak bir tesis yer seçimi yapılabilmesi için hem nicel hem de nitel kriterlerin dikkate alınması gerekmektedir. Bu tip problemleri ele almada yaygın olarak Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise ÇKKV yöntemlerinden elde edilen sonuçları matematiksel modele entegre eden iki aşamalı bir yaklaşımla probleme çözüm aranmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında, atık getirme merkezlerinin yer seçiminde dikkate alınacak kriterler belirlenmiş, bu kriterler arasındaki ilişkilerin tespiti için de Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden DEMATEL kullanılmıştır. Daha sonra kriterler arasındaki ilişkileri dikkate alan ANP yöntemi ile tesis yeri alternatiflerinin öncelik değerleri hesaplanmıştır. Açılacak tesis sayısının belli olması, zaman sınırının olmaması, tesis kapasitelerinin dikkate alınmaması, kurulacak tesislerin aynı tip olması, aday yerlerin bilinmesi ve atık getirme merkezlerinin sağlaması gereken temel şartlardan birinin “Vatandaşların kolay ulaşabilmesi” [36] olması nedeniyle problem, ikinci aşamada p-medyan, p-merkez ve centdian problemleri olarak modellenmiştir. Aday tesis yerleri için ANP'den elde edilen öncelik değerleri, p-medyan ve p-merkez problemlerinin amaç fonksiyonlarıyla LP-metrik yöntemiyle bütünleştirilerek modeller çözülmüş ve atık getirme merkezlerinin kurulacağı yerler belirlenmiştir. Aşağıda yaklaşımın 1. ve 2. aşamasında kullanılan yöntemlerle ilgili temel kavramlar verilmiştir.

### 6.1. Aday Tesis Yerleri İçin Öncelik Değerlerinin Belirlenmesi Aşaması

Atık getirme merkezlerinin kurulacağı yerin seçilmesinde nicel faktörler kadar nitel faktörler de dikkate alınmalıdır. Bu bağlamda yapılan çalışmada her iki kriter türünü

dikkate alabilecek olan Çok Kriterli Karar Verme tekniklerinden DEMATEL ve ANP birlikte kullanılmıştır. Öncelikle kriterler arasındaki ilişkileri belirlemek için DEMATEL yöntemi uygulanmıştır. Daha sonra bu ilişkiler dikkate alınarak ANP yöntemi ile alternatiflerin öncelik değerleri hesaplanmıştır.

### 6.1.1. DEMATEL yöntemi

The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) yöntemi; 1972 ve 1976 yılları arasında Cenevre Battelle Memorial Enstitüsü, Bilim ve İnsan İlişkileri programı tarafından birbirine girmiş karmaşık yapıdaki problem gruplarının çözümünde kullanılmak amacı ile geliştirilmiştir [91]. Graf Teorisi temeline dayanan DEMATEL metodu nedensel ilişkinin daha iyi anlaşılmasını sağlayarak ilgili faktörleri neden ve sonuç gruplarına ayırır ve bu yolla problemleri çözme imkanı verir [92].

DEMATEL metodunun başlıca avantajı uzlaşmacı sebep-sonuç modeli içeren dolaylı ilişkileri kapsamasıdır. DEMATEL, kriterleri, ilişkilerin cinsi ve birbirleri üzerindeki etkilerinin önemi yönünden öncelik sırasına göre düzenleyebilir. Yüksek öncelik değerine sahip olan ve diğer kriterler üstünde daha çok etkisi olduğu varsayılan kriterler, sebep kriterleri, düşük önceliği olan ve daha çok etki altında kaldığı varsayılan kriterler ise sonuç kriterleri olarak adlandırılır [92].

DEMATEL yöntemi 5 adımdan oluşmaktadır.

*Adım 1:* Direkt-ilişki matrisinin oluşturulması. Direkt-ilişki matrisi oluşturulurken ilk olarak Çizelge 6.1’de gösterildiği gibi 5 seviyeden oluşan bir ikili karşılaştırma skalası kullanılır. Kriterler arası ilişkiler, bu skala yardımıyla, uzmanlardan oluşan bir grup tarafından belirlenir [93].

Çizelge 6.1. DEMATEL yöntemi karşılaştırma skalası

| Değer | Tanım           |
|-------|-----------------|
| 0     | Etkisiz         |
| 1     | Düşük etki      |
| 2     | Orta etki       |
| 3     | Yüksek etki     |
| 4     | Çok yüksek etki |

*Adım 2:* Normalleştirilmiş direk ilişki matrisinin elde edilmesi. A, direkt-ilişki matrisini,  $a_{ij}$  satır ve sütun toplamalarını gösterebilir. Eş. 6.1 ve Eş. 6.2 kullanılarak normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi (M) elde edilir. A matrisinde esas köşegen değerleri 0'dır [93].

$$M = k * A \quad (6.1)$$

$$k = \min \left( \frac{1}{\max_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |a_{ij}|}, \frac{1}{\max_{j=1}^n \sum_{i=1}^n |a_{ij}|} \right) \quad i, j \in \{1, 2, 3, \dots, n\} \quad (6.2)$$

*Adım 3:* Toplam ilişki matrisi S'nin elde edilmesi. Normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi elde edildikten sonra toplam ilişki matrisi Eş. 6.3 kullanılarak elde edilir. Bu eşitlikte I birim matrisi ifade etmektedir [93].

$$S = M + M^2 + M^3 + \dots = \sum_{i=1}^{\infty} M^i = M(I - M)^{-1} \quad (6.3)$$

*Adım 4:* Gönderici ve alıcı grupların hesaplanması. S matrisindeki sütunlar toplamı (R), S matrisindeki satırlar toplamı (D) olarak tanımlanmaktadır. Eş. 6.4, Eş. 6.5, Eş. 6.6 yardımıyla D-R ve D+R değerleri hesaplanır ve her bir kriterin diğerlerine olan etki seviyesi ve diğerleriyle ilişki seviyesi belirlenir [92,94-96]. Bazı kriterler Pozitif D-R değerlerine sahiptir. Bunun anlamı, bu kriterlerin diğer kriterler üzerinde daha yüksek etkiye, yani daha yüksek önceliğe sahip olmalarıdır. Bu tip kriterler gönderici olarak adlandırılır. Negatif D-R değerine sahip kriterler diğerlerinden daha fazla etkilenirler. Daha düşük önceliğe sahip olduğu kabul edilen bu kriterler alıcı kriterlerdir. Diğer taraftan D+R değerleri her bir kriterin diğer kriterlerle arasındaki ilişkiyi gösterir, D+R değeri yüksek olan kriterler diğer kriterlerle daha çok, düşük olanlar daha az ilişkilidir [93-96].

$$S = |s_{i,j}|_{n \times n}, i, j \in \{1, 2, 3, \dots, n\} \quad (6.4)$$

$$D = \sum_{j=1}^n s_{i,j} \quad (6.5)$$

$$R = \sum_{j=1}^n s_{i,j} \quad (6.6)$$

*Adım 5:* Eşik değerinin belirlenmesi ve etki-yönlü graf diyagramının elde edilmesi. Başarılı bir etki-yönlü graf elde edebilmek için karar vericiler ya da uzmanlar tarafından bir eşik değeri seçilmesi gerekmektedir. S matrisinde, belirlenen eşikten daha büyük etki değerlerine sahip olan elemanlar seçilir ve etki yönlü graf diyagramına dönüştürülür. Etki-yönlü graf diyagramı düşey eksen D-R, yatay eksen D+R olan bir koordinat düzleminde (D+R, D-R) noktalarının gösterilmesiyle elde edilir [94-96]. Elde edilen graf sayesinde kriterler arasındaki ilişki yapısı net bir şekilde anlaşılmaktadır.

Uzman grup veya karar verici tarafından belirlenmiş eşik değeri elde edilen etki-yönlü diyagramın yapısı üzerinde etkilidir. Eşik değeri büyük ya da küçük olması kriterler arasındaki ilişkinin derecesini, dolayısıyla çözümün karmaşıklığını belirler.

### 6.1.2. Analitik ağ süreci (ANP)

Analitik ağ süreci Thomas L. Saaty tarafından çok kriterli karar verme problemlerinin çözümü için geliştirilmiş bir yöntemdir [9]. ANP, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)'nin genelleştirilmiş bir halidir. AHP'de yukarıdan aşağıya tek yönlü bir hiyerarşinin yerine bir ağ yapısı mevcuttur. Bir küme içerisindeki kriterler ve alternatifler etkileşim içinde olduğu gibi kümeler arasında da etkileşimler bulunabilmektedir. Kriterler arası bağımlılıklar, geri bildirimleri hesaba katan özel ağ yapısı ile kriterlerin ağırlık katsayıları elde edilir. Tüm bu özelliklerden dolayı AHP ve ANP yöntemleri analitik çözüm gücü açısından kıyaslandığında ANP yöntemi üstün gelmektedir [98]. ANP'nin diğer çok kriterli karar verme yöntemlerine göre üstünlüklerinden en önemlisi nitel ve nicel veri setlerine uygun olmasının yanı sıra kriterler ve alternatifler arasındaki bağımlılık ve geri bildirim problemlerinin de üstesinden gelmesidir [99].

ANP yöntemi AHP'de olduğu gibi ikili karşılaştırma esasına dayanır. İkili karşılaştırmalarda Saaty tarafından geliştirilen Çizelge 6.2'de gösterilen 1-9 ölçeği kullanılır. ANP'de, karar verme problemine ait tüm bileşenler ve ilişkiler tanımlanır, sonrasında çift yönlü şekilde olabilecek ilişkiler de ifade edilir. ANP yönteminde problem, ağ yapısı kullanılarak modellenmekte, bu esnada tüm kriter kümesi için gerek aynı kümeye

ait alt kriterler arasındaki içsel bağımlılıklar gerek farklı kümelerin alt kriterleri arasındaki dışsal bağımlılıklar göz önüne alınmaktadır. İçsel bağımlılıkları ve kriterler arasındaki karşılıklı etkileşimleri içerebilmesi nedeniyle ANP metodu, karar verme problemlerinin daha etkili ve gerçekçi bir biçimde çözümlenmesini sağlamaktadır [100].

Çizelge 6.2 Karşılaştırmalarda kullanılan önem dereceleri tablosu

| Önem Değerleri | Değer Tanımları                                                           |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 1              | Her iki faktörün eşit öneme sahip olması durumu                           |
| 3              | 1. Faktörün 2. faktörden daha önemli olması durumu                        |
| 5              | 1. Faktörün 2. faktörden çok önemli olması durumu                         |
| 7              | 1. Faktörün 2. faktöre nazaran çok güçlü bir öneme sahip olması durumu    |
| 9              | 1. Faktörün 2. faktöre nazaran mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu |
| 2,4,6,8        | Ara değerler                                                              |

ANP yöntemi her alanda uygulanabilir özellikte olması ve uygulama kolaylığından dolayı birçok alanda yaygın kullanıma sahiptir. Kuruluş yeri seçiminde de sıkça tercih edilen bir yöntemdir [5,73,90,101-104].

ANP'nin adımları aşağıdaki verilmiştir:

*Adım 1:* Karar probleminin tanımlanması. İlk aşamada karar probleminin amacı, ana kriterleri, alt kriterleri ve alternatifleri detaylı bir biçimde ifade edilir.

*Adım 2:* Bağımlılıkların tespit edilmesi. İçsel ve dışsal bağımlılık etkileri dikkate alınarak genel geri bildirim sisteminin kümeleri veya düğümleri saptanır. Bir küme başka bir kümenin düğümlerini etkiliyorsa etkilenen kümeden etkileyen kümeye bir ok çekilir.

*Adım 3:* İkili karşılaştırmaların yapılması. Karar vericilerden oluşan grup, Çizelge 6.2'de belirtilen skala değerlerini kullanarak karşılaştırmaları yapar. İkili karşılaştırmalar bir matris çatısı altında yapılır ve lokal öncelik vektörü,  $A.w = \lambda_{\max}.w$  denkleminin çözülmesi

ile elde edilen öz vektörle belirlenir. Burada  $A$  ikili karşılaştırma matrisi,  $w$  öz vektör,  $\lambda_{\max}$  ise  $A$  karşılaştırma matrisinin en büyük öz değeridir. Saaty [100],  $w$ 'nin yaklaşık çözümü için normalleştirme algoritmasını önermiştir.

*Adım 4:* Süpermatrisin oluşturulması. Süpermatris, genel olarak ağ yapısında mümkün olan tüm ikili karşılaştırmalar sonucu elde edilmiş olan üstünlük vektörlerinden oluşan bir kare matristir. Birbirine bağımlı etkilerin bulunduğu bir sistemde global önceliklerin elde edilmesi için, lokal öncelik vektörleri süpermatrisin kolonlarına yazılır. Süpermatris, parçalı bir matristir ve buradaki her matris bölümü bir sistem içindeki iki faktör arasındaki ilişkiyi gösterir. Kriterlerin birbiri üzerindeki uzun dönemli nispi etkileri süpermatrisin kuvveti alınarak belirlenir. Ağırlıklandırılmış süpermatriste kolon değerleri toplamı 1'e eşittir.

*Adım 5:* Limit süpermatrisin belirlenmesi. Önem ağırlıklarının bir noktada eşitlenmesini sağlamak için süpermatrisin  $(2n+1)$ .inci kuvveti alınır, burada  $n$  rasgele seçilmiş büyük bir sayıdır ve elde edilen yeni matris limit süpermatris olarak isimlendirilir.

*Adım 6:* En iyi alternatifin seçilmesi. Elde edilen limit süpermatrisle, alternatiflere ve karşılaştırılan kriterlere ilişkin önem dereceleri belirlenmiş olur. Seçim probleminde en yüksek önem derecesine sahip olan alternatif en iyi alternatiftir.

## 6.2. Modelleme Aşaması

Atık getirme merkezlerinin yerlerine karar verilirken tesis yer seçimini etkileyen kriterler dikkate alınarak sıralanan alternatiflerin aldığı öncelik değerleri ile p-medyan ve p-merkez modellerinin amaç fonksiyonları birleştirilerek çok amaçlı modeller kurulmuştur.

### 6.2.1. P-medyan problemi

P-medyan problemi, kuruluş yeri seçim problemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [105]. Bu problem,  $p$  adet tesisin  $n$  adet düğümden oluşan bir ağ üzerinde minimum maliyet oluşturacak şekilde konumlandırılması ve yerleştirilen bu tesislerden hizmet alacak noktaların belirlenmesi problemidir. Maliyet; zaman, para, tesisler arası uzaklıklar gibi bir ölçüt olabilir. Bazı durumlarda tüm talep noktaları amaç fonksiyonunu eşit miktarda

etkilemeyebilir bu tür durumlarda p-medyan problemlerine ise ağırlıklı p-medyan problemi olarak adlandırılır [106,107].

P-medyan probleminin çözümü ile sadece tesislerin kurulacağı yerler belirlenmez aynı zamanda tesislerden hizmet alacak noktaların kendilerine en yakın tesise atamaları da yapılır.

Bu çalışmada ele alınan P-medyan probleminin varsayımları şunlardır [108].

1. Maliyet ve mesafe arasında doğrusal bir ilişki vardır.
2. Açılacak tesis sayısı bilinmektedir
3. Zaman sınırı yoktur
4. Hizmet veren tesislerin kapasite sınırı yoktur
5. Tesis açma maliyeti yoktur
6. Sabit müşteri talebi söz konusudur
7. Bütün tesisler eşit özelliktedir
8. Tesisler düğümler üzerine kurulur.
9. Tesislerin açılabilceği noktalar belirlidir

İlk defa ReVelle ve Swain p-medyan problemi için bir matematiksel model önermişlerdir [109]. Modelde küçük değişiklikler yapılsa da, kurulan tüm modeller büyük oranda orijinali ile aynıdır. Bu çerçevede ReVelle ve Swain tarafından kurulan matematiksel modeli temel alan, Rolland ve arkadaşlarının önermiş olduğu p-medyan modeli aşağıdaki gibidir [110] .

