

Katı Atık Getirme Merkezi Kuruluş Yer Seçimi İçin DEMATEL-ANP Ve Matematiksel Programlama Yöntemleriyle Bütünleşik Bir Yaklaşım: Ankara İlinde Bir Uygulama

*Tuğçe Düzce İnağ¹, Murat Arıkan²

*1,2 Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği, ANKARA

(Alınış / Received: 13.11.2019, Kabul / Accepted: 24.02.2020, Online Yayınlanma / Published Online: 01.04.2020)

Anahtar Kelimeler

DEMATEL,
ANP,
Atık toplama/getirme
merkezi,
Tesis yer seçimi,
Katı atık

Öz: Gerçekleşen hızlı ekonomik büyüme, sanayileşme, 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. AB Atık Çevre Direktifindeki hedeflerinden biri atıkları kaynağından ayrı toplamaktır. Bu hedefe ulaşmak ve ülkemizde sürdürülebilir bir atık planı uygulamak için etkin kullanılacak atık getirme merkezlerinin açılması gerekmektedir. Bu çalışmada, Çankaya İlçe Belediyesine ait atık getirme merkezlerinin kuruluş yer seçim problemi ele alınmıştır. 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 ve p-merkez problemleri temel alınarak ayrı ayrı modellenmiştir. Bu problemlere ait amaç fonksiyonları da belirlenen öncelik değerleri ile LP-metrik yaklaşımı kullanılarak birleştirilmiş, böylece tesis yerleri çok amaçlı olarak belirlenmiştir.

An Integrated Approach by DEMATEL-ANP and Mathematical Programming Methods for Site Selection of Solid Waste Dropping Center: An Application in Ankara Province

Keywords

DEMATEL,
ANP,
Waste dropping centre,
Site selection,
Solid waste

Abstract: Rapid economic growth, industrialization, urbanization, population growth and welfare increase cause an increase in the amount of waste produced. Challenges due to the increased amount of waste require a "waste management approach" aimed at producing and consuming no waste or as little waste as possible. One of the objectives of the EU Waste Environment Directive is to collect the waste separately from its source. In order to reach this target and to implement a sustainable waste plan in our country, it is necessary to open waste disposal centers that can be used effectively. In this study, the location problem of the waste collection centers belonging to Çankaya District Municipality is considered. For this purpose, the criteria affecting the location of the waste collection centers are determined, the relations with each other are identified by DEMATEL and the weight of each criterion is calculated by ANP (Analytical Network Process) considering these relations. Then, using these weights, a priority value is obtained for each candidate plant site. Later, the site selection problem is modeled separately based on the p-median and p-center problems commonly used for facility location in the public sector, taking into account the waste collection strategy. The objective functions of these problems are also combined with the priority values determined using the LP-metric approach, consequently, facility locations are decided multi-objectively.

1.Giriş

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. Söz konusu süreçleri içeren atık yönetim yaklaşımları sayesinde çöpe giden atık miktarında azalma sağlanabilmektedir.

Geri kazanılabilir atıkların diğer atıklarla karıştırılmadan kaynağında ayrı toplanmasının sağlanması ve geri kazanım ve/veya bertarafa gönderilmek üzere bırakılması amacıyla oluşturulan atık getirme merkezlerinin etkin kullanımı atıkların yüksek oranda toplanıp geri dönüşüme kazandırılabilmesi açısından önemlidir.

Atık getirme merkezlerinin etkin kullanımının sağlanması tesisin kurulacağı yer 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 göstermekle birlikte, genel olarak, atık miktarları, nüfus oranları, eğitim düzeyleri, demografik özellikler, ulaşım kolaylığı, yakınlık, sosyo-kültürel yapı olarak kabul edilmektedirler [1-3]. Atık getirme merkezleri kesinlikle çöplük alanları değildir. Bu merkezlerde, ambalaj, pil, tıbbi zararsız ilaçlar, yağlar, piller, kıyafetler, plastik atıklar toplanmaktadır. Görüntü kirliliğine veya kokuya sebep olacak ürünlerin toplanması yasaktır. Bu sebeple aday tesis yerlerinin seçiminde bir diğer kriter de çevresinde park, bahçe, kütüphane, çay bahçesi, cafe vb. yapıların var olup olmaması olarak belirlenmektedir. Çünkü bireyler sadece geri dönüştürülebilir atıklarını getirmek için bu mesafeye katlanmayı tercih etmemektedirler. Bu durumun önüne geçebilmek adına bu merkezlerin yanında insanların vakit geçirebilecekleri yapıların bulunması yoksa da yapılması hedeflenmektedir.

Literatür incelendiğinde, yer aldıkları sektörden bağımsız olarak tesis yeri seçim problemleri için yöneylem araştırmasının iki ana dalının etkin çözüm yolları sunduğu görülmektedir. 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 diğer bir yaklaşım da amaç, kriterler ve alternatiflerden oluşan hiyerarşiyi dikkate alan Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleridir. ÇKKV yöntemleri, genellikle çeşitli ölçütlere dayanarak aday yerlerden hangisi ya da hangilerine tesis kurulması gerektiğini ortaya koyar [3].

Katı atık tesis yer seçimine ilişkin literatürde pek çok çalışma bulunmaktadır. Katı Atık depolama alanının seçimi ve değerlendirilmesi için çeşitli yöntemler ve yaklaşımlar geliştirilmiştir [3-8]. Bunun yanında, atık toplama merkezi tesis yer seçiminde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile diğer Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerini melezleyen çok fazla uygulama bulunmaktadır [4,8-10]. Bu yöntemler, uygunluk indeksine dayalı olarak tüm çalışma bölgesinin yer seçimi uygunluğunu değerlendirmek için kullanılmaktadır. Diğer benzer çalışmalarda ise, Lin ve Kao, atık toplama alanlarının yer seçimi için sezgisel yaklaşımlar geliştirmiştir [11]. Khadivi ve diğerleri, ANP ve Veri Zarflama Analizi yöntemlerini birlikte kullanarak toplama merkezlerinin yerlerine karar vermiştir [12]. Argones-Beltran ve diğerleri, hem AHP hem ANP yöntemlerini kullanarak toplama merkezlerinin yer seçimini yapmıştır [13]. Önüt ve Soner, İstanbul’da kurulacak atık toplama merkezlerinin yerini belirlemek için AHP ve Fuzzy TOPSIS yöntemlerini birlikte kullanmışlardır [14]. Pires ve diğerleri, Portekiz’de yaptıkları çalışmalarında yine AHP ve Fuzzy TOPSIS yöntemlerini birlikte kullanmışlardır [15]. Beskese ve diğerleri ise, uygun tesis yerini belirleyebilmek için Fuzzy AHP ve Fuzzy TOPSIS yöntemlerinden birlikte yararlanmışlardır [16].

Literatürde, toplama merkezlerinin yeri kararlarına tersine lojistik ağ tasarımı yapan çalışmaların içinde de rastlanmaktadır. Bu çalışmalarda matematiksel modellerden faydalanılmıştır. De Figueiredo ve Mayerle, hem belediyelerin açacağı toplama merkezlerinin yerlerine hem de geri dönüşüm için toplanan ürün miktarlarını arttırmak için verilecek teşviklerin miktarına karar vermek için geliştirdikleri modelin çözümünde “Teitz ve Bart” sezgiselini kullanmışlardır [17]. Sidique ve diğerleri, Rassal Fayda Modeli

(Random Utility Model) ile atık getirme merkezlerinin ziyaretinde kabul edilen atık türü sayısı ve merkezlerin yerinin etkisini incelemişlerdir [18]. Jayaraman ve diğerleri tehlikeli atıkların akışına ilişkin açılacak toplama ve yenileme merkezlerinin sayısını ve yerini belirlemek için karışık tam sayılı bir model önermişlerdir [19]. Srinivasan ve Malliga, Miyopik ve Değişim sezgiselini kullanarak çözülen matematiksel modelin sonucunda toplama merkezi yer seçimi yapmışlardır [20]. Sayyady ve diğerleri, toplama merkezlerinin yer seçimi için 0-1 tamsayılı programlama modeli kurmuşlar ve modelin çözümü için Lagrange Sezgisel Algoritması önermişlerdir [21]. Gomes ve diğerleri, atıkları toplama ve ayırma merkezlerinin yer seçimi için karışık tam sayılı bir programlama modeli geliştirmişler ve GAMS ile çözmüşlerdir [22]. Alshamsi ve Diabat, tersine lojistik ağı içindeki toplama merkezlerinin yerini belirlemek için karışık tam sayılı bir doğrusal programlama modeli önermişlerdir. Çözüm için GAMS'in CPLEX çözücüsünü kullanmışlardır [23].

Burada yapılan çalışmanın asıl amacı, tüketim ömrünü tamamlamış ürünlerin doğru yollarla toplanmasını sağlamak ve geri kazanılabilir ürün miktarını arttırarak ülke ekonomisine ve çevreye katkı sunmaktır.. Geri kazanılabilir atıkların toplanmasında da iki temel yöntem bulunmaktadır: Atıkları tüketiciye "getirme" ve bunları tüketiciden "alma". Literatürde genellikle toplayıcı organizasyon açısından "aktif" bir işlem olan "alma" yani toplama yöntemi incelenmiştir [3]. Adından da anlaşılacağı gibi, Atık Getirme Merkezleri ise, toplayıcı açısından "pasif" olan "getirme" yöntemine dayanmaktadır. Literatürde atık getirme merkezlerinin yer seçimine ilişkin çok az çalışma bulunmaktadır [24].

Habibi ve diğerleri, çalışmalarında, müşterilerden, transfer istasyonlarından, çöp alanlarından, geri dönüşüm tesislerinden ve atık taşıma araçlarından oluşan belediye katı atık yönetim sistemi için çok amaçlı bir optimizasyon modeli önermişlerdir. Önerilen model, sırasıyla toplam maliyeti, sera gazı emisyonunu ve bunun sonucunda oluşan görsel kirliliği en aza indirmektedir [25]. Panei ve diğerleri, çalışmalarında belediye toplama merkezleri, yeniden kullanım merkezleri, eco-araziler, kentsel atık değerlendirme tesisleri için kuruluş yer seçimi yapmışlardır. Bu çalışmada, yapısal ve yetkilendirme faktörlerini ve aynı zamanda antropik faktörleri de dikkate alarak, altyapı ve şehir temizliği için kullanılacak alanların belirlenmesine yönelik CBS tabanlı bir algoritma önermişlerdir [26]. Reddy ve diğerleri, çok periyotlu bir ortamda ters lojistik ağ tasarımı (RLND) için karma bir tamsayılı doğrusal programlama (MILP) modeli önermişlerdir. Toplama merkezleri, yoğunlaştırılmış denetim ve yeniden üretim merkezleri ve hizmet verecek müşteri bölgelerinin yer seçimi gerçekleştirilmiştir [27]. Çakır ve Ulukan, toplama merkezlerinin ve geri dönüşüm tesislerinin yer seçimini yapmışlardır. Bu tesislerin yer seçiminde, uzaklık, maliyet, atık türü gibi kriterler dikkate alınmıştır. Bulanık dilbilim Prolog, seçim ölçütlerinin önemini bulmak ve karar verme sürecindeki tesisleri eşleştirmek için kullanılmıştır [28].