Amaç fonksiyonu;

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i d_{ij} z_{ij} \quad (6.7)$$

Kısıtlar;

$$\sum_{j=1}^n z_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (6.8)$$

$$z_{ij} \leq y_j \quad \forall j, \forall i \quad (6.9)$$

$$\sum_{j=1}^n y_j = p \quad (6.10)$$

$$z_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, \forall j \quad (6.11)$$

$$y_j \in \{0,1\} \quad \forall j \quad (6.12)$$

Karar Değişkenleri;

$$z_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ müşterisi } j \text{ tesisine atanırsa} \\ 0 & \text{diğer durum} \end{cases}$$

$$y_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ noktasında bir tesis açılırsa} \\ 0 & \text{diğer durum} \end{cases}$$

$n$ , toplam talep noktası sayısı,  $a_i$ ,  $i$  noktasındaki talep (taleplerin dikkate alınmadığı durumlarda talep parametresinin kullanılmasına gerek yoktur),  $d_{ij}$ ,  $i$  noktası ile  $j$  noktası arasındaki en kısa mesafe,  $p$  yerleştirilecek olan tesis (medyan) sayısıdır. Eş. 6.7 ile gösterilen amaç fonksiyonu kurulacak tesis ile hizmet bekleyen talep noktaları arasında oluşacak olan maliyeti minimize etmektedir. Eş. 6.8 kısıtı ile her talep noktasının yalnız bir tesisten hizmet alması sağlanmaktadır. Eş. 6.9 kısıtı ile tesis kurulmayan herhangi bir düğüme talep noktası atanmasını engellenmektedir. Eş. 6.10 ise kurulacak olan tesis sayısını  $p$  adet ile sınırlı kalmasını sağlamaktadır.

### 6.2.2. P-merkez problemi

Minimax problemi olarak da bilinen yerleşim atama problemlerinden olan bu modelde amaç diğer yerleşim problemlerinde olduğu gibi tüm taleplerin eksiksiz kapsanmasının gerekliliğidir. P-merkez problemi; acil servisler, özel kurumlar, kamu kurumları ve okulların yerleşimlerinde olduğu gibi her bir müşterinin fazla uzağa gitmeyeceği, kısa sürede ulaşabileceği bir sistemin tasarlanması amacıyla hizmet etmektedir [107]. Kısacası p-merkez problemi, tesisler ve talep noktaları arasındaki maksimum ağırlıklı uzaklığın

minimizasyonunu yaparken p tane tesisin yerlerinin belirlendiği bir problemdir.

1857 yılında 1-merkez modeli ilk defa çalışılmıştır [111]. 1909 yılında Weber problemi olarak adlandırılan bu problemin amacı, tek bir tesis için en dezavantajlı müşterinin ulaşım mesafesini minimize eden yerleşimi bulmaktır. Bu problemin amacı tek bir tesis için mesafeyi minimize eden en iyi tesis yerleşimini bulmaktır. Eğer birden fazla tesisin kurulması gerekiyorsa problem, p-merkez olarak ifade edilir.

p-merkez probleminin formülasyonu aşağıdaki gibidir.

Amaç Fonksiyonu;

$$\min m \quad (6.13)$$

Kısıtlar;

$$\sum_{j \in J} z_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (6.14)$$

$$\sum_{j \in J} y_j \leq p \quad (6.15)$$

$$z_{ij} \leq y_j \quad \forall i, \forall j \quad (6.16)$$

$$\sum_{j \in J} d_{ij} * z_{ij} \leq m \quad \forall i \quad (6.17)$$

$$z_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, \forall j \quad (6.18)$$

$$y_j \in \{0,1\} \quad \forall j \quad (6.19)$$

Karar Değişkenleri;

$$y_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ noktasına tesis açılırsa} \\ 0 & \text{diğer durum} \end{cases}$$

$$z_{ij} = \begin{cases} 1 & i \text{ mahallesi } j \text{ tesisine atanırsa} \\ 0 & \text{diğer durum} \end{cases}$$

Eş. 6.14, Eş. 6.15, Eş. 6.16'daki kısıtlar p-medyan problemindeki kısıtların aynısıdır. Eş. 6.13, açılacak tesis ile müşteri arasındaki maksimum uzaklığı minimize eden amaç fonksiyonudur. Eş. 6.17, amaç fonksiyonundaki  $m$ 'nin açılacak tesis ile müşteri arasındaki maksimum mesafe olmasını sağlayan kısıttır.

### 6.2.3. Centdian Problemi

Gerçek hayat problemlerinde amaç, hizmet merkezlerini kalabalık nüfusa sahip bölgelere en yakın noktaya yerleştirmeyi ve en uzak noktadan gelen olası bir talebin ulaşım süresini ya da mesafesini minimize etmeyi eş zamanlı kapsayabilir. Böyle bir durumda, p-medyan ve p-merkez problemlerinin amaç fonksiyonlarının konveks kombinasyonunu minimize eden bir model kurulmalıdır. Bu problem centdian problemi olarak tanımlanmış ve ilk olarak Halperin tarafından ortaya atılmıştır [112].

P-centdian probleminin formülasyonu aşağıdaki gibidir.

$$\min m + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i d_{ij} z_{ij} \quad (6.20)$$

Kısıtlar;

$$\sum_{j \in J} z_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (6.21)$$

$$\sum_{j \in J} y_j = p \quad (6.22)$$

$$z_{ij} \leq y_j \quad \forall j, \forall i \quad (6.23)$$

$$\sum_{j \in J} d_{ij} * z_{ij} \leq m \quad \forall i \quad (6.24)$$

$$z_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, \forall j \quad (6.25)$$

$$y_j \in \{0,1\} \quad \forall j \quad (6.26)$$

Eş. 6.20, p-merkez ve p-medyan problemlerinin amaç fonksiyonları toplamının minimizasyonunu ifade etmektedir. Kısıtlar ise, p-merkez ve p-medyan problemlerinin kısıtlarının tamamından oluşmaktadır.

#### 6.2.4. LP-metrik yaklaşımı

Lp metrik yaklaşımı, birbiri ile çelişen hedeflere sahip çok amaçlı problemlerin eş zamanlı çözümünde yaygın olarak kullanılan yaklaşımdır. Bu yöntemde göre, ilk olarak her bir amaç için model ayrı ayrı çalıştırılmaktadır. Sonra, her bir amaç ile o amacın optimal değeri arasındaki normalize edilmiş farkların toplamını minimize eden tek amaçlı bir model kurulmaktadır [113]. İki amaçlı bir problemde, amaç fonksiyonları sırası ile  $Z_1, Z_2$  ile temsil edilsin. LP-metrik yöntemine göre her iki amaç için de ayrı ayrı modeller çözülmeli ve optimal değerleri bulunmalıdır. Sırası ile her bir amaç fonksiyonunun optimal değerlerinin  $Z_1^*, Z_2^*$  ile, karar verici tarafından atanan ağırlık değerlerinin de  $w_1$  ve  $w_2$  ile gösterildiği LP-metrik amaç fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$\text{Min} \left[ w_1 * \frac{Z_1^* - Z_1}{Z_1^*} + w_2 * \frac{Z_2^* - Z_2}{Z_2^*} \right] \quad (6.27)$$



## 7. UYGULAMA

Bu çalışmada Çankaya İlçe Belediyesine ait kurulmak istenen atık getirme merkezlerinin yer seçim problemi ele alınmıştır. Bu problem, Avrupa Birliği uyum sürecinde her ilçe belediyesinin kendi sınırları içinde atık getirme merkezi kurması gerekliliğinden kaynaklanmaktadır [36]. Aynı zamanda, atık getirme merkezlerinin geri dönüşüm konusunda çevreye ve ülkeye katkısının bulunması da bu problemin önemini arttırmaktadır [2]. Ayrıca, bu merkezler pek çok ülkede, en çok geri dönüşüm malzemesinin toplandığı yerler arasında yer almaktadır.

Problemin amacı, tüketicilerin kaynağından ayrı topladıkları atıkları kolaylıkla getirip bırakabilecekleri getirme merkezlerinin yer seçiminin yapılmasıdır. Kurulacak bu atık getirme merkezleri sayesinde toplanan geri dönüştürülebilir atık miktarının ve ayırma kalitesinin artırılması hedeflenmektedir [36].

2014 yılına kadar Çankaya ilçesi 116 mahalleden oluşmaktaydı. 6360 sayılı “*On Üç İlde Büyükşehir Belediyesi ve Yirmi Altı İlçe Kurulması İle Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun*” gereği Konutkent, Koru, Prof. Dr. Ahmet Taner Kışlalı, Ümit, Yaşamkent, Alacaatlı, Çayyolu ve Dodurga Mahalleleri 30 Mart 2014 tarihinden itibaren Çankaya İlçesi’ne bağlanmıştır [2]. Şu an için toplamda 124 mahalleye hizmet verilmektedir. Bu mahalleler; Mutlukent, Mustafa Kemal, Çukurambar, Söğütözü, Kızılırmak, İşçi Blokları, Çiğdem, Üniversiteler, Ahlatlıbel, Beytepe, Emek, Devlet, Bahçelievler, Yukarı Bahçelievler, Mebusevleri, Yücetepe, Aşağı Dikmen, Oran, Nasuh Akar, Balgat, Ehlibeyt, Cevizlidere, Oğuzlar, Yıldızevler, Yakubabdal, Çankaya, Birlik, Kırkkonaklar, İlkbahar, Hilal, Sancak, Orta İmrahor, Yeşilkent, Karataş, Bademlidere, Şehit Cengiz Karaca, Malazgirt, Akpınar, Keklik Pınarı, Şehit Cevdet Özdemir, Ata, Karapınar, Gökkuşığı, Huzur, Aydınlar, Mürsel Uluç, Aşağı Öveçler, Harbiye, Öveçler, Yukarı Öveçler, Sokullu Mehmet Paşa, Çavuşlu, Karahasanlı, Yayla, Aşağı İmrahor, Akarlar, Evciler, Kömürcü, Tohumlar, Ayrancı, Güvenevler, Aziziye, Remzi oğuz Arık, Kazım Özalp, Büyükesat, Bağcılar, Gaziosmanpaşa, 100.Yıl, Murat, Bayraktar, Umut, Muhsin Ertuğrul, Barbaros, Küçükesat, Kavaklıdere, Esatoğlu, Doğuş, Seyranbağları, Tınaztepe, İlkadım, Güzeltepe, Naci Çakır, Osman Temiz, Metin Akkuş, İlker, Yukarı Dikmen, Boztepe, Aşıkpasha, Arka Topraklık, Cebeci, Çamlıtepe, Dilekler,

Erturul Gazi, Erzurum, Fakülteler, Göktürk, İleri, Metin Oktay, Mimar Sinan, Ön Cebeci, Topraklık, Zafertepe, 50.Yıl, İncesu, Anıttepe, Eti, Maltepe, Korkutreis, Sağlık, Fidanlık, Cumhuriyet, Kızılay, Namık Kemal, Meşrutiyet, Kocatepe, Kültür, Konutkent, Kuru, Prof. Dr. Ahmet Taner Kışlalı, Ümit, Yaşamkent, Alacaatlı, Çayyolu, Dodurga'dır [2].

Atık getirme merkezlerinin kurulabileceği aday mahalleler Atık Getirme Merkezi Tebliğ Taslağı'nda belirtilen teknik kriterlere göre CİS (Coğrafi İzleme Sistemi) ile belirlenmiştir. Tebliğe göre, bu merkezlerin kurulabileceği yerler 1000 m<sup>2</sup> alana sahip ve belediye tarafından hizmet ve teknik altyapı alanı olarak belirlenmiş olmalıdır. Buna göre aday tesis yeri olarak 15 mahalle seçilmiştir. Bu 15 mahalle Çizelge 7.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 7.1. Aday tesis yerleri

| Sıra | Mahalleler                   |
|------|------------------------------|
| 1    | Ata Mahallesi 1              |
| 2    | Ata Mahallesi 2              |
| 3    | Bağcılar Mahallesi           |
| 4    | Beytepe Mahallesi 1          |
| 5    | Beytepe Mahallesi 2          |
| 6    | Beytepe Mahallesi 3          |
| 7    | Cevizlidere Mahallesi        |
| 8    | Çukurambar Mahallesi         |
| 9    | Gökkuşuğu Mahallesi          |
| 10   | Huzur Mahallesi              |
| 11   | Karapınar Mahallesi          |
| 12   | Mustafa Kemal Paşa Mahallesi |
| 13   | Sokullu Mahallesi            |
| 14   | Yıldızevler Mahallesi        |
| 15   | Yukarı Dikmen Mahallesi      |

Belediyenin konu ile ilgili biriminde çalışanlarla yapılan görüşmeler sonucunda atık getirme merkezlerinden beklenenlerin aşağıdaki gibi olduğu anlaşılmıştır;

Atık getirme merkezlerinin kurulmasıyla atık toplama konusunda belediyeye gelen taleplerin azalması, atık tiplerinin vatandaşlar tarafından kaynağından ayrılmasının sağlanması, toplanan ambalaj atık miktarının arttırılması, evsel katı atık miktarının azaltılması ve geri dönüşüme yollanan atık miktarının arttırılması beklenmektedir.

Atık getirme merkezlerinin yer seçimini etkileyen nicel kriterlerin yanında nitel kriterler de

bulunmaktadır. Çalışmada, yer seçimini etkileyen kriterler belirlendikten sonra kriterler arasındaki ilişkileri belirlemede çok kriterli karar verme yöntemlerinden DEMATEL kullanılmış, daha sonra kriterler arasındaki ilişkiler dikkate alınarak ANP yöntemiyle her bir aday tesis yerinin öncelik değerleri belirlenmiştir. Atık getirme merkezlerinin kurulacağı yerin belirlenmesindeki önemli noktalardan bir tanesi vatandaşın kolay ulaşabilmesi olduğundan daha önce bahsedilmiştir. Atıkların toplanmasında pasif toplama stratejisinin kullanılacağı düşünüldüğünde kurulan tesislerin yerleşim bölgelerine uzaklığını minimize eden p-medyan ya da en dezavantajlı yerleşim yerinin uzaklığını minimize eden p-merkez modellerinin de tesis yeri seçimi için uygun olduğu görülmektedir. Çalışmada atık getirme merkezlerinin yer seçimi için, aday tesis yerlerinin ANP yönteminden elde edilen öncelik değerlerinin p-medyan ve p-merkez problemlerinin amaç fonksiyonlarıyla bütünleştirildiği modeller kullanılmıştır. Bu sayede birden fazla amaç dikkate alınarak hem tesislerin kurulacağı yerler hem de hangi mahallelerin hangi tesislerden hizmet alacağı belirlenmiştir. Böylece kurulacak olan ALO-ATIK hatları ile vatandaşların atıklarını taşıyamaması durumunda hangi tesisten lojistik destek sağlanacağı da belirlenmiş olacaktır.

### **7.1. Atık Getirme Merkezlerinin Kurulacağı Aday Yerler İçin Öncelik Değerlerinin Belirlenmesi**

Çankaya Belediyesi'nin kurması gereken atık getirme merkezlerinin yer seçimi için 15 alternatif yer, belirlenen 5 ana, 16 alt kritere göre değerlendirilmiştir. Literatürdeki birçok çalışmada yaş, cinsiyet, eğitim, gelir, aile büyüklüğü, politik inanışlar, daire tipi, mesafe, etnik kökenin bu merkezlerin etkinliğini ne düzeyde etkilediği incelenmiştir. Gamba ve Oskamp; Werner ve Makela, atık getirme merkezlerinin kullanımı ile yaş ve cinsiyet arasında hiçbir ilişki olmadığını ortaya koymuştur [114, 115]. Owens ve diğerleri, eğitim düzeyinin merkezlerin etkinliğinde en önemli kriterlerden biri olduğunu göstermiştir [116]. Sidique ve diğerleri, bu merkezlere yakınlığın yani mesafenin bu merkezlerin etkinliğinde oldukça etkili olduğunu göstermiştir [38]. Snyder ve diğerleri da mesafe, atık miktarı, nüfus, eğitim durumu gibi değişkenlerin yanında yaş, cinsiyet gibi demografik özelliklerin bu merkezlerin etkinliğinde önemi olmadığını belirtmişlerdir [117]. Aile büyüklüğü, konut tipi, politik inanış ve etnik kökenlerin bu merkezlerin kullanımı üzerindeki etkilerine ilişkin çok fazla çalışma bulunmamakla beraber var olan çalışmalarda bu ilişkilerin çok

düşük olduğu ortaya konmuştur.

Tez kapsamında aday tesis yerlerinin değerlendirilmesinde kullanılan ana ve alt kriterler literatürden [4, 5, 24, 38, 39, 117-119] ve uzman görüşleri doğrultusunda belirlenmiş ve Çizelge 7.2’de verilmiştir. Çalışmada Çizelge 7.2’de gösterilen alt ve ana kriterler kullanılarak Çizelge 7.1’deki 15 mahalle karşılaştırılmıştır. Çalışmada alt kriterler arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde DEMATEL yöntemi kullanılmıştır. Kriterler arasındaki ilişkiler Lee ve diğerleri, Ansah ve diğerleri’inde uyguladığı grup karar verme yöntemi ile oy birliğine dayalı olarak belirlenmiştir [120, 121].

Çizelge 7.2. Alt ve ana kriterler

| Ana Kriterler       | Alt Kriterler                                                                                       |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sosyal (K1)         | Gece nüfus oranı (K1,1)<br>Gündüz nüfus oranı (K1,2)<br>Halk tepkisi (K1,3)                         |
| Sosyo-Kültürel (K2) | Nüfus Atık Miktarı (K2,1)<br>Eğitim oranı (K2,2)<br>Çalışan nüfus oranı (K2,3)                      |
| Topoğrafik (K3)     | Arazi değeri (K3,1)<br>Arazi eğimi (K3,2)<br>Su kaynaklarına yakınlık (K3,3)                        |
| Ulaşım (K4)         | Alternatif yol yapımı (K4,1)<br>Mesafe (K4,2)<br>Trafik yoğunluğu (K4,3)<br>Ulaşım kolaylığı (K4,4) |
| Çevresel (K5)       | Estetik (K5,1)<br>Sosyal alan yapılma (K5,2)<br>Şehirleşme (K5,3)                                   |

DEMATEL yönteminin ilk adımı olan kriterler arasındaki direkt ilişki matrisi Çizelge 6.1’de gösterilen 5 seviyeli karşılaştırma skalası kullanılarak, Çankaya İlçe Belediyesinde çalışan ve tesisin kurulacağı alanları yakından bilen iki çevre mühendisi, bir şehir bölge planlamacısı ve bir tane endüstri mühendisi tarafından doldurulmuştur. Alt kriterler için oluşturulan ilişki matrisi Çizelge 7.3’te gösterilmektedir.

Çizelge 7.3. Alt kriterler direkt ilişki matrisi

|      | K1,1 | K1,2 | K1,3 | K2,1 | K2,2 | K2,3 | K3,1 | K3,2 | K3,3 | K4,1 | K4,2 | K4,3 | K4,4 | K5,1 | K5,2 | K5,3 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| K1,1 | 0    | 0    | 0    | 3    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 1    | 0    |
| K1,2 | 1    | 0    | 1    | 3    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 2    | 0    | 0    | 1    | 0    |
| K1,3 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K2,1 | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K2,2 | 0    | 0    | 3    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K2,3 | 0    | 1    | 1    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 2    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K3,1 | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 2    | 0    |
| K3,2 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K3,3 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K4,1 | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 2    | 2    | 2    | 0    | 0    | 1    |
| K4,2 | 0    | 0    | 1    | 2    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K4,3 | 0    | 0    | 1    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K4,4 | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K5,1 | 0    | 0    | 2    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K5,2 | 0    | 1    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 2    | 0    | 0    | 0    |
| K5,3 | 1    | 1    | 0    | 1    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |

DEMATEL yöntemin ikinci adımında her bir seviyedeki kriterlere ait normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi Eş. 6.1 ve Eş. 6.2 kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen matris Çizelge 7.4’de verilmiştir.

Çizelge 7.4. Alt kriterler için normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi

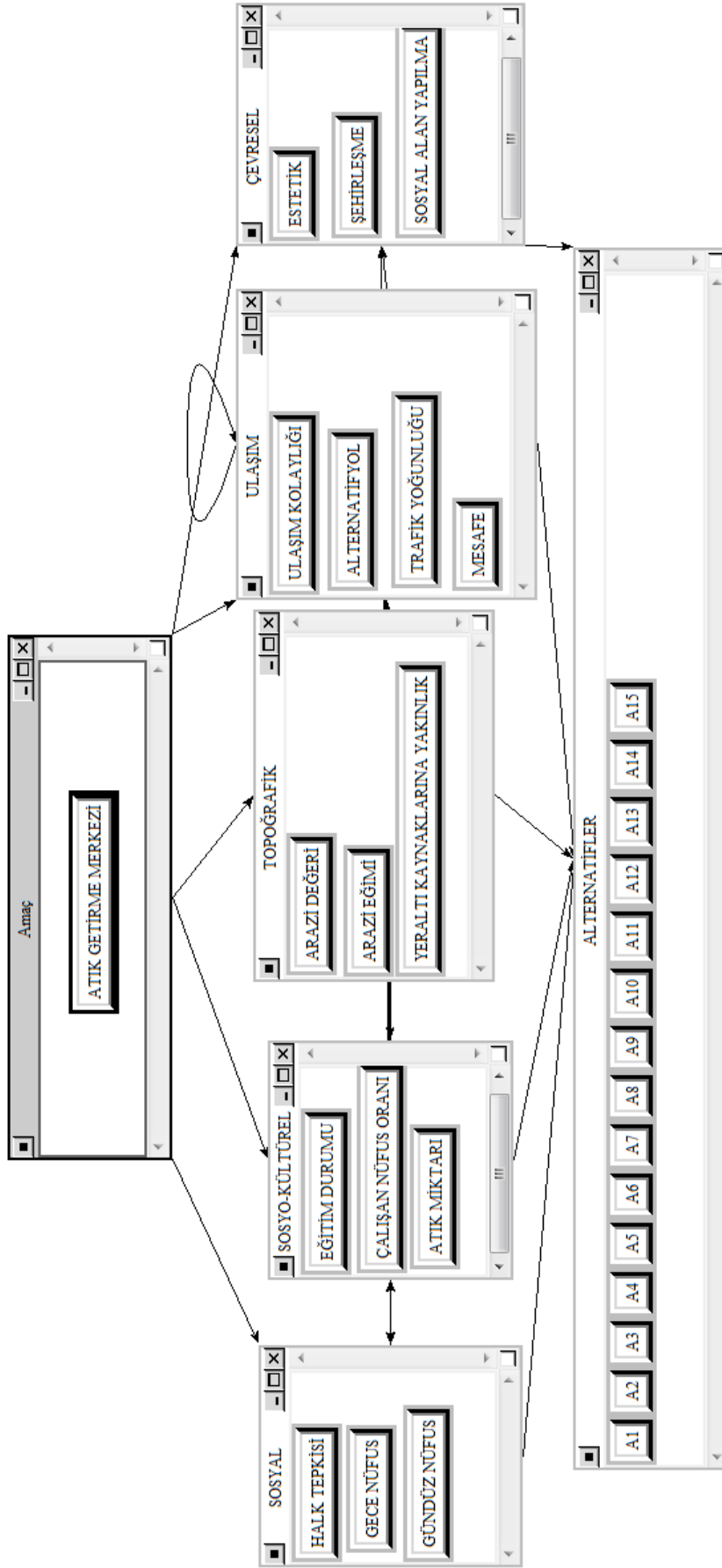
|      | K1,1 | K1,2 | K1,3 | K2,1 | K2,2 | K2,3 | K3,1 | K3,2 | K3,3 | K4,1 | K4,2 | K4,3 | K4,4 | K5,1 | K5,2 | K5,3 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| K1,1 | 0    | 0    | 0    | 0,2  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,07 | 0    | 0    | 0,07 | 0    |
| K1,2 | 0,07 | 0    | 0,07 | 0,2  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,13 | 0    | 0    | 0,07 | 0    |
| K1,3 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K2,1 | 0    | 0    | 0,07 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K2,2 | 0    | 0    | 0,2  | 0,07 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K2,3 | 0    | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,13 | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K3,1 | 0    | 0    | 0,07 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,13 | 0    |
| K3,2 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,07 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K3,3 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,07 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K4,1 | 0    | 0    | 0    | 0,07 | 0    | 0    | 0,07 | 0    | 0    | 0    | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0    | 0    | 0,07 |
| K4,2 | 0    | 0    | 0,07 | 0,13 | 0    | 0    | 0,00 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K4,3 | 0    | 0    | 0,07 | 0,07 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K4,4 | 0    | 0    | 0    | 0,07 | 0    | 0    | 0,07 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K5,1 | 0    | 0    | 0,13 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K5,2 | 0    | 0,07 | 0    | 0,07 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,13 | 0    | 0    | 0    |
| K5,3 | 0,07 | 0,07 | 0    | 0,07 | 0    | 0,07 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |

Yöntemin üçüncü adımı toplam ilişki matrislerinin belirlenmesidir. Eş. 6.3 ile yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen toplam ilişki matrisi ve Eş. 6.4, Eş. 6.5 ve Eş. 6.6 kullanılarak hesaplanan D+R ve D-R değerleri Çizelge 7.5’te gösterilmektedir.

Çizelge 7.5. Alt kriterler için toplam ilişki matrisi ve D+R, D-R değerleri

|      | K1,1 | K1,2 | K1,3 | K2,1 | K2,2 | K2,3 | K3,1 | K3,2 | K3,3 | K4,1 | K4,2 | K4,3 | K4,4 | K5,1 | K5,2 | K5,3 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| K1,1 | 0    | 0    | 0,02 | 0,21 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,07 | 0    | 0    | 0,07 | 0    |
| K1,2 | 0,07 | 0    | 0,09 | 0,23 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,14 | 0    | 0    | 0,07 | 0    |
| K1,3 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K2,1 | 0    | 0    | 0,07 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K2,2 | 0    | 0    | 0,20 | 0,07 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K2,3 | 0    | 0,07 | 0,09 | 0,09 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,14 | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K3,1 | 0    | 0,01 | 0,07 | 0,01 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K3,2 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,07 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,01 | 0    |
| K3,3 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,07 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,01 | 0    |
| K4,1 | 0    | 0,01 | 0,03 | 0,11 | 0    | 0    | 0,08 | 0    | 0    | 0    | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0    | 0,01 | 0,07 |
| K4,2 | 0    | 0    | 0,08 | 0,13 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K4,3 | 0    | 0    | 0,07 | 0,07 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K4,4 | 0    | 0    | 0,01 | 0,07 | 0    | 0    | 0,07 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,01 | 0    |
| K5,1 | 0    | 0    | 0,13 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| K5,2 | 0    | 0,07 | 0,01 | 0,08 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,01 | 0,13 | 0    | 0    | 0    |
| K5,3 | 0,07 | 0,07 | 0,02 | 0,10 | 0    | 0,07 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,02 | 0    | 0    | 0,01 | 0    |
| D+R  | 0,53 | 0,83 | 0,8  | 1,22 | 0,3  | 0,47 | 0,34 | 0,07 | 0,07 | 0,7  | 0,34 | 0,65 | 0,43 | 0    | 0,49 | 0,43 |
| D-R  | 0,23 | 0,39 | -0,8 | -1,1 | 0,4  | 0,33 | -0,2 | 0,07 | 0,07 | 0,7  | 0,08 | -0,4 | -0,2 | 0    | 0,17 | 0,30 |

Alt kriterler için uzman grup tarafından belirlenen eşik değeri 0,10'dur. Bu değerden büyük olan her hücre bir ilişkiyi temsil etmektedir. Kriterler arası ilişkiler belirlendikten sonra Super Decisions 15.0 paket programı kullanılarak ilişkileri dikkate alan hiyerarşik yapı kurulmuş ve ANP yöntemi uygulanmaya başlanmıştır. Yöntem sonucunda ortaya çıkan ilişki yapısı Şekil 7.1'de daha net bir şekilde gösterilmektedir.



Şekil 7.1. Atık getirme merkezi için DEMATEL yöntemine göre elde edilen ağ yapısı





Ağ yapısı oluşturulduktan sonra ANP için ikili karşılaştırmalar uzman grup tarafından Saaty'nin 1-9 skalasına göre doldurulmuştur. Super Decision paket programı yardımı ile hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Tutarlılık indekslerinin tamamının kabul edilebilir aralıkta olduğu görüldükten sonra hesaplamalardan elde edilen ağırlık değerleri süpermatriste yerlerine konulmuştur. Çizelge 7.6'da ana kriterlerin ikili karşılaştırmaları gösterilmiştir. Ana kriterlerin tutarlılık indeksi 0,07'dir. Çizelge 7.7'de ise DEMATEL yönteminden elde edilen ilişkiler sonucunda, bir ana kriter kümesinde olup diğer bir ana kriter kümesindeki en az iki alt kriterle ilişkili çıkan alt kriterler arasındaki karşılaştırma matrisi verilmiştir. Buna göre "Sosyo-kültürel" kümesindeki "Atık miktarı", "Sosyal" kümesindeki "gece nüfus oranı" ve "gündüz nüfus oranı" ile ilişkilidir. Bu matrisin tutarlılık oranı ise 0,000001'dir.

Çizelge 7.6. Atık getirme merkezi tesis yer seçim amacına göre ana kriter karşılaştırmaları

|    | K1 | K2  | K3  | K4  | K5 | Ağırlıklar |
|----|----|-----|-----|-----|----|------------|
| K1 | 1  | 1/3 | 1/6 | 1/9 | 1  | 0,045      |
| K2 | 3  | 1   | 3   | 1/5 | 5  | 0,202      |
| K3 | 6  | 1/3 | 1   | 1/5 | 3  | 0,135      |
| K4 | 9  | 5   | 5   | 1   | 9  | 0,573      |
| K5 | 1  | 1/5 | 1/3 | 1/9 | 1  | 0,045      |

Çizelge7.7. Atık miktarına göre gece ve gündüz nüfus kriterlerinin karşılaştırmaları

|      | K1,1 | K1,2 | Ağırlıklar |
|------|------|------|------------|
| K1,1 | 1    | 1/3  | 0,250      |
| K1,2 | 3    | 1    | 0,750      |

Daha sonraki aşamada ise, sosyal, sosyo-kültürel, topoğrafik, ulaşım ve çevresel kümelerine bağlı alt kriterler arasındaki ikili karşılaştırma matrisleri doldurulmuştur. Her bir kümeye ait alt kriterler arasındaki ikili karşılaştırma matrisleri Çizelge 7.8-7.12 arasında verilmiştir. Matrislerin tutarlılık oranları sırasıyla, 0,01, 0,08, 0,08, 0,07, 0,09'dur.

Çizelge 7.8. "Sosyal" kümesine göre kriterlerin ikili karşılaştırılması

|      | K1,1 | K1,2 | K1,3 | Ağırlıklar |
|------|------|------|------|------------|
| K1,1 | 1    | 1/3  | 1    | 0,21       |
| K1,2 | 3    | 1    | 2    | 0,55       |
| K1,3 | 1    | 1/2  | 1    | 0,24       |

Çizelge 7.9. "Sosyo-kültürel" kümesine göre kriterlerin ikili karşılaştırılması

|      | K2,1 | K2,2 | K2,3 | Ağırlıklar |
|------|------|------|------|------------|
| K2,1 | 1    | 3    | 1/4  | 0,23       |
| K2,2 | 1/3  | 1    | 1/5  | 0,10       |
| K2,3 | 4    | 5    | 1    | 0,67       |

Çizelge 7.10. "Topoğrafik" kümesine göre kriterlerin ikili karşılaştırılması

|      | K3,1 | K3,2 | K3,3 | Ağırlıklar |
|------|------|------|------|------------|
| K3,1 | 1    | 1/3  | 4    | 0,28       |
| K3,2 | 3    | 1    | 5    | 0,63       |
| K3,3 | 1/4  | 1/5  | 1    | 0,09       |

Çizelge 7.11. "Ulaşım" kümesine göre kriterlerin ikili karşılaştırılması

|      | K4,1 | K4,2 | K4,3 | K4,4 | Ağırlıklar |
|------|------|------|------|------|------------|
| K4,1 | 1    | 1/7  | 1/3  | 1/3  | 0,07       |
| K4,2 | 7    | 1    | 5    | 1    | 0,45       |
| K4,3 | 3    | 1/5  | 1    | 1/4  | 0,12       |
| K4,4 | 3    | 1    | 4    | 1    | 0,36       |

Çizelge 7.12. "Çevresel" kümesine göre kriterlerin ikili karşılaştırılması

|      | K5,1 | K5,2 | K5,3 | Ağırlıklar |
|------|------|------|------|------------|
| K5,1 | 1    | 1/5  | 1/2  | 0,14       |
| K5,2 | 5    | 1    | 1    | 0,50       |
| K5,3 | 2    | 1    | 1    | 0,37       |

Kümelere ait tüm ikili karşılaştırmalar yapıldıktan sonra elde edilen ağırlık matrisi Çizelge 7.13’de verilmektedir. İkili karşılaştırma değerlerinin süpermatrise yerleştirilmesi ile elde edilen Ek 1’de yer alan başlangıç matrisinin (ağırlıklandırılmamış süpermatris) ilgili sütun ve değerleri Çizelge 7.13’deki ağırlık matrisi ile çarpılarak ağırlıklandırılmış süpermatris elde edilmiştir. Bu matris Ek 2’de yer almaktadır.