Çalışmanın literatürdeki diğer çalışmalardan en önemli farkı, atıkların toplanmasının tüketici etkinliğine dayanmasıdır. Bireyler atıklarını belirli bir uzaklığı kat ederek toplama kumbaralarına, geri satın alma noktalarına ya da ayırma, işleme merkezlerine getirmektedirler. Tüketiciler bu eylemi gönüllü olarak veya menfaat karşılığı yapabilmektedirler. Saphores ve diğerleri, bu yöntemin tüketicilerden alma stratejisinden 2,5 kat daha az maliyetli olduğunu ortaya koymuştur [29]. Ayrıca bu yöntemin başarılı bir şekilde uygulanması sonucunda, CO emisyon oranının azalması, işçilik ve taşıma maliyetlerinden tasarruf sağlanması, konteynır maliyetlerinin düşürülmesi, geri kazanılabilir atık miktarının arttırılması, farklı atık türleri için tek bir alanın kullanılabilmesi ve kullanıcıların da tüm atık tipleri için tek bir alana ulaşabilmesi ile ülke ekonomisine ve çevresel düzene büyük bir katkı sağlanması beklenmektedir.

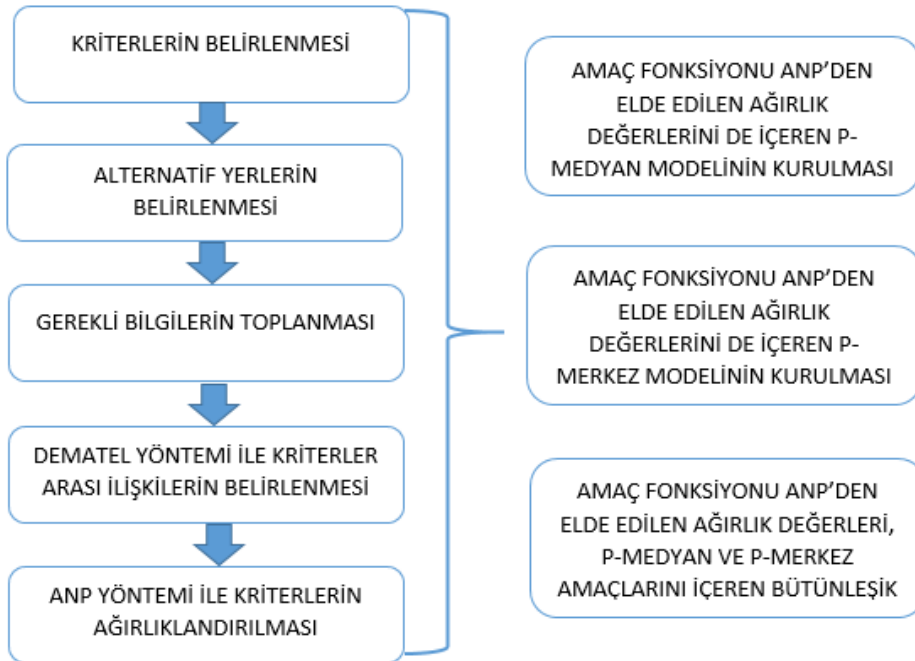
Bu çalışmada, belediyelerin sorumluluğunda kurulan, kullanım ömrünü tamamlamış ya da çeşitli nedenlerden dolayı artık kullanılmayan ürünlerin geçici olarak depolandığı toplama/getirme merkezlerinin yerlerine karar verilmesi amaçlanmaktadır. Probleme yer seçimini etkileyen kriterler belirlenmiş ve bu 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 modelleri temel alınarak 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 getirme merkezlerinin kurulacağı aday yerler için öncelik değerlerinin nasıl belirlendiği ve geliştirilen modeller ayrıntılı şekilde anlatılmıştır. Üçüncü bölümde çalışmanın çıktıklarına yer verilmiştir. Son bölümde ise sonuçlar tartışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada Çankaya ilçe belediyesi sınırları içerisinde kurulacak ve Çankaya ilçesine bağlı 124 mahalleye hizmet verecek atık getirme merkezlerinin yer seçimi problemi ele alınmıştır. Problem için kullanılan çözüm yaklaşımı iki aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak, DEMATEL ve ANP yöntemleri birlikte kullanılarak sıralama modeli geliştirilmiş, aday tesis yerlerinin öncelik değerleri belirlenmiştir. Atık getirme merkezi kuruluş yer seçiminde dikkate alınan, ve Bölüm 2.2’de verilen kriterlerin birbirinden bağımsız oldukları düşünülmemelidir. Kriterler arasındaki ilişkileri ortaya çıkarabilmek için DEMATEL yöntemi, bu ilişkileri dikkate alarak kriter ağırlıklarını belirlemek için ANP yöntemi hibrit bir şekilde kullanılmıştır. Daha sonra, atıkların toplanma stratejisi de dikkate alınarak, kamu sektörü tesis yer seçiminde yaygın olarak kullanılan p-medyan, p-merkez problemini temel alan modeller kurulmuştur. 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.