Çizelge 7.13. Kriter kümelerinin ağırlık matrisi

|               | Alternatifler | K1   | K2   | K3   | K4   | K5   |
|---------------|---------------|------|------|------|------|------|
| Alternatifler | 0,00          | 0,12 | 0,04 | 1,00 | 0,1  | 1,00 |
| K1            | 0,00          | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,07 | 0,00 |
| K2            | 0,00          | 0,88 | 0,18 | 0,00 | 0,17 | 0,00 |
| K3            | 0,00          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| K4            | 0,00          | 0,00 | 0,63 | 0,00 | 0,7  | 0,00 |
| K5            | 0,00          | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,07 | 0,00 |

Ağırlıklandırılmış matrisin limiti alınarak limit süpermatris elde edilmiştir. Bütün bu işlemler sonucu hesaplanan kriter ağırlıkları Çizelge 7.14’de gösterilmektedir. Bu değerler dikkate alındığında, bir atık getirme merkezinin tesis yer seçimi için en önemli kriterlerinden bazılarının; eğitim durumu, mesafe, alternatif yol durumu, ulaşım kolaylığı, arazinin eğimi olduğu görülmektedir. Çizelge 7.15’de ise alternatiflerin öncelik değerleri yer almaktadır. Bu değerler incelendiğinde atık getirme merkezlerinin kurulması için en uygun mahalleler “Beytepe 3 ve Çukurambar” olarak belirlenmiştir.

Çizelge 7.14. Kriter ağırlıkları

| KRİTERLER | KRİTER AĞIRLIKLARI |
|-----------|--------------------|
| K1,1      | 0,009              |
| K1,2      | 0,028              |
| K1,3      | 0,009              |
| K2,1      | 0,040              |
| K2,2      | 0,134              |
| K2,3      | 0,028              |
| K3,1      | 0,038              |
| K3,2      | 0,085              |
| K3,3      | 0,013              |
| K4,1      | 0,152              |
| K4,2      | 0,275              |
| K4,3      | 0,037              |
| K4,4      | 0,109              |
| K5,1      | 0,004              |
| K5,2      | 0,026              |
| K5,3      | 0,014              |

Çizelge 7.15. Aday mahallelerin öncelik değerleri

|    |                              |       |
|----|------------------------------|-------|
| 1  | Ata Mahallesi 1              | 0,069 |
| 2  | Ata Mahallesi 2              | 0,061 |
| 3  | Bağcılar Mahallesi           | 0,044 |
| 4  | Beytepe Mahallesi 1          | 0,098 |
| 5  | Beytepe Mahallesi 2          | 0,049 |
| 6  | Beytepe Mahallesi 3          | 0,101 |
| 7  | Cevizlidere Mahallesi        | 0,073 |
| 8  | Çukurambar Mahallesi         | 0,105 |
| 9  | Gökkuşluğu Mahallesi         | 0,050 |
| 10 | Huzur Mahallesi              | 0,073 |
| 11 | Karapınar Mahallesi          | 0,050 |
| 12 | Mustafa Kemal Paşa Mahallesi | 0,052 |
| 13 | Sokullu Mahallesi            | 0,050 |
| 14 | Yıldızevler Mahallesi        | 0,063 |
| 15 | Yukarı Dikmen Mahallesi      | 0,061 |

## 7.2. Modelleme Aşaması

Atık getirme merkezlerinin yer seçiminde sadece ANP'den elde edilen öncelik değerlerine bağlı kalınmamış, elde edilen bu değerler p-medyan probleminin tesislerin yerleşim yerlerinden toplam uzaklığını minimize etme amacı ve p-merkez probleminin yerleşim yerlerinin tesislere maksimum uzaklığını minimize etme amacı ile ayrı ayrı birleştirilerek ilgili matematiksel modeller kurulmuştur. Daha sonrada problem, p-medyan ve p-merkez problemlerinin amaçlarını eş zamanlı dikkate alan centdian problemi olarak modellenmiş ve yine aday tesislerinin öncelik değerleri centdian amacına da dahil edilmiştir. İki ve üç amaçlı bütünleşik amaç fonksiyonları elde edilirken LP-metrik yaklaşımı kullanılmıştır.

Bu çalışmada kurulması planlanan tesisler için bir kapasite kısıtı tanımlanmamıştır. 124 mahalle için aday 15 tesis yerinin mesafe matrisini oluşturmada Google Maps uygulamasından yararlanılmıştır. Bu mesafe matris Ek 2'de gösterilmektedir.

Çankaya Belediyesi için atık getirme merkezlerinin yer seçiminde iki senaryo incelenmiştir: 1 tane atık getirme merkezinin açılması ve 2 tane atık getirme merkezinin açılması durumu. Bu iki senaryoya ve ele alınan amaçlara göre, p-medyan, p-merkez, centdian problemlerinin modelleri ve çözüm sonuçları aşağıda verilmiştir. Modellerin LP-metrik amacıyla çözümü sırasında her bir amacın ağırlıkları eşit alınmıştır. Amaçların ağırlık değerleri değiştirilerek farklı sonuçlara ulaşılabilir.

Ele alınan problemin p-medyan modeli ve kullanılan amaç fonksiyonları aşağıda verilmiştir:

Amaç Fonksiyonları;

$$Z_1 = \min \sum_{i=1}^{124} \sum_{j=1}^{15} d_{ij} z_{ij} \quad (7.1)$$

$$Z_2 = \max \sum_{j=1}^{15} v_j * y_j \quad (7.2)$$

$$Z = \text{Min} \left[ w_1 * \frac{Z_1 - Z_1^*}{Z_1^*} + w_2 * \frac{Z_2^* - Z_2}{Z_2^*} \right] \quad (7.3)$$

Kısıtlar;

$$\sum_{j=1}^{15} z_{ij} = 1 \quad i=1,2,\dots,124 \quad (7.4)$$

$$z_{ij} \leq y_j \quad i=1,2,\dots,124, j=1,2,\dots,15 \quad (7.5)$$

$$\sum_{j=1}^{15} y_j = p \quad (7.6)$$

$$z_{ij}, y_j \in \{0,1\} \quad i=1,2,\dots,124, j=1,2,\dots,15 \quad (7.7)$$

Karar Değişkenleri;

$$z_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ mahallesi } j \text{ mahallesinde açılan atık getirme merkezine atanırsa} \\ 0 & \text{diğer durum} \end{cases}$$

$$y_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ noktasında bir atık getirme merkezi açılırsa} \\ 0 & \text{diğer durum} \end{cases}$$

İki amaç fonksiyonu da sırası ile  $Z_1$ ,  $Z_2$  ile temsil edilmektedir. Sırası ile her bir amaç fonksiyonunun optimal değerleri  $Z_1^*$ ,  $Z_2^*$ 'dir.

Bu modelde Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri kullanılarak nitel kriterleri de dikkate alan ve toplam mesafeyi minimize edecek olan tesis yer seçimi yapılmıştır. Fakat bu modelde en uzaktaki en dezavantajlı mahalle sakinlerinin bu merkezden yararlanmasını kolaylaştıracak hiçbir amaç dikkate alınmamıştır. Bu amacı da dikkate alabilmek için atık getirme merkezlerinin yer seçiminde p-merkez problemine dayanan başka bir model daha kullanılmıştır.

Problemin p-merkez modeli ve kullanılan amaç fonksiyonları aşağıda verilmiştir:

Amaç fonksiyonu;

$$Z_1 = \min m \quad (7.8)$$

$$Z_2 = \max \sum_{j=1}^{15} v_j * y_j \quad (7.9)$$

$$Z = \min \left[ w_1 * \frac{Z_1 - Z_1^*}{Z_1^*} + w_2 * \frac{Z_2^* - Z_2}{Z_2^*} \right] \quad (7.10)$$

Kısıtlar;

$$\sum_{j=1}^{15} c_{ij} * z_{ij} \leq m \quad i=1,2,\dots,124 \quad (7.11)$$

$$\sum_{j=1}^{15} z_{ij} = 1 \quad i=1,2,\dots,124 \quad (7.12)$$

$$\sum_{j=1}^{15} y_j = p \quad (7.13)$$

$$z_{ij} \leq y_j \quad i=1,2,\dots,124, j=1,2,\dots,15 \quad (7.14)$$

$$z_{ij}, y_j \in \{0,1\} \quad i=1,2,\dots,124, j=1,2,\dots,15 \quad (7.15)$$

P-medyan ve p-merkez amaç fonksiyonlarına matematiksel olarak ifade edilemeyen fakat Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerini kullanarak dikkate alınabilen nitel özellikleri de ekleyerek bir amaç fonksiyonu oluşturularak da model çözülmüştür. Farklı birimlerdeki amaç fonksiyonları yine lp-metrik yaklaşımı kullanılarak birleştirilmiştir. Elde edilen yeni amaç fonksiyonu aşağıdaki gibidir,

Amaç fonksiyonu;

$$Z_1 = \min m \quad (7.16)$$

$$Z_2 = \min \sum_{i=1}^{124} \sum_{j=1}^{15} d_{ij} z_{ij} \quad (7.17)$$

$$Z_3 = \max \sum_{j=1}^{15} v_j * y_j \quad (7.18)$$

$$Z = \text{Min} \left[ w_1 * \frac{Z_1 - Z_1^*}{Z_1^*} + w_2 * \frac{Z_2 - Z_2^*}{Z_2^*} + w_3 * \frac{Z_3^* - Z_3}{Z_3^*} \right] \quad (7.19)$$

Kısıtlar;

$$\sum_{j=1}^{15} z_{ij} = 1 \quad i=1,2,\dots,124 \quad (7.20)$$

$$\sum_{j=1}^{15} c_{ij} * z_{ij} \leq m \quad i=1,2,\dots,124 \quad (7.21)$$

$$\sum_{j=1}^{15} y_j = p \quad (7.22)$$

$$z_{ij} \leq y_j \quad i=1,2,\dots,124, j=1,2,\dots,15 \quad (7.23)$$

$$z_{ij}, y_j \in \{0,1\} \quad i=1,2,\dots,124, j=1,2,\dots,15 \quad (7.24)$$

*Senaryo 1:* Açılacak tesis sayısının 1'e eşit olma durumu

P-medyan modeli'nin GAMS 23.5 paket programı ile çözümü sonucunda elde edilen optimal değer 1139 km'dir. Bu, toplam mesafenin minimize edilmesi sonucunda elde edilen değerdir. Seçilen mahalle Sokullu'dur. ANP yönteminden elde edilen öncelik değerlerine göre tesis yer seçimi yapıldığında, en yüksek öncelik değerine sahip aday yer seçilecek ve öncelik değeri 0,105 olacaktır.

P-medyan ve ANP öncelik değerlerinden oluşan amaç fonksiyonlarını birleştiren modelin GAMS 23.5'te çözülmesinden elde edilen sonuçlar şöyledir; tesisin kurulması için seçilen mahalle Çukurambar mahallesidir. P medyan amacının değeri 0,187'dir. ANP öncelik değerlerinin amaç fonksiyonunda aldığı değer ise 1'dir. P medyan ve ANP amaç fonksiyonunun normalize edilmemiş değerleri  $Z_1, Z_2$  sırası ile 1352 km, 0,105'tir. Sonuçlarda görüldüğü üzere her iki amacı da yüksek oranda sağlayan bir tesis ataması yapılmıştır. P medyan amacı 0,84, ANP amacı ise %100 oranında sağlanmaktadır.

P-merkez modeli'nin GAMS 23.5 paket programı ile çözümü sonucunda elde edilen optimal değer 58 km'dir. Bu da, en dezavantajlı (tesise en uzak) müşterinin ulaşım uzaklığını ifade eden değerdir. Seçilen mahalle Karapınar'dır.

P-merkez ve ANP öncelik değerlerinden oluşan amaç fonksiyonlarını birleştiren modelin GAMS 23.5'te çözülmesinden elde edilen sonuçlar şöyledir; tesisin kurulması için seçilen mahalle Çukurambar mahallesidir. P-merkez amacının değeri 0,094'tür. ANP öncelik değerlerinin amaç fonksiyonunda aldığı değer ise 1'dir. P-merkez ve ANP amaç fonksiyonunun normalize edilmemiş değerleri  $Z_1, Z_2$  sırası ile 58.7 km, 0,105'tir. Sonuçlarda görüldüğü üzere her iki amacı da yüksek oranda sağlayan bir tesis ataması yapılmıştır. P-merkez amacı %99, ANP amacı ise %100 oranında sağlanmaktadır.

P-medyan, p-merkez ve ANP öncelik değerlerinden oluşan amaç fonksiyonlarını birleştiren modelin GAMS 23.5'te çözülmesi sonucu seçilen mahalle Çukurambar'dır. ANP, p medyan ve p-merkez amaç fonksiyonunun normalize edilmemiş değerleri  $Z_1, Z_2, Z_3$  sırası ile 0,105, 1352 km, 58.7 km'dir. Sonuçlarda görüldüğü üzere her amacı da yüksek oranda sağlayan bir tesis ataması yapılmıştır. P medyan amacı % 84, ANP amacı ise % 100, p-merkez amacı % 99 oranında sağlanmaktadır.

Modellerin tek tesis kurulması durumunda, amaçlarına göre tesis kurmak üzere seçtiği mahalleler ve amaç fonksiyonlarının ayrı ayrı aldıkları değerler Çizelge 7.16'da gösterilmektedir.

Çizelge 7.16. Tek tesisli modellerin amaçlarına göre tesis kurmak üzere seçtiği mahalleler ve amaç fonksiyonlarının ayrı ayrı aldıkları değerler

| Amaçlar                                   | Tesisin kurulacağı mahalle | Toplam uzaklığın alabileceği en küçük değer | En dezavantajlı talep noktasının alabileceği en küçük değer | ANP öncelik değerlerinin alabileceği en büyük değer |
|-------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| P-medyan ve ANP öncelik değerleri         | 8                          | 1352                                        | -                                                           | 0,105                                               |
| P-merkez ve ANP öncelik değerleri         | 8                          | -                                           | 58,7                                                        | 0,105                                               |
| P-medyan, p-merkez, ANP öncelik değerleri | 8                          | 1352                                        | 58,7                                                        | 0,105                                               |

*Senaryo 2: Açılacak tesis sayısının 2'ye eşit olma durumu*

P-medyan modeli'nin GAMS 23.5 paket programı ile çözümü sonucunda elde edilen optimal değer 834 km'dir. ANP yönteminden elde edilen öncelik değerlerine göre tesis yer seçimi yapıldığında, en yüksek öncelik değerine sahip iki aday yer seçilecek ve toplam öncelik değeri 0,2 olacaktır. En yüksek öncelik değerine sahip iki alternatif Beytepe3 ve Çukurambar mahalleleridir.

P-medyan ve ANP öncelik değerlerinden oluşan amaç fonksiyonlarını bütünleştirilen modelin GAMS 23.5'te çözülmesinden elde edilen sonuçlar Çizelge 7.17'de gösterilmektedir. Seçilen mahalleler Bağcılar ve Çukurambar'dır. Amaç fonksiyonu değeri 0,37'dir. P medyan amacının değeri 0,10'dir. ANP öncelik değerlerinin amaç fonksiyonunda aldığı değer ise 0,25'dir. P medyan ve ANP amaç fonksiyonunun normalize edilmemiş değerleri  $Z_1, Z_2$  sırası ile 918 km, 0,15'tir. Sonuçlarda görüldüğü üzere her iki amacı da yüksek oranda sağlayan bir tesis ataması yapılmıştır. P medyan amacı 0,90, ANP amacı ise 0,73 oranında sağlanmaktadır.