Aday toplama merkezi tesis yerlerinin öncelik ağırlıklarının belirlenme sürecinde sırasıyla şu adımlar izlenmiştir: Tesis yer seçimi kararında etkin olacak uzman bir grup oluşturulmuştur. Bu uzman grup, Çankaya İlçe Belediyesinde çalışan ve tesisin kurulacağı alanları yakından bilen iki çevre mühendisi, bir şehir bölge planlamacısı ve bir endüstri mühendisinden oluşmaktadır. Bu uzman grup Atık Getirme Merkezi Tebliğ Taslağı’nda belirtilen teknik özelliklere göre aday tesis yerlerini belirlemiştir. Değerlendirmede kullanılacak kriterler uzman görüşleri doğrultusunda belirlenmiş olup literatürle de desteklenmiştir [3,18,30,31,34]. Kriterler arasındaki ilişkiler DEMATEL yöntemi kullanılarak incelenmiş, bu ilişkiler dikkate alınarak oluşturulan ağ yapısına göre ANP yöntemi vasıtasıyla aday yerlerin öncelik değerleri elde edilmiştir. Çalışma akış diyagramı Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma akış diyagramı

DEMATEL, kriterleri, ilişkilerin cinsi ve birbirleri üzerindeki etkilerinin önemi yönünden öncelik sırasına göre düzenleyebilen bir yöntemdir [32]. Adımları aşağıda verilmiştir;

- Adım 1: Direkt-ilişki matrisinin oluşturulması
- Adım 2: Normalleştirilmiş direk ilişki matrisinin elde edilmesi.
- Adım 3: Toplam ilişki matrisi S'nin elde edilmesi.
- Adım 4: Gönderici ve alıcı grupların hesaplanması.
- Adım 5: Eşik değerinin belirlenmesi ve etki-yönlü graf diyagramının elde edilmesidir.

ANP, yöntemi her alanda uygulanabilir özellikle olması ve uygulama kolaylığından dolayı birçok alanda yaygın kullanıma sahiptir. Kuruluş yeri seçiminde de sıkça tercih edilen bir yöntemdir[32]. ANP'nin adımları aşağıdaki gibidir:

- Adım 1: Karar probleminin tanımlanması.
Adım 2: Bağımlılıkların tespit edilmesi.
Adım 3: İkili karşılaştırmaların yapılması.
Adım 4: Süpermatrisin oluşturulması.
Adım 5: Limit süpermatrisin belirlenmesi.
Adım 6: En iyi alternatifin seçilmesidir.

Yöntemlere ilişkin adımların matematiksel detaylarına Aksakal ve Dağdeviren [32]'in çalışmasından ulaşılabilir.

2.1. Aday Yerlerin Belirlenmesi

Çalışmada, atık getirme merkezlerinin kurulabileceği aday mahalleler Atık Getirme Merkezi Tebliğ Taslağı'nda belirtilen teknik özelliklere, çevresinde bireylerin vakit geçirebilecekleri alanların varlığına ve uzman görüşlerine göre belirlenmiştir. Tebliğe göre, bu merkezlerin kurulabileceği yerler 1000 m^2 alana sahip ve belediye tarafından hizmet ve teknik altyapı alanı olarak belirlenmiş olmalıdır. Buna göre aday tesis yeri olarak 15 mahallenin dikkate alınabileceği tespit edilmiştir. Bu 15 mahalle Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 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

2.2. Kriterlerin Belirlenmesi

Literatürde birçok çalışmada, bu merkezlerin etkinliğinin belirlenmesinde eğitim düzeyi, mesafe, atık miktarı, nüfus, eğitim durumu gibi kriterlerin etkili olduğu belirtilmiştir[18,29,30]. Owens ve diğerleri, eğitim düzeyinin merkezlerin etkinliğinde en önemli kriterlerden biri olduğunu belirtmiştir[33]. Sidiq ve diğerleri, bu merkezlere yakınlığın yani mesafenin bu merkezlerin etkinliğinde oldukça etkili olduğunu göstermiştir [18]. Snyder ve diğerleri da mesafe, atık miktarı, nüfus, eğitim durumu gibi değişkenlerin önemini belirtmiştir [30].

Kriterler, literatürdeki kaynaklar göz önünde bulundurularak uzman grup tarafından belirlenmiştir[3,18,30,33,34]. Uzmanlar grubu ile yapılan toplantılar sonucu literatür de dikkate alınarak belirlenen ana ve alt kriterler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Alt ve Ana Kriterler

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

Bu kriterler dikkate alınarak aday yerlerin öncelik değerlerinin belirlenmesi amacıyla DEMATEL ve ANP yöntemleri birlikte kullanılmıştır.

2.3. Kriterlerin İlişkilerinin Belirlenmesi

Kriterler arasındaki ilişkiler belirlenirken ilişkileri, cinsi ve birbirleri üzerindeki etkilerinin önemi yönünden öncelik sırasına göre düzenleyen DEMATEL yönteminden yararlanılmıştır. İlk önce, Çankaya belediyesindeki uzmanların istekleri yönünde Tablo 3'deki ikili karşılaştırma skalası kullanılarak Tablo 4'teki direk ilişki matrisi elde edilmiştir.

Tablo 3. DEMATEL yöntemi karşılaştırma skalası

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

Tablo 4. Ana kriterler için ikili karşılaştırma skalası kullanılarak bulunan direkt-ilişki matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5
K1	0	2	0	2	1
K2	1	0	0	1	0
K3	0	0	0	1	1
K4	0	0	1	0	2
K5	0	0	0	2	0

Direkt-ilişki matrisindeki her bir hücre kriterlerin birbirleri üzerindeki etkisinin Tablo 3'e göre derecesini ifade etmektedir.

Direkt-ilişki matrisinin oluşturulmasından sonra sırasıyla Eş. (1)-(3) eşitlikleri kullanılarak Tablo 5'de gösterilen normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi ve Tablo 6'da gösterilen toplam ilişki matrisleri elde edilmiştir.

$$M = k * A \quad (1)$$

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

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

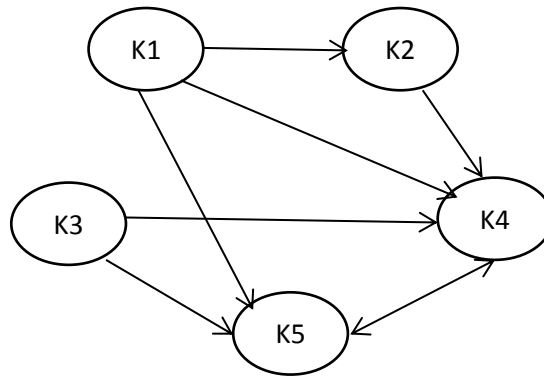
Tablo 5. Normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5
K1	0	0,3	0	0,3	0,17
K2	0,17	0	0	0,17	0
K3	0	0	0	0,17	0,17
K4	0	0	0,17	0	0,3
K5	0	0	0	0,3	0

Tablo 6. Toplam ilişki matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5
K1	0,06	0,35	0,09	0,55	0,38
K2	0,18	0,06	0,05	0,29	0,13
K3	0,00	0,00	0,04	0,26	0,26
K4	0,00	0,00	0,20	0,17	0,42
K5	0,00	0,00	0,07	0,39	0,14

Uzman grup tarafından belirlenen eşik değer 0,20'dir. Bu değerden büyük olan her hücre bir ilişkiyi temsil etmektedir. Eşik değer toplam ilişki matrisine uygulandıktan sonra gönderici grubu ve alıcı grubu hesaplamaları yapılmış ve kriterler arasındaki ilişkiyi gösteren yapı Şekil 1'de gösterildiği gibi belirlenmiştir.



Şekil 1. Kriterler arası ilişkiler

Şekil 1'de gösterilen kriterler arası ilişkiler elde edildikten sonra alternatiflerin öncelik değerlerinin belirlenebilmesi için Super Decision 15.0 programından yararlanılarak ANP yöntemi kullanılmıştır. Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisleri birbirleri arasındaki etkiler göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır. İkili karşılaştırma matrisleri $A \cdot w = \lambda_{\max} \cdot w$ işleminden geçirilerek her bir aday yerin öncelik değerleri elde edilmiştir. Bu değerler Tablo 7'de gösterilmektedir.

Tablo 7. 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

2.3. 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 ve p-merkez probleminin yerleşim yerlerinin tesislere maksimum uzaklığını minimize etme amaçları ile ayrı ayrı birleştirilerek ilgili matematiksel modeller kurulmuştur. İki ve üç amaçlı bütünleşik amaç fonksiyonları LP-metrik yaklaşımıyla oluşturulmuştur.

2.3. 1. Model 1

Ele alınan problemin, tesislerin yerleşim yerlerinden toplam uzaklığını minimize eden p-medyan modeli ve kullanılan amaç fonksiyonları aşağıda verilmiştir:

Amaç Fonksiyonları;

$$Z_1 = \min \sum_{i=1}^{124} \sum_{j=1}^{15} d_{ij} z_{ij} \quad (4)$$

$$Z_2 = \max \sum_{j=1}^{15} v_j * y_j \quad (5)$$

$$Z = \min \left[w_1 * \frac{Z_1 - Z_1^*}{Z_1^*} + w_2 * \frac{Z_2^* - Z_2}{Z_2^*} \right] \quad (6)$$

Kısıtlar;

$$\sum_{j=1}^{15} z_{ij} = 1 \quad i=1,2,\dots,124 \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^{15} y_j = p \quad (8)$$

$$z_{ij} \leq y_j \quad i=1,2,\dots,124, j=1,2,\dots,15 \quad (9)$$

$$z_{ij}, y_j \in \{0,1\} \quad i=1,2,\dots,124, j=1,2,\dots,15 \quad (10)$$

Karar Değişkenleri;

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

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

d_{ij} , i noktası ile j noktası arasındaki en kısa mesafe, p yerleştirilecek olan tesis (medyan) sayısıdır.

v_j , j aday tesis yerinin ANP'den elde edilen öncelik değerleridir.

w_1 , w_2 değerleri ise, karar verici tarafından atanan ağırlık değerlerini ifade etmektedir. Bizim modelimizde bu değerler eşit olarak alınmıştır.