Çizelge 7.17. P-medyan ve ANP öncelik değerlerini bütünleşik olarak ele alan matematiksel model sonucunda tesisin kurulacağı mahaller ve hizmet alacak olan mahalleler

| Tesisin kurulacağı mahalle | Kurulan tesisten hizmet alacak mahalleler                                     |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 3                          | 18,19,25-36,53,55,57-59,61-66,68-79,81,86-104,109,112-114,116,117,120,122,124 |
| 8                          | 1-17,20-24,37-52,54,56,60,67,80,82-85,105,106,108,111,115,118-119,121,123     |

P-merkez modelinin tek amaçlı çözümü ile elde edilen optimal değer 53 km'dir. Yukarıdaki modelde p-merkez ve ANP öncelik değerlerinden oluşan amaç fonksiyonlarını bütünleştirilen modelin GAMS 23.5'te çözülmesinden elde edilen sonuçlar Çizelge 7.18'de gösterilmektedir. Seçilen mahalleler Beytepe 3 ve Çukurambar'dır. Amaç fonksiyonu değeri 0,09'dur. P-merkez amacının değeri  $Z_1$  58, ANP öncelik değerlerinin amaç fonksiyonunda aldığı değer  $Z_2$  ise 0,2 olarak bulunmuştur. Sonuçlarda görüldüğü üzere her iki amacı da yüksek oranda sağlayan bir tesis ataması yapılmıştır. P-merkez amacı %91, ANP amacı ise %100 sağlanmıştır. Fakat bu modelde de toplam uzaklığı minimize eden bir amaç dikkate alınmamıştır. Bu iki amacı da beraber dikkate alabilmek için atık getirme merkezlerinin yer seçimi, p-merkez ve p-medyan problemlerini birleştiren cent-dian problemi olarak modellenmiştir.

Çizelge 7.18. P-merkez ve ANP öncelik değerlerini bütünleşik olarak ele alan matematiksel model sonucunda tesisin kurulacağı mahaller ve hizmet alacak olan mahalleler

| Tesisin kurulacağı mahalle | Kurulan tesisten hizmet alacak mahalleler                                                                                                                  |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6                          | 3,4,6,8,9,11,13-17,19,20,27-29,33-35,40,42,44,46-48,54,55,57-59,63,67,69,71,72,78-84,87-89,92,93,95,97,100,101,103,105,106,108-110,112-115,118-120,122-124 |
| 8                          | Diğerleri                                                                                                                                                  |

P-medyan, p-merkez ve ANP öncelik değerlerinden oluşan amaç fonksiyonlarını bütünleştirilen modelin GAMS 23.5'te çözülmesinden elde edilen sonuçlar Çizelge 7.19'da gösterilmektedir. Seçilen mahalleler Bağcılar ve Çukurambar'dır. Amaç fonksiyonu değeri 0,45'dir. ANP, p medyan ve p-merkez amaç fonksiyonunun normalize edilmemiş değerleri

$Z_1, Z_2, Z_3$  sırası ile 0,15, 918 km, 58 km'dir. Sonuçlarda görüldüğü üzere her amacı da yüksek oranda sağlayan bir tesis ataması yapılmıştır. P medyan amacı 0,90, ANP amacı ise 0,74, p-merkez amacı 0,91 oranında sağlanmaktadır.

Çizelge 7.19. P-medyan, p-merkez amaçlarını ve ANP öncelik değerlerini bütünleşik olarak ele alan matematiksel model sonucunda tesislerin kurulacağı mahalleler ve hizmet alacak olan mahalleler

| Tesisin kurulacağı mahalle | Kurulan tesisten hizmet alacak mahalleler                                       |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 3                          | 18,19,25-36,53,55,57-66,68-79,81,86-104,107,109,110,112-114,116,117,120-122,124 |
| 8                          | 1-17,20-24,37-52,54,56,80,82-85,105,106,108,111,115,118-119,121,123             |

Modellerin iki tesis kurulması durumunda, amaçlarına göre tesis kurmak üzere seçtiği mahalleler ve amaç fonksiyonlarının ayrı ayrı aldıkları değerler Çizelge 7.20'de gösterilmektedir.

Çizelge 7.20. İki tesisli modellerin amaçlarına göre tesis kurmak üzere seçtiği mahalleler ve amaç fonksiyonlarının ayrı ayrı aldıkları değerler

| Amaçlar                                   | Tesisin kurulacağı mahalle | Toplam uzaklığın alabileceği en küçük değer | En dezavantajlı talep noktasının alabileceği en küçük değer | ANP öncelik değerlerinin alabileceği en büyük değer |
|-------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| P-medyan ve ANP öncelik değerleri         | 3, 8                       | 918 km                                      | -                                                           | 0,15                                                |
| P-merkez ve ANP öncelik değerleri         | 6, 8                       | -                                           | 58km                                                        | 0,2                                                 |
| P-medyan, p-merkez, ANP öncelik değerleri | 3, 8                       | 918km                                       | 58km                                                        | 0,15                                                |

Modeller ve sonuçlarından da anlaşılabacağı üzere kurulacak atık getirme merkezi için en uygun mahalle Çukurambar'dır. Kurulacak tesis sayısının 2'ye çıkarılması durumunda ise en uygun mahalleler kurulan çok amaçlı modellerden iki tanesinin de desteklemiş olduğu 3 no'lu aday tesis yeri olan Bağcılar ve 8 no'lu aday tesis yeri olan Çukurambar'dır.



## 8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Atık getirme merkezleri, geri kazanılabilir atıkların diğer atıklarla karıştırılmadan kaynağında ayrı toplanmasının sağlanması ve geri kazanım ve/veya bertarafa gönderilmek üzere bırakılması amacıyla vatandaşlara hizmet vermek için tasarlanan tesislerdir. AB Atık Çevre Direktifinde yer alan 2015 yılı hedeflerinden biri cam, kağıt, plastik, metal gibi atıkların kaynağından ayrı toplanmasıdır. Bu hedefin gerçekleştirilmesi için her ilçe belediyenin kendi bünyesinde atık toplama merkezleri kurması gerekmektedir. Bu direktif gereğince Çankaya Belediyesi kendi sınırları içinde gerekli sayıda atık getirme merkezi kurma kararı almıştır.

Bu çalışmanın amacı, kurulacak olan bu atık getirme merkezlerinin yerlerinin belirlenmesidir. Bu doğrultuda ilk olarak nitel ve nicel kriterleri de dikkate alan Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden biri olan DEMATEL yöntemi ile hiyerarşik yapıdaki problemin her bir seviyesi için ilişkiler tanımlanmıştır. Bu ilişkiler tanımlandıktan sonra ANP yöntemi kullanılarak kriterler için ağırlık değerleri ve her bir aday tesis yeri için öncelik değerleri bulunmuştur.

ANP ile elde edilen kriter ağırlıkları incelendiğinde, atık getirme merkezlerinin etkinliği üzerinde en çok payı olan kriterlerin literatürü destekler şekilde ortaya çıktığı görülmektedir. Literatürdeki diğer çalışmalarda bahsedildiği gibi bu çalışmada da mesafe, eğitim düzeyi, ulaşım kolaylığı gibi kriterler bu merkezlerin kullanım sıklıklarının en çok etkileyen faktörler olarak belirlenmiştir. Ayrıca, literatürde dikkate alınan kriterlere ek olarak, bu çalışma kapsamında aday tesis yerlerinin arazi eğimlerinin de atık getirme merkezlerinin tesis yer seçiminde önemli bir faktör olduğu ortaya konmuştur.

Atık getirme merkezlerinin yer seçimi için sadece ANP'den elde edilen öncelik değerlerine bağlı kalmamak, geniş bir alana hizmet verecek tesislerin müşterilere uzaklığını da dikkate almak için problemin çözümüne p-medyan, p-merkez ve centdian gibi tesis yer seçim modelleri de dahil edilmiştir. ANP'den elde edilen öncelik değerleri söz konusu tesis yer seçim modellerinin amaç fonksiyonları, LP-metrik yaklaşımı ile birleştirilerek atık getirme merkezlerinin kurulacağı yerlere ve tesislerden hizmet alacak mahallelere karar verilmiştir.

Buna göre ilk olarak, ANP öncelik değerleri p-medyan amacı ile birlikte ele alındığında,

sonucun hem ANP hem de müşterilerin tesislere toplam uzaklık amacını yüksek oranda, sırasıyla tek tesis kurulması durumu için %100 ve %84, iki tesis kurulması durumu için ise %74 ve %90 oranlarında sağladığı görülmüştür. Bu modelin çözümü sonucu atık getirme merkezlerinin kurulması için seçilen mahalleler tek tesis için Çukurambar, iki tesis için ise Bağcılar ve Çukurambar olmuştur.

İkinci olarak, ANP öncelik değerleri, p-merkez probleminin en dezavantajlı müşterinin hizmet aldığı tesise uzaklığını minimize etme amacıyla birleştirildiğinde Tek tesis kurulması durumunda Çukurambar, iki tesis kurulması durumunda ise Beytepe 3 ve Çukurambar mahalleleri tesislerin kurulacağı yerler olarak seçilmiştir. Bu modelin çözümü sonucunda da ANP amacı ve p-merkez amacı, sırasıyla p'nin 1 olma durumu için %100 ve %99, p'nin 2 olma durumu için ise %100 ve %91 olmak üzere, yüksek oranlarda sağlanmıştır.

Gerçek hayat problemlerinde p-medyan ve p-merkez problemlerinin amaçları eş zamanlı olarak dikkate alınmak istenebilir. Bu nedenle ANP, p-medyan ve p-merkez amaçlarını ve p-merkez, p-medyan kısıtlarını birleştiren bir model daha kurulmuştur. Bu modelin çözümü sonucunda tek tesis kurulması durumunda Çukurambar, iki tesis kurulması durumunda ise Bağcılar ve Çukurambar mahalleleri tesislerin kurulacağı yerler olarak belirlenmiş, ANP, p-medyan ve p-merkez amaçları da (bu amaçların bireysel olarak en iyilendiği duruma göre), sırasıyla, p'nin 1 olma durumu için, %100, %84, %99, p'nin 2 olma durumunda ise %71, %90, %91 oranlarında sağlanmıştır.

Sonuç olarak, üç farklı model kurularak farklı amaç kombinasyonlarına göre tesislerin kurulacağı yerler belirlenmiştir. Tek tesisin kurulması halinde en uygun yer Çukurambar mahallesi seçilmiştir. İki tesis kurulması halinde ise karar verici, dikkate alacağı amaçlara göre bu alternatif çözümlerden birini seçebilir.

İleriki çalışmalarda, problem, toplama stratejisinin kullanılacağı durum için modellenilebilir. Farklı belediyeler içinde aynı çalışma yapılabilir.

## KAYNAKLAR

1. Bilim Sanayi Ve Teknoloji Bakanlığı. (2014). Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planı: BSTB raporu, *Ankara*, 154-158.
2. İnternet: Ambalaj atıkları geri kazanımı projesi. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.cankaya.bel.tr%2Fpages%2F185%2FAmbalaj-Atiklari-Geri-Kazanım-Projesi%2F&date=2016-06-11>, Son Erişim Tarihi: 26.11.2015.
3. Saphores, J.D.M., Nixon, H., Ogunseitan, O.A. and Shapiro, A.A. (2006). Household willingness to recycle electronic waste: An application to California. *Environment and Behavior*, 38(2), 183-208.
4. Eskandari, M., Homaei, M. and Mahmodi, S. (2012). An integrated multi criteria approach for landfill siting in a conflicting environmental, economical and socio-cultural area. *Waste Management*, 32(8), 1528-1538.
5. Aragonés-Beltrán, P., Pastor-Ferrando, J.P., García-García, F. and Pascual-Agulló, A. (2010). An Analytic Network Process approach for siting a municipal solid waste plant in the metropolitan area of Valencia (Spain). *Journal of Environmental Management*, 91(5), 1071-1086.
6. Fleischmann, M., Beullens, P., Bloemhof-Ruwaard, J.M. and Wassenhove, L.N. (2001). The impact of product recovery on logistics network design. *Production and Operations Management*, 10(2), 156-173.
7. Coyle, J. J., Bardi, E. J., and Langley, C. J. (1996). *The Management of Business Logistics* (Sixth edition). St Paul: West Publishing Company, 151-160.
8. De Brito, M. and Dekker, R. (2002). Reverse logistics-a framework. *Econometric Institute Research Papers*, 38(2), 154-155.
9. Dowlathshahi, S. (2000). Developing a theory of reverse logistics. *Interfaces*, 30(3), 143-155.
10. Maslennikova, I. and Foley, D. (2000). Xerox's approach to sustainability. *Interfaces*, 30(3), 226-233.
11. Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard, J.M., Dekker, R., Van der Laan, E., Van Nunen, J.A. and Van Wassenhove, L.N. (1997). Quantitative models for reverse logistics: A review. *European Journal of Operational Research*, 103(1), 1-17.
12. Rogers, D.S., Tibben-Lembke, R.S. and Council, R.L.E. (1999). *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices* (Second edition). Pittsburgh: Reverse Logistics Executive Council, 280-285.

13. Alumur, S.A., Nickel, S., Saldanha-da-Gama, F. and Verter, V. (2012). Multi-period reverse logistics network design. *European Journal of Operational Research*, 220(1), 67-78.
14. Akçalı, E., Çetinkaya, S. and Üster, H. (2009). Network design for reverse and closed-loop supply chains: An annotated bibliography of models and solution approaches. *Networks*, 53(3), 231-248.
15. Srivastava, S.K. (2008). Network design for reverse logistics. *Omega*, 36(4), 535-548.
16. Çevre ve Orman Bakanlığı. (2008). *Atık Yönetimi Eylem Planı (2008-2012)*. Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı, 7-35.
17. Kaçtıoğlu, S. and Şengül, Ü. (2010). Erzurum kenti ambalaj atıklarının geri dönüşümü için tersine lojistik ağı tasarımı ve bir karma tamsayılı programlama modeli. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 24(1), 28-36.
18. İnternet: Entegre Katı Atık Yönetimi. URL: [http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fistac.com.tr%2Fcontents%2F44%2Fcevre-makaleleri\\_130838592910380265.pdf&date=2016-06-12](http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fistac.com.tr%2Fcontents%2F44%2Fcevre-makaleleri_130838592910380265.pdf&date=2016-06-12), Son Erişim Tarihi: 21.11.2015.
19. Borat, M. (2011). Katı atık geri dönüşüm ve geri kazanımında bir araç olarak depozito uygulaması. *Sigma*, 3, 27-35.
20. İnternet: Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği. URL: [http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.maden.org.tr%2Fmevzuat%2Fmevzuat\\_detay.php%3Fkod%3D21&date=2016-06-12](http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.maden.org.tr%2Fmevzuat%2Fmevzuat_detay.php%3Fkod%3D21&date=2016-06-12), Son Erişim Tarihi: 28.12.2015.
21. Palabıyık, H. and Altunbaş, D. (2004). Ship and Port Solid Waste Management: Some Further Views on Canakkale, Turkey. *Proceedings of the First International Conference on the Management of Coastal Recreational Resources Beaches, Yacht Marinas and Ecotourism*, 273-279.
22. Palabıyık, H. and Altunbaş, D. (2004). Kentsel katı atıklar ve yönetimi. C. Marin, U. Yıldırım (Editörler). *Çevre sorunlarına çağdaş yaklaşımlar: Ekolojik, ekonomik, politik ve yönetsel perspektifler*. İstanbul. Beta Yayıncılık, s. 103-124.
23. Güler, N. (2008). *Kentleşme sürecinde katı atık yönetimi ve Kocaeli örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli, 78-95.
24. Balca, Y. (2007 ). *Düzenli depolama alanı belirlemede karar destek sistemi kullanımı*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 56-85.
25. Asnani, P. (2006). Solid waste management: India infrastructure report, *India*, 161-189.

26. Yılmaz, A. and Bozkurt, Y. (2010). Türkiye'de Kentsel Katı Atık Yönetimi Uygulamaları ve Kütahya Katı Atık Birliği (KÜKAB) Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(1), 18-26.
27. Beyhan, M. (1997). *Isparta Evsel ve Ticari Katı Atıklarından Geri Kazanılabilir Maddelerin Potansiyelinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 161.
28. Ankara Valiliği Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü (2013). *Ankara il çevre durum raporu*. Ankara: Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü, 1-248.
29. Atabarut, T. (2000). *Türkiye'de Katı Atık Yönetiminin Gelişimi*. Türkiye'de Çevrenin Korunması ve Çevre Korumanın Tarihi Sempozyumunda sunuldu, Ankara.
30. Karaman, Z.T. (1998). *Çevre Yönetimi ve Politikası*. İzmir: Anadolu Matbaa, 48-75.
31. Türkiye İstatistik Kurumu (2012). Belediye katı atık bertaraf yöntemleri ve miktarları: TÜİK, *Türkiye*, 14-16.
32. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı (2004). *Ambalaj ve Ambalaj Atıkları İstatistikleri.ÇED raporu*. Ankara, 123-130.
33. İnternet: Belediye Kanunu. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.mevzuat.gov.tr%2FMetin.Asp%3FMezuatKod%3D1.5.5393%26MezuatIliski%3D0&date=2016-06-12>, Son Erişim Tarihi: 19.04.2016.
34. İnternet: Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.csb.gov.tr%2Fgm%2Fcygm%2Findex.php%3FSayfa%3DSayfa%26Tur%3Dwebmenu%26Id%3D266++&date=2016-06-12>, Son Erişim Tarihi: 20.04.2016.
35. Köse, Ö., Ayaz, S., Köroğlu, B. (2007). Türkiye'de Atık Yönetimi Ulusal Düzenlemeler ve Uygulama Sonuçlarının Değerlendirilmesi: Performans Denetim Raporu, *Ankara*, 21-34.
36. İnternet: Atık Getirme Merkezi Tebliği Taslağı. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.csb.gov.tr%2Fdosyalar%2Fimages%2Ffile%2Fgetirmemgtslk.pdf&date=2016-06-12>, Son Erişim Tarihi: 20.12.2015.
37. Halvorsen, B. (2012). Effects of norms and policy incentives on household recycling: An international comparison. *Resources, Conservation and Recycling*, 67, 18-26.

38. Sidique, S.F., Lupi, F. and Joshi, S.V. (2013). Estimating the demand for drop-off recycling sites: A random utility travel cost approach. *Journal of environmental management*, 127, 339-346.
39. Saphores, J.-D.M., Nixon, H., Ogunseitan, O.A. and Shapiro, A.A. (2006). Household willingness to recycle electronic waste an application to California. *Environment and Behavior*, 38(2), 183-208.
40. Tiller, K.H., Jakus, P.M. and Park, W.M. (1997). Household willingness to pay for dropoff recycling. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 310-320.
41. Sidique, S.F., Joshi, S.V. and Lupi, F. (2010). Factors influencing the rate of recycling: An analysis of Minnesota counties. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(4), 242-249.
42. Ergün, N. (2006). Türkiye’de atık yönetimi: Türk Plastik Sanayicileri Araştırma, Geliştirme ve Eğitim Vakfı Raporu, *İstanbul*, 1-6.
43. Karabay, S., Köse, E. and Kabak, M. (2014). Stokastik çok kriterli kabul edilebilirlik analizi ile bir kamu kurumu için tesis yeri seçimi. *Ege Akademik Bakış*, 14(3), 361.
44. Barros, A.I., Dekker, R. and Scholten, V. (1998). A two-level network for recycling sand: a case study. *European Journal of Operational Research*, 110(2), 199-214.
45. Jayaraman, V., Patterson, R.A. and Rolland, E. (2003). The design of reverse distribution networks: Models and solution procedures. *European journal of operational research*, 150(1), 128-149.
46. Cruz-Rivera, R. and Ertel, J. (2009). Reverse logistics network design for the collection of end-of-life vehicles in Mexico. *European Journal of Operational Research*, 196(3), 930-939.
47. Pérez-Salazar, M.d.R., Mateo-Díaz, N.F., García-Rodríguez, R., Mar-Orozco, C.E. and Cruz-Rivero, L. (2015). A genetic algorithm to solve a three-echelon capacitated location problem for a distribution center within a solid waste management system in the northern region of Veracruz, Mexico. *Dyna*, 82(191), 51-57.
48. Del Rosario Pérez-Salazar, M., Mateo-Díaz, N.F., Rodríguez, R.G., Cristóbal-Vázquez, I.M.A. and Aguilar-Lasserre, A.A. (2014). *A three echelon, multiple-source, capacitated facility location problem for solid waste management at the northern region of Veracruz, Mexico*. Paper presented at the IIE Annual Conference and Expo 2014, California.
49. Aras, N. and Aksen, D. (2008). Locating collection centers for distance-and incentive-dependent returns. *International Journal of Production Economics*, 111(2), 316-333.

50. Min, H., Ko, H.J. and Ko, C.S. (2006). A genetic algorithm approach to developing the multi-echelon reverse logistics network for product returns. *Omega*, 34(1), 56-69.
51. Bautista, J. and Pereira, J. (2006). Modeling the problem of locating collection areas for urban waste management. An application to the metropolitan area of Barcelona. *Omega*, 34(6), 617-629.
52. Dai, H. and Wang, Q. (2012). *Reverse logistics network design for the collection of end-of-life vehicles*. Paper presented at the ASME 2012 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Chicago.
53. Verter, V. and Aras, N. (2008). Designing distribution systems with reverse flows. *Desautels Faculty of Management*, 3(2), 124-132.
54. Lee, D.H. and Dong, M. (2008). A heuristic approach to logistics network design for end-of-lease computer products recovery. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44(3), 455-474.
55. Malik, S., Kumari, A. and Agrawal, S. (2015). *Selection of Locations of Collection Centers for Reverse Logistics Using GTMA*. Paper presented at the Materials Materials Processing and Characterization, India.
56. Alshamsi, A. and Diabat, A. (2015). A reverse logistics network design. *Journal of Manufacturing Systems*, 37, 589-598.
57. Gomes, M.I., Barbosa-Povoa, A.P. and Novais, A.Q. (2011). Modelling a recovery network for WEEE: A case study in Portugal. *Waste management*, 31(7), 1645-1660.
58. Chen, F., Lin, H., Gao, Y. and Lu, D. (2016). Capacity constrained maximizing bichromatic reverse nearest neighbor search. *Expert Systems with Applications*, 43, 93-108.
59. Bhattacharya, U., Rao, J.R. and Tiwari, R.N. (1992). Fuzzy multi-criteria facility location problem. *Fuzzy Sets and Systems*, 51(3), 277-287.
60. Sayyady, F., Tutunchi, G.K. and Fathi, Y. (2015). P-Median and p-dispersion problems: A bi-criteria analysis. *Computers and Operations Research*, 61, 46-55.
61. Dantrakul, S., Likasiri, C. and Pongvuthithum, R. (2014). Applied p-median and p-center algorithms for facility location problems. *Expert Systems with Applications*, 41(8), 3596-3604.
62. Arroyo, J.E.C., Dos Santos, P.M., Soares, M.S. and Santos, A.G. (2010). *A multi-objective genetic algorithm with path relinking for the p-median problem*. Paper presented at the Lecture Notes in Computer Science, Colombia.

63. Chai, G., Fang, C., Zhou, J. and Wan, S. (2009). *A multi-objective decision model of traffic rescue service site location on road*. Paper presented at the 9th International Conference of Critical Issues in Transportation System Planning, Development, and Management, China.
64. Arroyo, J.E.C., Santos, A.G., Dos Santos, P.M. and Ribeiro, W.G. (2011). A bi-objective iterated local search heuristic with path-relinking for the p-median problem. *Lecture Notes in Computer Science*, 492-504.
65. Berry, J.W., Boman, E., Phillips, C.A. and Riesen, L.A. (2008). *Low-memory Lagrangian relaxation methods for sensor placement in municipal water networks*. Paper presented at the World Environmental and Water Resources Congress, Hawaii.
66. Queiruga, D., Walther, G., Gonzalez-Benito, J. and Spengler, T. (2008). Evaluation of sites for the location of WEEE recycling plants in Spain. *Waste Management*, 28(1), 181-190.
67. Yuksel, H. (2009). *An analytical hierarchy process decision model for e-waste collection center location selection*. Paper presented at the Conference on Computers and Industrial Engineering, France.
68. Guneri, A.F., Cengiz, M. and Seker, S. (2009). A fuzzy ANP approach to shipyard location selection. *Expert Systems with Applications*, 36(4), 7992-7999.
69. Vahidnia, M.H., Alesheikh, A.A. and Alimohammadi, A. (2009). Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives. *Journal of environmental management*, 90(10), 3048-3056.
70. Hokkanen, J., Lahdelma, R. and Salminen, P. (1999). A multiple criteria decision model for analyzing and choosing among different development patterns for the Helsinki cargo harbor. *Socio-Economic Planning Sciences*, 33(1), 1-23.
71. Lahdelma, R., Salminen, P. and Hokkanen, J. (2002). Locating a waste treatment facility by using stochastic multicriteria acceptability analysis with ordinal criteria. *European Journal of Operational Research*, 142(2), 345-356.
72. Erdolan, M. and Kaya, I. (2016). A combined fuzzy approach to determine the best region for a nuclear power plant in Turkey. *Applied Soft Computing Journal*, 39, 84-93.
73. Khadivi, M.R. and Fatemi Ghomi, S.M.T. (2012). Solid waste facilities location using of analytical network process and data envelopment analysis approaches. *Waste Management*, 32(6), 1258-1265.
74. Chu, T.C. (2002). Facility location selection using fuzzy topsis under group decisions. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 10(6), 687-701.

75. Wang, T.-C. and Chen, Y.-H. (2008). Applying fuzzy linguistic preference relations to the improvement of consistency of fuzzy AHP. *Information Sciences*, 178(19), 3755-3765.
76. Ertuğrul, İ. and Karakaşoğlu, N. (2008). Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods for facility location selection. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 39(7-8), 783-795.
77. Badri, M.A. (1999). Combining the analytic hierarchy process and goal programming for global facility location-allocation problem. *International Journal of Production Economics*, 62(3), 237-248.
78. Shen, C.-Y. and Yu, K.-T. (2009). A generalized fuzzy approach for strategic problems: The empirical study on facility location selection of authors' management consultation client as an example. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 4709-4716.
79. Boran, F.E. (2011). An integrated intuitionistic fuzzy multi criteria decision making method for facility location selection. *Mathematical and Computational Applications*, 16(2), 487-496.
80. Özdağoğlu, A. (2012). A multi-criteria decision-making methodology on the selection of facility location: fuzzy ANP. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 59(5-8), 787-803.
81. Athawale, V.M., Chatterjee, P. and Chakraborty, S. (2012). Decision making for facility location selection using PROMETHEE II method. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 11(1-2), 16-30.
82. Fazeli, M. and Osanloo, M. (2013). *The impact of interaction between mine facility location selection criteria on final ranking of site alternatives*. Paper presented at the 23rd International Mining Congress and Exhibition, Turkey.
83. Chakraborty, R., Ray, A. and Dan, P. (2013). Multi criteria decision making methods for location selection of distribution centers. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 4(4), 491-504.
84. Mokhtarian, M., Sadi-nezhad, S. and Makui, A. (2014). A new flexible and reliable interval valued fuzzy VIKOR method based on uncertainty risk reduction in decision making process: An application for determining a suitable location for digging some pits for municipal wet waste landfill. *Computers and Industrial Engineering*, 78, 213-233.
85. Tavakkoli-Moghaddam, R., Sotoudeh-Anvari, A. and Siadat, A. (2015). A multi-criteria group decision-making approach for facility location selection using PROMETHEE under a fuzzy environment. *Lecture Notes in Business Information Processing*, 218, 145-156.
86. Onden, I. and Eldemir, F. (2015). GIS and f-AHP Integration for Locating a New Textile Manufacturing Facility. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 23(5), 113.

87. Govindan, K., Garg, K., Gupta, S. and Jha, P.C. (2016). Effect of product recovery and sustainability enhancing indicators on the location selection of manufacturing facility. *Ecological Indicators*, 67, 517-532.
88. Çebi, F. and Otay, İ. (2015). Multi-Criteria and Multi-Stage Facility Location Selection under Interval Type-2 Fuzzy Environment: A Case Study for a Cement Factory. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 8(2), 330-344.
89. Norese, M.F. (2006). ELECTRE III as a support for participatory decision-making on the localisation of waste-treatment plants. *Land Use Policy*, 23(1), 76-85.
90. Tuzkaya, G., Önüt, S., Tuzkaya, U.R. and Gülsün, B. (2008). An analytic network process approach for locating undesirable facilities: An example from Istanbul, Turkey. *Journal of Environmental Management*, 88(4), 970-983.
91. Aksakal, E. and Dağdeviren, M. (2010). ANP Ve DEMATEL Yöntemleri İle Personel Seçimi Problemine Bütünleşik Bir Yaklaşım. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(4), 905-911.
92. Li, C.-W. and Tzeng, G.-H. (2009). Identification of a threshold value for the DEMATEL method using the maximum mean de-entropy algorithm to find critical services provided by a semiconductor intellectual property mall. *Expert Systems with Applications*, 36(6), 9891-9898.
93. Tsai, W.H. and Chou, W.C. (2009). Selecting management systems for sustainable development in SMEs: A novel hybrid model based on DEMATEL, ANP, and ZOGP. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 1444-1458.
94. Hori, S. and Shimizu, Y. (1999). Designing methods of human interface for supervisory control systems. *Control engineering practice*, 7(11), 1413-1419.
95. Wu, W.W. and Lee, Y.T. (2007). Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method. *Expert systems with applications*, 32(2), 499-507.
96. Chiu, Y.J., Chen, H.C., Tzeng, G.-H. and Shyu, J.Z. (2006). Marketing strategy based on customer behaviour for the LCD-TV. *International journal of management and decision making*, 7(2-3), 143-165.
97. Saaty, T.L. (2004). Decision making—the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP). *Journal of systems science and systems engineering*, 13(1), 1-35.
98. Cheng, E.W. and Li, H. (2004). Contractor selection using the analytic network process. *Construction management and Economics*, 22(10), 1021-1032.
99. Zammori, F. (2010). The analytic hierarchy and network processes: Applications to the US presidential election and to the market share of ski equipment in Italy. *Applied Soft Computing*, 10(4), 1001-1012.

100. Saaty, T.L. (2001). *Decision making with dependence and feedback: The analytic network process* (Ninth edition). New York: RWS Publications, 128-152.
101. Karpak, B. and Topcu, I. (2010). Small medium manufacturing enterprises in Turkey: An analytic network process framework for prioritizing factors affecting success. *International Journal of Production Economics*, 125(1), 60-70.
102. Özdağoğlu, A. (2012). A multi-criteria decision-making methodology on the selection of facility location: Fuzzy ANP. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 59(5-8), 787-803.
103. Partovi, F.Y. (2006). An analytic model for locating facilities strategically. *Omega*, 34(1), 41-55.
104. Yang, C.L., Chuang, S.P., Huang, R.H. and Tai, C.C. (2008). *Location selection based on AHP/ANP approach*. Paper presented at the 2008 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Singapore.
105. Hakimi, S.L. (1964). Optimum locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph. *Operations research*, 12(3), 450-459.
106. Ozcakar, N. and Bastı, M. (2012). P-Medyan kuruluş yeri seçim probleminin çözümünde parçacık sürü optimizasyonu algoritması yaklaşımı. *Journal of the School of Business Administration, Istanbul University*, 41(2), 241-257.
107. Hakimi, S.L. (1965). Optimum distribution of switching centers in a communication network and some related graph theoretic problems. *Operations Research*, 13(3), 462-475.
108. Farahani, R.Z., Abedian, M. and Sharahi, S. (2009). *Dynamic facility location problem* (First edition). Berlin: Physica-Verlag HD, 347-372.
109. ReVelle, C.S. and Swain, R.W. (1970). Central facilities location. *Geographical analysis*, 2(1), 30-42.
110. Rolland, E., Schilling, D.A. and Current, J.R. (1997). An efficient tabu search procedure for the p-median problem. *European Journal of Operational Research*, 96(2), 329-342.
111. Sylvester, J.J. (1857). A question in the geometry of situation. *Quarterly Journal of Pure and Applied Mathematics*, 79(1), 110-120.
112. Pérez-Brito, D., Moreno-Pérez, J.A. and Rodriguez-Martin, I. (1997). Finite dominating set for the p-facility cent-dian network location problem. *Studies in Locational Analysis*, 11, 27-40.
113. Mazdeh, M.M., Zaerpour, F., Zareei, A. and Hajinezhad, A. (2010). Parallel machines scheduling to minimize job tardiness and machine deteriorating cost with deteriorating jobs. *Applied Mathematical Modelling*, 34(6), 1498-1510.