İki amaç fonksiyonu da sırası ile Z_1 , Z_2 ile temsil edilmektedir. Sırası ile, modelin her bir amaç fonksiyonuyla ayrı ayrı çözümünden elde edilen optimal değerler Z_1^* , Z_2^* 'dir. (4) ile gösterilen amaç fonksiyonu kurulacak tesis ile hizmet bekleyen talep noktaları arasında oluşacak olan maliyeti minimize etmektedir. (5)'deki amaç, seçilen aday yerlerinin ANP'den elde edilen öncelik değerleri toplamını en büyükmektedir. (6) ise, bu iki amacı LP-metric yaklaşımı ile birleştiren amaç fonksiyonudur. (7) kısıtı ile her talep noktasının yalnız bir tesisten hizmet alması sağlanmaktadır. (8) ise kurulacak olan tesis sayısını p adet ile sınırlı kalmasını sağlamaktadır. (9) kısıtı ile tesis kurulmayan herhangi bir düğüme talep noktası atanmasını engellenmektedir.

2.3. 2. Model 2

Ele alınan problemin, yerleşim yerlerinin tesislere maksimum uzaklığını minimize eden p -merkez modeli ve kullanılan amaç fonksiyonları aşağıda verilmiştir:

$$Z_1 = \min m \quad (11)$$

$$Z_2 = m \max \sum_{j=1}^{15} v_j * y_j \quad (12)$$

$$Z = m \min \left[w_1 * \frac{Z_1 - Z_1^*}{Z_1^*} + w_2 * \frac{Z_2 - Z_2^*}{Z_2^*} \right] \quad (13)$$

Kısıtlar;

$$\sum_{j=1}^{15} c_{ij} * z_{ij} \leq m \quad i=1,2,\dots,124 \quad (14)$$

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

$$\sum_{j=1}^{15} y_j = p \quad (16)$$

$$z_{ij}, y_j \in \{0,1\} \quad i=1,2,\dots,124, j=1,2,\dots,15 \quad (17)$$

$$z_{ij} \leq y_j \quad i=1,2,\dots,124, j=1,2,\dots,15 \quad (18)$$

(12), (13)-(15), (16)'daki amaç ve kısıtlar p-medyan problemi ile aynıdır. (11), açılacak tesis ile müşteri arasındaki maksimum uzaklığı minimize eden amaç fonksiyonudur. (14), bir talep noktasıyla en yakınındaki tesis arasındaki maksimum uzaklığın herhangi bir talep noktası ve atandığı tesis arasındaki uzaklıktan büyük olmasını sağlar.

2.3.3. Model 3

P-medyan ve p-merkez amaç fonksiyonlarına matematiksel olarak ifade edilemeyen fakat ÇKKV yöntemlerini kullanarak dikkate alınabilen nitel özellikleri de ekleyerek oluşturulan amaç fonksiyonu aşağıda verilmiştir:

$$Z_1 = \min m \quad (19)$$

$$Z_2 = \min \sum_{i=1}^{124} \sum_{j=1}^{15} d_{ij} z_{ij} \quad (20)$$

$$Z_3 = \max \sum_{j=1}^{15} v_j * y_j \quad (21)$$

$$Z = \text{Min} \left[w_1 * \frac{Z_1 - Z_1^*}{Z_1^*} + w_2 * \frac{Z_2 - Z_2^*}{Z_2^*} + w_3 * \frac{Z_3 - Z_3^*}{Z_3^*} \right] \quad (22)$$

Kısıtlar;

$$\sum_{j=1}^{15} z_{ij} = 1 \quad i=1,2,\dots,124 \quad (23)$$

$$\sum_{j=1}^{15} c_{ij} * z_{ij} \leq m \quad i=1,2,\dots,124 \quad (24)$$

$$\sum_{j=1}^{15} y_j = p \quad (25)$$

$$z_{ij} \leq y_j \quad i=1,2,\dots,124, j=1,2,\dots,15 \quad (26)$$

$$z_{ij}, y_j \in \{0,1\} \quad i=1,2,\dots,124, j=1,2,\dots,15 \quad (27)$$

(19)ve (20)'deki amaçlar sırasıyla p-merkez ve p-medyan modellerinin amaç fonksiyonlarıdır. (21)'deki amaç fonksiyonu, seçilen aday yerlerinin ANP'den elde edilen öncelik değerleri toplamını en büyükmektedir. (23), (25),(26), p-merkez ve p-medyan modellerinin ortak kısıtlarıdır. (24)'deki kısıt ise p-merkez modelinin bir talep noktasıyla en yakınındaki tesis arasındaki maksimum uzaklığın herhangi bir talep noktası ve atandığı tesis arasındaki uzaklıktan büyük olmasını sağlayan kısıttır.

3. Bulgular

Problem, kurulacak tesis sayısının 1 ve 2'ye eşit olduğu iki durum için çözülmüştür.

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

P-medyan ve p-merkez amaçlarının tek başına kullanılmasıyla model 1 ve 2'nin GAMS 23.5 paket programında çözümü sonucunda elde edilen optimal değerler sırası ile 1139 km, 58 km'dir. 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. Senaryo 1 için model 1, 2 ve 3'ün çözümlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 8'de gösterilmektedir.

P-medyan ve ANP öncelik değerlerinden oluşan amaç fonksiyonlarını birleştiren Model 1'in çözümü sonucunda her iki amacı da yüksek oranda sağlayan bir tesis ataması yapılmıştır. P medyan amacı %84, ANP amacı ise %100 oranında sağlanmaktadır.

P-merkez ve ANP öncelik değerlerinden oluşan amaç fonksiyonlarını birleştiren Model 2'nin çözümü sonucunda p-merkez amacının %99, ANP amacının % 100 sağlandığı bir atama yapılmıştır.

P-medyan, p-merkez ve ANP öncelik değerlerinden oluşan amaç fonksiyonlarını birleştiren Model 3'ün çözülmesi sonucu ise p-medyan amacının %84, ANP amacının %100, p-merkez amacının %99 sağlandığı bir sonuç elde edilmiştir. Her 3 model de, ANP yönteminin işaret ettiği gibi, tesisin Çukurambar mahallesine kurulması gerektiği sonucuna ulaşmıştır. Tüm çok amaçlı modellerin ANP yöntemi ile aynı sonuca ulaşmasının nedeni, kriterler dikkate alınarak tesis kurulması için en yüksek önceliğe sahip olduğu tespit edilen mahallenin, p-medyan ve p-merkez amaçları için de iyi sonuçlar vermesidir. Bu ele alınan problem özelinde böyle olmuştur. Farklı bölgeler için atık getirme merkezleri yer seçiminde farklı sonuçlar elde edilmesi mümkündür. Ayrıca, p-medyan ve p-merkez amaçlarının ağırlıkları arttırılırsa, yine ANP'nin seçtiğinden farklı bir mahalle seçilebilir.

Tablo 8. 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 ve p-merkez amaçlarının tek başına kullanılmasıyla model 1 ve 2 'nin GAMS 23.5 paket programında çözümü sonucunda elde edilen optimal değerler sırası ile 834 km, 53 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 0,206 olacaktır. Senaryo 2 dikkate alındığında model 1, 2 ve 3'ün çözümlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 8'de gösterilmektedir.

Model 1'in çözümü sonucunda seçilen mahalleler Bağcılar ve Çukurambar'dır. P-medyan amacının %90, ANP amacının %73 sağlandığı bir tesis ataması yapılmıştır.

Model 2'nin çözümü sonucunda seçilen mahalleler Beytepe 3 ve Çukurambar'dır. P-merkez amacının %91, ANP amacının %100 sağlandığı görülmektedir

Model 3'ün çözümü sonucunda Bağcılar ve Çukurambar mahalleleri tesis kurulmak üzere seçilmiştir. P-medyan amacı %90, p-merkez amacı %91, ANP amacı %74 oranında sağlanmıştır. Modellerin iki tesis kurulması durumunda, tesis kurmak üzere seçtiği mahalleler ve amaç fonksiyonlarının ayrı ayrı aldıkları değerler Tablo 9'da gösterilmektedir.

Tablo 9. 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	-	0,154
P-merkez ve ANP öncelik değerleri	6, 8	-	58km	0,201
P-medyan, p-merkez, ANP öncelik değerleri	3, 8	918km	58km	0,153

4. Tartışma ve Sonuç

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. Bu nedenle atıkların düzenli ve ekonomik bir biçimde, belli bir yerde toplanması gerekmektedir. Atıkların toplanması için açılması planlanan atık getirme merkezlerinin etkin kullanımını sağlamak tesisin nereye kurulacağına belirlenmesi ile de yakından ilgilidir.

Kurulması amaçlanan 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 gibi tesis yer seçim modelleri de dahil edilmiştir. ANP'den elde edilen sonuçlara göre en önemli kriterler sırasıyla, Sosyo-kültürel yapı, Ulaşım, Çevresel, Sosyal, Topoğrafik kriterleri olarak belirlenmiştir. Buradan da anlaşılacağı üzere yer seçiminde en önemli unsurlardan biri, eğitim düzeyi, nüfus atık miktarıdır. Bu kriterlere ek olarak mesafenin de etkisini ölçebilmek adına ANP'den elde edilen öncelik değerleri ile 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.

Sonuç olarak, üç farklı model kurularak farklı amaç kombinasyonlarına göre tesislerin kurulacağı yerler belirlenmiştir. Tek tesisin kurulması halinde en uygun yer Çukurambar mahallesi seçilmiştir. Atık toplama merkezlerinin kurulacağı yerler seçilirken en önemli kriterlerden biri çevresinde park, bahçe, kütüphane, çay bahçesi, cafe vb. yapıların var olup olmamasıdır. Çünkü bireyler sadece geri dönüştürülebilir atıklarını getirmek için bu mesafeye katlanmayı tercih etmemektedirler. Bu sebeple çevrede insanların atıkları bıraktıktan sonra vakit geçirebilecekleri alanların olması çok önemlidir. Ayrıca çevrede yaşayan insanların sosyo-ekonomik düzeyinin ve eğitim düzeyinin yüksek olması gerekmektedir. Bu kriterler dikkate alındığında Çukurambar mahallesi bu merkezin kurulması açısından oldukça uygundur. İki tesis kurulması halinde ise karar verici, dikkate alacağı amaçlara göre alternatif çözümlerden birini seçebilir. İleriki çalışmalarda, problem, toplama stratejisinin kullanılacağı durum için modellenebilir. Farklı belediyeler içinde aynı çalışma yapılabilir.