114. Gamba, R.J. and Oskamp, S. (1994). Factors influencing community residents' participation in commingled curbside recycling programs. *Environment and behavior*, 26(5), 587-612.
115. Werner, C.M. and Makela, E. (1998). Motivations and behaviors that support recycling. *Journal of environmental psychology*, 18(4), 373-386.
116. Owens, J., Dickerson, S. and Macintosh, D.L. (2000). Demographic covariates of residential recycling efficiency. *Environment and behavior*, 32(5), 637-650.
117. Snyder, K.C., Kristel, O., Dhmmamarungruang, B. and Sang, S. (2004). Drop-off recycling understanding participation and determining an empirically based access credit model: Report to the Ohio Environmental Protection Agency. *America*, 3-20.
118. Firuza, B. and Khan, I.N. (1970). Environmental management strategy for Shah Alam solid waste transfer station, Malaysia. *Malaysian Journal of Science*, 30(1), 124-135. .
119. Damsselam, U.B. Contingent valuation of solid waste collection services for rural households in brunei darussalam. *The Singapore Economic Review*, 45(2), 223-240.
120. Ansah, R.H., Sorooshian, S. and Mustafa, S.B. (2015). Analytic hierarchy process decision making algorithm. *Global Journal of Pure and Applied Mathematics*, 11(4), 2393-2400.
121. Lee, G., Jun, K.S. and Chung, E.S. (2015). Group decision-making approach for flood vulnerability identification using the fuzzy VIKOR method. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15(4), 863-874.







EK-2. Ağırlıklandırılmış süpermatris

|                              | Ata 1 | Ata 2 | Bağcılar | Beytepe 1 | Beytepe 2 | Beytepe 3 | Cevizlidere | Çukurambar | Gökkuşuğu | Huzur | Karapınar | Mustafa Kemal Paşa | Sokullu | Yıldızevler | Yukarı Dikmen | Gece nüfusu | Gündüz nüfusu | Halk tepkisi | Atık miktarı | Eğitim durumu | Çalışan oranı | Arazi değeri | Arazi eğimi | Su kaynaklarına yakınlık | Yol yapımı | Mesafe | Yoğunluğu | Kolaylık | Estetik | Sosyal alan | Şehirlleşme |
|------------------------------|-------|-------|----------|-----------|-----------|-----------|-------------|------------|-----------|-------|-----------|--------------------|---------|-------------|---------------|-------------|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|-------------|--------------------------|------------|--------|-----------|----------|---------|-------------|-------------|
| Ata Mahallesi 1              | 0     | 0     | 0        | 0         | 0         | 0         | 0           | 0          | 0         | 0     | 0         | 0                  | 0       | 0           | 0             | 0,05        | 0,12          | 0,00         | 0,00         | 0,02          | 0,12          | 0,11         | 0,08        | 0,06                     | 0,05       | 0,01   | 0,01      | 0,01     | 0,02    | 0,06        | 0,03        |
| Ata Mahallesi 2              | 0     | 0     | 0        | 0         | 0         | 0         | 0           | 0          | 0         | 0     | 0         | 0                  | 0       | 0           | 0             | 0,05        | 0,12          | 0,01         | 0,00         | 0,04          | 0,12          | 0,02         | 0,08        | 0,06                     | 0,05       | 0,01   | 0,00      | 0,00     | 0,05    | 0,06        | 0,03        |
| Bağcılar Mahallesi           | 0     | 0     | 0        | 0         | 0         | 0         | 0           | 0          | 0         | 0     | 0         | 0                  | 0       | 0           | 0             | 0,02        | 0,02          | 0,02         | 0,08         | 0,03          | 0,02          | 0,02         | 0,08        | 0,02                     | 0,05       | 0,01   | 0,01      | 0,01     | 0,12    | 0,06        | 0,03        |
| Beytepe Mahallesi 1          | 0     | 0     | 0        | 0         | 0         | 0         | 0           | 0          | 0         | 0     | 0         | 0                  | 0       | 0           | 0             | 0,02        | 0,02          | 0,02         | 0,00         | 0,10          | 0,02          | 0,11         | 0,08        | 0,15                     | 0,13       | 0,00   | 0,01      | 0,01     | 0,12    | 0,06        | 0,08        |
| Beytepe Mahallesi 2          | 0     | 0     | 0        | 0         | 0         | 0         | 0           | 0          | 0         | 0     | 0         | 0                  | 0       | 0           | 0             | 0,02        | 0,02          | 0,00         | 0,00         | 0,15          | 0,02          | 0,04         | 0,03        | 0,15                     | 0,05       | 0,00   | 0,01      | 0,01     | 0,12    | 0,02        | 0,08        |
| Beytepe Mahallesi 3          | 0     | 0     | 0        | 0         | 0         | 0         | 0           | 0          | 0         | 0     | 0         | 0                  | 0       | 0           | 0             | 0,02        | 0,02          | 0,02         | 0,00         | 0,15          | 0,02          | 0,12         | 0,02        | 0,15                     | 0,13       | 0,00   | 0,01      | 0,00     | 0,12    | 0,06        | 0,17        |
| Cevizlidere Mahallesi        | 0     | 0     | 0        | 0         | 0         | 0         | 0           | 0          | 0         | 0     | 0         | 0                  | 0       | 0           | 0             | 0,14        | 0,12          | 0,01         | 0,00         | 0,02          | 0,12          | 0,04         | 0,12        | 0,06                     | 0,05       | 0,01   | 0,00      | 0,01     | 0,05    | 0,16        | 0,17        |
| Çukurambar Mahallesi         | 0     | 0     | 0        | 0         | 0         | 0         | 0           | 0          | 0         | 0     | 0         | 0                  | 0       | 0           | 0             | 0,14        | 0,12          | 0,01         | 0,00         | 0,02          | 0,12          | 0,11         | 0,05        | 0,06                     | 0,11       | 0,01   | 0,00      | 0,01     | 0,05    | 0,16        | 0,08        |
| Gökkuşuğu Mahallesi          | 0     | 0     | 0        | 0         | 0         | 0         | 0           | 0          | 0         | 0     | 0         | 0                  | 0       | 0           | 0             | 0,05        | 0,05          | 0,01         | 0,00         | 0,02          | 0,05          | 0,04         | 0,07        | 0,06                     | 0,05       | 0,01   | 0,01      | 0,01     | 0,05    | 0,06        | 0,03        |
| Huzur Mahallesi              | 0     | 0     | 0        | 0         | 0         | 0         | 0           | 0          | 0         | 0     | 0         | 0                  | 0       | 0           | 0             | 0,14        | 0,12          | 0,01         | 0,01         | 0,11          | 0,12          | 0,11         | 0,07        | 0,06                     | 0,05       | 0,01   | 0,01      | 0,01     | 0,05    | 0,06        | 0,03        |
| Karapınar Mahallesi          | 0     | 0     | 0        | 0         | 0         | 0         | 0           | 0          | 0         | 0     | 0         | 0                  | 0       | 0           | 0             | 0,05        | 0,05          | 0,02         | 0,00         | 0,02          | 0,05          | 0,04         | 0,08        | 0,06                     | 0,05       | 0,01   | 0,00      | 0,00     | 0,12    | 0,06        | 0,03        |
| Mustafa Kemal Paşa Mahallesi | 0     | 0     | 0        | 0         | 0         | 0         | 0           | 0          | 0         | 0     | 0         | 0                  | 0       | 0           | 0             | 0,05        | 0,05          | 0,01         | 0,00         | 0,05          | 0,05          | 0,11         | 0,03        | 0,06                     | 0,05       | 0,00   | 0,00      | 0,00     | 0,05    | 0,06        | 0,03        |
| Sokullu Mahallesi            | 0     | 0     | 0        | 0         | 0         | 0         | 0           | 0          | 0         | 0     | 0         | 0                  | 0       | 0           | 0             | 0,05        | 0,05          | 0,01         | 0,00         | 0,05          | 0,05          | 0,04         | 0,07        | 0,02                     | 0,05       | 0,01   | 0,00      | 0,01     | 0,05    | 0,06        | 0,03        |
| Yıldızevler Mahallesi        | 0     | 0     | 0        | 0         | 0         | 0         | 0           | 0          | 0         | 0     | 0         | 0                  | 0       | 0           | 0             | 0,14        | 0,12          | 0,00         | 0,00         | 0,10          | 0,12          | 0,02         | 0,06        | 0,02                     | 0,05       | 0,01   | 0,00      | 0,00     | 0,02    | 0,06        | 0,03        |



EK-3. Mahalleler arası mesafe matrisi

|                     | Ata1 | Ata2 | Bağcılar | Beytepe1 | Beytepe2 | Beytepe3 | Cevizlidere | Çukurambar | Gökkuşuğu | Huzur | Karapınar | Mustafa Kemal | Sokullu Mehmet | Yıldız Evler | Yukarı dikmen |
|---------------------|------|------|----------|----------|----------|----------|-------------|------------|-----------|-------|-----------|---------------|----------------|--------------|---------------|
| Mutlukent           | 0    | 0    | 10       | 16       | 16       | 16       | 1           | 6          | 1         | 1     | 1         | 8             | 2              | 4            | 5             |
| Mustafa Kemal       | 15   | 15   | 19       | 6        | 6        | 6        | 13          | 11         | 14        | 15    | 15        | 9             | 15             | 12           | 21            |
| Çukurambar          | 8    | 8    | 16       | 10       | 10       | 10       | 6           | 5          | 8         | 8     | 9         | 0             | 13             | 5            | 17            |
| Söğütözü            | 6    | 6    | 10       | 12       | 12       | 12       | 3           | 0          | 5         | 7     | 8         | 2             | 9              | 5            | 16            |
| Kızıllamak          | 8    | 8    | 10       | 11       | 11       | 11       | 6           | 2          | 7         | 5     | 5         | 4             | 7              | 2            | 13            |
| İşçi Blokları       | 7    | 7    | 9        | 12       | 12       | 12       | 3           | 1          | 4         | 5     | 5         | 4             | 7              | 2            | 13            |
| Çiğdem              | 4    | 4    | 10       | 13       | 13       | 13       | 3           | 1          | 4         | 5     | 5         | 3             | 8              | 8            | 13            |
| Üniversiteler       | 4    | 4    | 11       | 15       | 15       | 15       | 1           | 3          | 2         | 3     | 4         | 6             | 7              | 0,5          | 12            |
| Ahlaliböl           | 12   | 12   | 15       | 6        | 6        | 6        | 9           | 6          | 10        | 11    | 11        | 5             | 15             | 8            | 19            |
| Beytepe             | 11   | 11   | 18       | 6        | 6        | 6        | 11          | 15         | 11        | 12    | 9         | 18            | 15             | 13           | 11            |
| Emek                | 16   | 16   | 24       | 0        | 0        | 0        | 13          | 11         | 15        | 15    | 15        | 9             | 19             | 13           | 17            |
| Devlet              | 6    | 6    | 8        | 14       | 14       | 14       | 5           | 4          | 7         | 7     | 8         | 6             | 8              | 5            | 16            |
| Bahçelievler        | 9    | 9    | 7        | 16       | 16       | 16       | 5           | 6          | 6         | 6     | 7         | 7             | 6              | 6            | 10            |
| Yukarı Bahçelievler | 8    | 8    | 8        | 17       | 17       | 17       | 6           | 5          | 8         | 8     | 9         | 7             | 8              | 6            | 11            |
| Mebusevi            | 8    | 8    | 7        | 14       | 14       | 14       | 4           | 4          | 5         | 5     | 6         | 6             | 7              | 5            | 10            |
| Yücetepe            | 10   | 10   | 8        | 17       | 17       | 17       | 7           | 7          | 8         | 8     | 9         | 9             | 7              | 9            | 11            |
| Aşağı Dikmen        | 8    | 8    | 7        | 16       | 16       | 16       | 5           | 5          | 6         | 6     | 7         | 7             | 6              | 7            | 9             |
| Oran                | 7    | 7    | 12       | 18       | 18       | 18       | 11          | 14         | 11        | 7     | 9         | 18            | 8              | 13           | 5             |

EK- 3. (devam) Mahalleler arası mesafe matrisi

|                      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |
|----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|
| Nasuh Akar           | 9  | 9  | 15 | 23 | 23 | 23 | 16 | 19 | 16 | 16 | 14 | 23 | 12  | 17 | 9  |
| Balgat               | 4  | 4  | 8  | 14 | 14 | 14 | 3  | 4  | 4  | 4  | 5  | 5  | 6   | 4  | 10 |
| Ehlibeyt             | 5  | 5  | 8  | 13 | 13 | 13 | 3  | 3  | 4  | 4  | 5  | 5  | 7   | 3  | 12 |
| Cevizlidere          | 3  | 3  | 9  | 15 | 15 | 15 | 1  | 4  | 2  | 4  | 5  | 5  | 7   | 7  | 15 |
| Oğuzlar              | 2  | 2  | 9  | 15 | 15 | 15 | 0  | 4  | 1  | 1  | 2  | 6  | 6   | 7  | 6  |
| Yıldızevler          | 3  | 3  | 9  | 14 | 14 | 14 | 2  | 3  | 3  | 3  | 4  | 6  | 6   | 3  | 9  |
| Yakubabad            | 7  | 7  | 5  | 19 | 19 | 19 | 6  | 8  | 7  | 8  | 10 | 12 | 2   | 0  | 3  |
| Çankaya              | 21 | 21 | 15 | 39 | 39 | 39 | 32 | 36 | 32 | 33 | 30 | 39 | 16  | 34 | 17 |
| Birlik               | 7  | 7  | 3  | 19 | 19 | 19 | 5  | 8  | 7  | 7  | 8  | 10 | 0,2 | 7  | 5  |
| Kırkkonaklar         | 9  | 9  | 3  | 20 | 20 | 20 | 13 | 11 | 13 | 9  | 11 | 13 | 3   | 9  | 5  |
| İlkbahar             | 11 | 11 | 2  | 21 | 21 | 21 | 14 | 12 | 14 | 11 | 12 | 14 | 5   | 10 | 6  |
| Hilal                | 6  | 6  | 9  | 18 | 18 | 18 | 11 | 14 | 11 | 7  | 9  | 18 | 6   | 19 | 2  |
| Sancak               | 5  | 5  | 6  | 18 | 18 | 18 | 11 | 9  | 11 | 5  | 9  | 13 | 3   | 8  | 2  |
| Orta İmrahor         | 7  | 7  | 6  | 18 | 18 | 18 | 11 | 9  | 11 | 8  | 9  | 13 | 3   | 9  | 3  |
| Yeşilkent            | 15 | 15 | 4  | 26 | 26 | 26 | 12 | 14 | 19 | 13 | 17 | 16 | 9   | 13 | 10 |
| Karataş              | 10 | 10 | 9  | 21 | 21 | 21 | 14 | 17 | 14 | 10 | 12 | 16 | 5   | 4  | 5  |
| Bademlidere          | 14 | 14 | 14 | 24 | 24 | 24 | 17 | 21 | 17 | 14 | 15 | 24 | 11  | 19 | 11 |
| Şehit Cengiz Karaca  | 12 | 12 | 1  | 23 | 23 | 23 | 16 | 12 | 16 | 12 | 14 | 14 | 6   | 11 | 7  |
| Malazgirt            | 14 | 14 | 10 | 17 | 17 | 17 | 2  | 6  | 2  | 1  | 2  | 8  | 6   | 4  | 4  |
| Akpınar              | 1  | 1  | 11 | 16 | 16 | 16 | 3  | 7  | 2  | 1  | 1  | 9  | 6   | 4  | 4  |
| Keklik Pınarı        | 3  | 3  | 14 | 14 | 14 | 14 | 3  | 6  | 2  | 2  | 1  | 10 | 10  | 5  | 6  |
| Şehit Cevdet Özdemir | 3  | 3  | 13 | 15 | 15 | 15 | 3  | 7  | 2  | 2  | 1  | 9  | 8   | 6  | 5  |
| Ata                  | 2  | 2  | 9  | 16 | 16 | 16 | 2  | 6  | 3  | 2  | 2  | 8  | 6   | 7  | 5  |

EK- 3. (devam) Mahalleler arası mesafe matrisi

|                     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |
|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|
| Karapınar           | 2  | 2  | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 2  | 6  | 1   | 1  | 0  | 8  | 8  | 5  | 6  |
| Gökkuşuğu           | 2  | 2  | 12 | 16 | 16 | 16 | 16 | 1  | 5  | 0   | 1  | 1  | 7  | 8  | 9  | 6  |
| Huzur               | 1  | 1  | 10 | 15 | 15 | 15 | 15 | 1  | 5  | 0,7 | 0  | 1  | 7  | 7  | 4  | 5  |
| Aydınlık            | 2  | 2  | 9  | 19 | 19 | 19 | 19 | 2  | 6  | 2   | 2  | 2  | 8  | 6  | 5  | 4  |
| Mürşel Uluç         | 3  | 3  | 10 | 15 | 15 | 15 | 15 | 4  | 8  | 3   | 3  | 3  | 10 | 7  | 5  | 3  |
| Aşağı Öveçler       | 2  | 2  | 8  | 15 | 15 | 15 | 15 | 1  | 5  | 2   | 2  | 3  | 7  | 5  | 3  | 6  |
| Harbiye             | 3  | 3  | 7  | 17 | 17 | 17 | 17 | 3  | 5  | 4   | 3  | 4  | 9  | 4  | 5  | 7  |
| Öveçler             | 2  | 2  | 8  | 16 | 16 | 16 | 16 | 2  | 6  | 3   | 2  | 4  | 8  | 5  | 5  | 6  |
| Yukarı Öveçler      | 2  | 2  | 9  | 14 | 14 | 14 | 14 | 1  | 4  | 2   | 2  | 3  | 6  | 5  | 3  | 6  |
| Sokullu Mehmet Paşa | 2  | 2  | 8  | 17 | 17 | 17 | 17 | 2  | 5  | 3   | 7  | 8  | 10 | 0  | 7  | 5  |
| Çavuşlu             | 43 | 43 | 49 | 45 | 45 | 45 | 45 | 42 | 46 | 42  | 43 | 40 | 50 | 46 | 44 | 43 |
| Karahasanlı         | 45 | 45 | 36 | 51 | 51 | 51 | 51 | 44 | 48 | 44  | 45 | 42 | 51 | 48 | 46 | 44 |
| Yayla               | 51 | 51 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 50 | 54 | 50  | 51 | 48 | 57 | 54 | 52 | 50 |
| Aşağı İmrahor       | 11 | 11 | 3  | 25 | 25 | 25 | 25 | 11 | 14 | 12  | 12 | 6  | 15 | 8  | 12 | 11 |
| Akarlar             | 56 | 56 | 62 | 60 | 60 | 60 | 60 | 55 | 58 | 55  | 55 | 53 | 62 | 59 | 57 | 55 |
| Evciler             | 49 | 49 | 31 | 55 | 55 | 55 | 55 | 48 | 52 | 48  | 49 | 46 | 55 | 32 | 50 | 33 |
| Kömlüce             | 46 | 46 | 27 | 51 | 51 | 51 | 51 | 44 | 48 | 44  | 45 | 43 | 52 | 28 | 46 | 29 |
| Tohumlar            | 44 | 44 | 33 | 50 | 50 | 50 | 50 | 43 | 46 | 43  | 43 | 41 | 50 | 34 | 44 | 43 |
| Ayrıncı             | 4  | 4  | 5  | 20 | 20 | 20 | 20 | 3  | 5  | 5   | 5  | 6  | 9  | 4  | 4  | 7  |
| Güvenevler          | 5  | 5  | 4  | 20 | 20 | 20 | 20 | 4  | 6  | 5   | 5  | 6  | 10 | 2  | 3  | 6  |
| Azıziye             | 5  | 5  | 5  | 26 | 26 | 26 | 26 | 4  | 6  | 6   | 6  | 7  | 10 | 1  | 2  | 5  |
| Remzi Oğuz Arık     | 37 | 37 | 4  | 26 | 26 | 26 | 26 | 5  | 7  | 6   | 7  | 7  | 9  | 3  | 7  | 7  |
| Kazım Özalp         | 7  | 7  | 3  | 26 | 26 | 26 | 26 | 6  | 9  | 8   | 8  | 9  | 11 | 2  | 2  | 4  |

EK- 3. (devam) Mahalleler arası mesafe matrisi

|                 |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Büyükesat       | 7  | 7  | 2  | 26 | 26 | 26 | 7 | 10 | 8  | 8  | 9  | 11 | 3  | 3  | 5  |
| Bağcılar        | 8  | 8  | 1  | 23 | 23 | 23 | 8 | 10 | 9  | 9  | 10 | 12 | 5  | 4  | 8  |
| Gaziosmanpaşa   | 4  | 4  | 8  | 18 | 18 | 18 | 9 | 8  | 10 | 11 | 12 | 11 | 10 | 9  | 20 |
| 100 yıl         | 8  | 8  | 3  | 12 | 12 | 12 | 7 | 8  | 9  | 9  | 10 | 10 | 5  | 9  | 7  |
| Murat           | 8  | 8  | 1  | 7  | 7  | 7  | 7 | 10 | 8  | 9  | 9  | 12 | 5  | 4  | 6  |
| Bayraktar       | 8  | 8  | 1  | 23 | 23 | 23 | 8 | 11 | 9  | 9  | 10 | 12 | 5  | 4  | 8  |
| Umut            | 8  | 8  | 1  | 22 | 22 | 22 | 8 | 8  | 9  | 9  | 10 | 10 | 5  | 9  | 7  |
| Muhsin Ertuğrul | 8  | 8  | 3  | 20 | 20 | 20 | 7 | 8  | 9  | 9  | 10 | 10 | 5  | 4  | 7  |
| Barbaros        | 7  | 7  | 3  | 3  | 3  | 3  | 6 | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 4  | 8  | 7  |
| Kuçukesat       | 8  | 8  | 3  | 20 | 20 | 20 | 7 | 8  | 9  | 9  | 10 | 10 | 5  | 4  | 7  |
| Kavaklıdere     | 7  | 7  | 4  | 18 | 18 | 18 | 6 | 7  | 7  | 8  | 9  | 9  | 4  | 5  | 8  |
| Esatoğlu        | 11 | 11 | 7  | 17 | 17 | 17 | 7 | 7  | 6  | 12 | 13 | 11 | 7  | 10 | 11 |
| Doğuş           | 9  | 9  | 3  | 21 | 21 | 21 | 8 | 8  | 9  | 9  | 10 | 10 | 5  | 4  | 7  |
| Seyranbağları   | 8  | 8  | 3  | 19 | 19 | 19 | 7 | 8  | 9  | 9  | 10 | 10 | 5  | 9  | 8  |
| Tınaztepe       | 8  | 8  | 4  | 19 | 19 | 19 | 7 | 8  | 8  | 9  | 9  | 10 | 5  | 5  | 7  |
| İlkadım         | 7  | 7  | 9  | 16 | 16 | 16 | 3 | 7  | 3  | 3  | 3  | 11 | 5  | 6  | 4  |
| Güzeltepe       | 6  | 6  | 5  | 16 | 16 | 16 | 5 | 6  | 6  | 6  | 7  | 10 | 1  | 2  | 5  |
| Naci Çakır      | 2  | 2  | 9  | 15 | 15 | 15 | 3 | 7  | 3  | 2  | 2  | 9  | 6  | 5  | 3  |
| Osman Temiz     | 2  | 2  | 9  | 15 | 15 | 15 | 3 | 7  | 3  | 2  | 2  | 9  | 6  | 4  | 3  |
| Metin Akkuş     | 3  | 3  | 11 | 14 | 14 | 14 | 3 | 8  | 3  | 3  | 3  | 10 | 7  | 4  | 2  |
| İlker           | 3  | 3  | 10 | 14 | 14 | 14 | 4 | 8  | 4  | 3  | 3  | 10 | 7  | 6  | 2  |
| Yukarı Dikmen   | 4  | 4  | 8  | 22 | 22 | 22 | 9 | 13 | 10 | 4  | 8  | 8  | 5  | 11 | 0  |
| Boztepe         | 10 | 10 | 2  | 22 | 22 | 22 | 9 | 12 | 11 | 11 | 16 | 14 | 7  | 6  | 9  |
| Aşıkpaşa        | 9  | 9  | 2  | 21 | 21 | 21 | 9 | 12 | 10 | 10 | 11 | 13 | 6  | 5  | 9  |

EK- 3. (devam) Mahalleler arası mesafe matrisi

|                |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |    |
|----------------|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|
| Arka Topraklık | 9  | 9  | 4 | 26 | 26 | 26 | 26 | 13 | 9  | 11 | 11 | 12 | 11 | 6 | 13 | 8  |
| Cebeci         | 15 | 15 | 5 | 26 | 26 | 26 | 26 | 13 | 11 | 14 | 14 | 15 | 11 | 9 | 13 | 12 |
| Çamlıtepe      | 9  | 9  | 5 | 24 | 24 | 24 | 24 | 12 | 11 | 14 | 14 | 15 | 11 | 6 | 7  | 9  |
| Dilekler       | 10 | 10 | 4 | 22 | 22 | 22 | 22 | 14 | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | 7 | 7  | 11 |
| Ertuğrul Gazi  | 9  | 9  | 2 | 26 | 26 | 26 | 26 | 8  | 9  | 9  | 10 | 10 | 10 | 6 | 9  | 7  |
| Erzurum        | 14 | 14 | 6 | 26 | 26 | 26 | 26 | 12 | 11 | 13 | 14 | 14 | 10 | 7 | 7  | 10 |
| Fakülteler     | 14 | 14 | 5 | 23 | 23 | 23 | 23 | 13 | 11 | 14 | 14 | 15 | 11 | 7 | 13 | 10 |
| Gökürk         | 6  | 6  | 3 | 17 | 17 | 17 | 17 | 8  | 8  | 9  | 9  | 10 | 10 | 5 | 9  | 7  |
| İleri          | 9  | 9  | 4 | 23 | 23 | 23 | 23 | 12 | 11 | 13 | 14 | 15 | 11 | 6 | 12 | 9  |
| Metin Oktay    | 9  | 9  | 2 | 20 | 20 | 20 | 20 | 8  | 8  | 9  | 9  | 10 | 10 | 6 | 9  | 7  |
| Minar Sinan    | 9  | 9  | 3 | 26 | 26 | 26 | 26 | 8  | 9  | 9  | 10 | 10 | 10 | 6 | 10 | 8  |
| Ön Cebeci      | 14 | 14 | 5 | 26 | 26 | 26 | 26 | 12 | 11 | 13 | 14 | 14 | 10 | 6 | 7  | 9  |
| Topraklık      | 9  | 9  | 4 | 20 | 20 | 20 | 20 | 13 | 12 | 14 | 15 | 15 | 11 | 6 | 13 | 11 |
| Zafertepe      | 8  | 8  | 3 | 19 | 19 | 19 | 19 | 8  | 8  | 9  | 9  | 10 | 10 | 5 | 9  | 8  |
| 50.yıl         | 15 | 15 | 3 | 24 | 24 | 24 | 24 | 13 | 12 | 14 | 15 | 16 | 12 | 7 | 8  | 11 |
| İncesu         | 8  | 8  | 4 | 24 | 24 | 24 | 24 | 13 | 9  | 10 | 10 | 11 | 11 | 6 | 13 | 9  |
| Anıttepe       | 7  | 7  | 9 | 19 | 19 | 19 | 19 | 6  | 6  | 7  | 7  | 8  | 8  | 6 | 8  | 10 |
| Eti            | 11 | 11 | 8 | 19 | 19 | 19 | 19 | 8  | 7  | 10 | 10 | 11 | 10 | 8 | 9  | 12 |
| Maltepe        | 7  | 7  | 6 | 26 | 26 | 26 | 26 | 7  | 6  | 7  | 7  | 8  | 8  | 6 | 7  | 10 |
| Korkutreis     | 8  | 8  | 7 | 17 | 17 | 17 | 17 | 8  | 6  | 7  | 8  | 9  | 8  | 6 | 8  | 10 |
| Sağlık         | 9  | 9  | 5 | 18 | 18 | 18 | 18 | 9  | 7  | 8  | 9  | 10 | 9  | 7 | 8  | 11 |
| Fıdanlık       | 9  | 9  | 5 | 17 | 17 | 17 | 17 | 9  | 8  | 9  | 9  | 10 | 10 | 7 | 7  | 9  |
| Cumhuriyet     | 9  | 9  | 8 | 16 | 16 | 16 | 16 | 9  | 7  | 8  | 9  | 10 | 9  | 7 | 9  | 11 |
| Kızılay        | 6  | 6  | 5 | 15 | 15 | 15 | 15 | 8  | 6  | 8  | 8  | 9  | 8  | 5 | 8  | 9  |

EK- 3. (devam) Mahalleler arası mesafe matrisi

|                             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Namık Kemal                 | 7  | 7  | 5  | 17 | 17 | 17 | 7  | 5  | 7  | 7  | 8  | 7  | 5  | 6  | 9  |
| Meşrutiyet                  | 9  | 9  | 4  | 18 | 18 | 18 | 7  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 4  | 8  | 8  |
| Kocatepe                    | 9  | 9  | 19 | 18 | 18 | 18 | 9  | 8  | 9  | 9  | 10 | 10 | 5  | 9  | 8  |
| Kültür                      | 14 | 14 | 4  | 6  | 6  | 6  | 9  | 8  | 9  | 9  | 10 | 4  | 5  | 9  | 8  |
| Konukent                    | 14 | 14 | 4  | 6  | 6  | 6  | 12 | 10 | 13 | 14 | 14 | 8  | 18 | 11 | 22 |
| Koru                        | 17 | 17 | 18 | 7  | 7  | 7  | 14 | 12 | 16 | 16 | 17 | 11 | 10 | 14 | 22 |
| Prof.dr.Ahmet Taner Kışlalı | 3  | 3  | 20 | 15 | 15 | 15 | 1  | 3  | 2  | 3  | 3  | 7  | 5  | 2  | 8  |
| Ümit                        | 13 | 13 | 8  | 7  | 7  | 7  | 11 | 8  | 12 | 13 | 13 | 7  | 17 | 17 | 21 |
| Yaşamkent                   | 20 | 20 | 17 | 9  | 9  | 9  | 18 | 16 | 19 | 20 | 21 | 15 | 24 | 17 | 24 |
| Alacaatlı                   | 23 | 23 | 6  | 7  | 7  | 7  | 18 | 15 | 19 | 20 | 20 | 14 | 24 | 17 | 22 |
| Çayyolu                     | 14 | 14 | 27 | 6  | 6  | 6  | 12 | 10 | 13 | 14 | 14 | 8  | 18 | 11 | 23 |
| Dodurga                     | 28 | 28 | 18 | 16 | 16 | 16 | 27 | 31 | 27 | 28 | 25 | 32 | 31 | 29 | 28 |

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : DÜZCE, Tuğçe  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 13.06.1989, Kayseri  
Medeni hali : Bekar  
Telefon : 0 (312) 5833849  
Faks :  
e-mail : tugceduzce@gazi.edu.tr



### Eğitim

| Derece        | Eğitim Birimi                            | Mezuniyet tarihi |
|---------------|------------------------------------------|------------------|
| Yüksek lisans | Gazi Üniversitesi /Endüstri Mühendisliği | Devam Ediyor     |
| Lisans        | Gazi Üniversitesi /Endüstri Mühendisliği | 2012             |
| Lise          | Çağrıbey Anadolu Lisesi                  | 2007             |

### İş Deneyimi

| Yıl        | Yer               | Görev               |
|------------|-------------------|---------------------|
| 2014-Halen | Gazi Üniversitesi | Araştırma Görevlisi |

### Yabancı Dil

İngilizce

### Yayınlar

-

### Hobiler

Kitap okumak, Müzik dinlemek



*GAZİ GELECEKTİR..*