Teşekkür

Çalışmamı gerçekleştirebilmem için gerekli olan verilere ulaşmamı sağlayan ÇANKAYA Belediyesi'ne ve çalışanlarına yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Kaynakça

- [1] Wang, B., Ren, C., Dong, X., Zhang, B., & Wang, Z. (2019). Determinants shaping willingness towards on-line recycling behaviour: An empirical study of household e-waste recycling in China. *Resources, Conservation and Recycling*, 143, 218-225.
- [2] Almazán-Casali, S., Alfaro, J. F., & Sikra, S. (2019). Exploring household willingness to participate in solid waste collection services in Liberia. *Habitat International*, 84, 57-64.

- [3] 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.
- [4] Khorsandi, H., Faramarzi, A., Aghapour, A. A., & Jafari, S. J. (2019). Landfill site selection via integrating multi-criteria decision techniques with geographic information systems: a case study in Naqadeh, Iran. *Environmental monitoring and assessment*, 191(12), 730.
- [5] Bosompem, C., Stemm, E., & Fei-Baffoe, B. (2016). Multi-criteria GIS-based siting of transfer station for municipal solid waste: The case of Kumasi Metropolitan Area, Ghana. *Waste Management & Research*, 34(10), 1054-1063.
- [6] Srivastava, S.K. (2008). Network design for reverse logistics. *Omega*, 36(4), 535-548.
- [7] 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.
- [8] Kamdar, I., Ali, S., Bennui, A., Techato, K., & Jutidamrongphan, W. (2019). Municipal solid waste landfill siting using an integrated GIS-AHP approach: A case study from Songkhla, Thailand. *Resources, Conservation and Recycling*, 149, 220-235.
- [9] Özkan, B., Özceylan, E., & Sariçiçek, İ. (2019). GIS-based MCDM modeling for landfill site suitability analysis: A comprehensive review of the literature. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-20.
- [10] Alkaradaghi, K., Ali, S. S., Al-Ansari, N., Laue, J., & Chabuk, A. (2019). Landfill site selection using MCDM methods and GIS in the sulaimaniyah governorate, Iraq. *Sustainability*, 11(17), 4530.
- [11] Lin, H.-Y., Kao, J.-J. (2008). Subregion districting analysis for municipal solid waste collection privatization, *Journal of the Air and Waste Management Association* 58(1), pp. 104-111.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] Pires, A., Chang, N.-B., Martinho, G. (2011). An AHP-based fuzzy interval TOPSIS assessment for sustainable expansion of the solid waste management system in Setúbal Peninsula, Portugal. *Resources, Conservation and Recycling* 56(1), pp. 7-21.
- [16] Beskese, A., Demir, H.H., Ozcan, H.K., Okten, H.E. (2015). Landfill site selection using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS: a case study for Istanbul. *Environmental Earth Sciences* 73(7), pp. 3513-3521.
- [17] de Figueiredo, J. N., & Mayerle, S. F. (2008). Designing minimum-cost recycling collection networks with required throughput. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44(5), 731-752.
- [18] 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.
- [19] 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.

- [20] Srinivasan, S.P., Malliga, P. (2013). An optimal jatropha seed warehouse location decision using myopic and exchange heuristics of P Median. Proceedings of 2012 3rd International Asia Conference on Industrial Engineering and Management Innovation, IEMI 2012 pp. 439-449.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] Alshamsi, A.and Diabat, A. (2015). A reverse logistics network design. Journal of Manufacturing Systems, 37, 589-598.
- [24] Plewa, M., Giel, R., & Młyńczak, M. (2015, June). Logistic support model for the sorting process of selectively collected municipal waste. In International Conference on Dependability and Complex Systems (pp. 369-380). Springer, Cham.
- [25] Habibi, F., Asadi, E., Sadjadi, S. J., & Barzinpour, F. (2017). A multi-objective robust optimization model for site-selection and capacity allocation of municipal solid waste facilities: A case study in Tehran. Journal of cleaner production, 166, 816-834.
- [26] Panei, R., Petrucciani, G., Bonanni, D., & Trovalusci, P. (2018). ECOSITING: A Sit Platform for Planning the Integrated Cycle of Urban Waste. In International Symposium on New Metropolitan Perspectives (pp. 585-592). Springer, Cham.
- [27] Reddy, K. N., Kumar, A., & Ballantyne, E. E. (2019). A three-phase heuristic approach for reverse logistics network design incorporating carbon footprint. International Journal of Production Research, 57(19), 6090-6114.
- [28] Çakir, E., & Ulukan, H. Z. (2019). A Fuzzy Logic Programming Environment for Recycling Facility Selection.
- [29] 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.
- [30] 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.
- [31] Owens, J., Dickerson, S.and Macintosh, D.L. (2000). Demographic covariates of residential recycling efficiency. Environment and behavior, 32(5), 637-650
- [32] Aksakal, E.and Dağdeviren, M. (2010). ANP VE DEMATEL YÖNTEMLERİ İLE PERSONEL SEÇİMİ PROBLEMİNE BÜTÜNLEŞİK BİR YAKLAŞIM. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 25(4).
- [33] Gamba, R.J.and Oskamp, S. (1994). Factors influencing community residents' participation in commingled curbside recycling programs. Environment and behavior, 26(5), 587-612.
- [34] Werner, C.M.and Makela, E. (1998). Motivations and behaviors that support recycling. Journal of environmental psychology, 18(4), 373-386.