

Adana Katı Atık Toplama Tesisinin Mevcut Yer Seçim Uygunluğunun Konumsal Bilgi Teknolojileri ile Değerlendirilmesi

Müge Ünal Çilek^{1*}, Ahmet Çilek¹, Esra Deniz Güner²

Özet: Belediye katı atık tesisleri dünyadaki kentleşme, sanayileşme, nüfus artışı ve teknolojik gelişmelerin sonucu karar vericilerin (mimarlar, şehir plancıları, yerel makamlar, bakanlar vb.) en uygun yer seçmesine önem kazandırmaktadır. Ancak, uygun depolama alanını belirlemek ve değerlendirmek için çevresel, sosyal, ekonomik ve teknik faktörleri içeren çok disiplinli çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu nedenle, bu çalışma Adana'daki çevresel ve sosyo-ekonomik kısıtlamaları dikkate alarak mevcut belediye katı atık tesisinin alan uygunluğu değerlendirmek için çok kriterli bir model geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda öncelikle depolama sahası uygunluk kriterleri literatür araştırması ile belirlenmiştir. İkinci aşamada her kriter katman olarak belirlendi ve uygun ve uygun olmayan alanlar Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında analiz edilmiştir. Üçüncü aşamada ise kriterlerin değer aralıkları fuzzy (bulanık mantık) yöntemiyle standardize edilmiştir. Son olarak standardize edilen katmanlar çakıştırılarak uygunluk haritası elde edilmiştir. Sonuç olarak, karar vericiler katı atık depolama sahası için uygun yerin değerlendirilmesi ve seçilmesi gerekliliği ile karşı karşıya kalarak bu çok kriterli analiz yönteminden faydalanabilir. Mevcut katı atık depolama alanının çevre ve sosyal yaşam üzerindeki olumsuz etkilerden dolayı en uygun alan olmadığını göstermektedir, ancak bu çalışma yeni katı atık depolama alanlarının seçiminde ekonomik ve ekolojik faydalar sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Katı Atık Depolama Alanı, CBS, Çok Kriterli Analizler, Fuzzy Logic

Evaluation of the Location Selection Suitability of Adana Municipality Solid Waste Facility with Spatial Information Technologies

Abstract: Municipal solid waste (MSW) gain importance for decision maker (architects, city planners, local authorities, ministries, etc.) to select suitable location, as a results of the rapid urbanization, industrialization, population growth, and technological development in the world. However, multidisciplinary studies involving environmental, social, economic and technical factors are required to decide and evaluate suitable landfill location. Therefore, this study aims to develop a multi-criteria model for evaluating the land use suitability for existing MSW considering environmental and socio-economic constraints in Adana, Turkey. In order to achieve this goal, firstly landfill suitability criteria and their evaluated values were defined by literature review. Secondly, each criteria were defined as a layer and then suitable and unsuitable area were analysed by Geographic Information Systems (GIS). Thirdly, the criteria were standardized to equalize the value ranges with each other by Fuzzy method. Finally, the

¹Cukurova University, Landscape Architecture Department, Adana, Turkey

*Corresponding author (İletişim yazarı): mugeunal23@gmail.com

Citation (Atıf): Ünal Çilek, M., Çilek, A., Güner, E. D., (2019). Adana Katı Atık Toplama Tesisinin Mevcut Yer Seçim Uygunluğunun Konumsal Bilgi Teknolojileri ile Değerlendirilmesi. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 3(Special Issue): 89-105.

standardized criteria maps were overlaid and MSW suitability class were determined in the result map. Consequently, the decision-makers, faced with the need of evaluating and selecting the suitable location for MSW landfill can benefit from this multi-criteria model. The findings of the research indicate that existing MSW landfill is not the best suitable area due to the negative effect on environment and social life, however, this study will provide economic and ecological benefits in the selection of new MSW storage sites.

Keywords: Siting MSW Landfills, GIS, Multi Criteria Decision Making, Fuzzy Logic

1. Giriş

Dünyada teknolojik gelişmeler ile birlikte kentleşme ve endüstrileşme hız kazanmış ve bu durum hem çevre üzerinde hem de insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilerini göstermeye başlamıştır. Son yıllarda gerek sivil toplum kuruluşlarının gerekse kent üzerinde söz sahibi olan karar vericilerin (mimarlar, şehir plancıları, yerel yönetimler, bakanlıklar, vb.) çalışmaları ile sürdürülebilir çevre ve kamusal alan planları önem kazanmıştır. Sürdürülebilirliğin sağlanması için karar vericilerin sadece kamu yararı göz önünde bulundurması yeterli olmadığı günümüz şartları, çevresel, sosyal, ekonomik ve teknik konularının da dahil edildiği bütüncül bir yaklaşım gerektiren ve farklı meslek disiplinlerinin de dahil olduğu planların üretilmesini zorunluluk haline dönüştürmüştür (Torabi-Kaveh vd., 2016; Khan vd., 2018; Demesouka vd., 2019, Unal vd. 2019). Katı atık entegre tesisleri bu tür planların üretilmesi gereken ve son yıllarda karar vericilerin üzerinde durduğu çalışma konularından birisidir. Çünkü katı atık tesisleri yapım ve işletme aşamalarında çevre (su kirliliği, toprak kirliliği, hava kirliliği vb.) ve toplum sağlığını (koku etkisi, sağlığa zararlı gazların salınımı, vb.) etkilemekte, kısıtlı alan kullanımına sahip olunmasından dolayı kamulaştırmada ekonomik sınırlayıcılarla karşılaşmaktadır. Katı atık depolama alanının uygun yer seçim kararları sadece ulusal değil uluslararası düzenlemelere de uymak zorundadır (Demesouka vd., 2019). Bu yüzden karar vericiler iyi seçim ve yönetim stratejine sahip olmayan depolama tesislerinin çevre ve halk sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin bilincinde olmalı ve uygun depolama alanı seçim kararı verilirken bu risklerin en düşük seviyede olmasına özen göstermelidirler (Önüt ve Soner, 2008; Gbanie vd., 2013; Soltani vd., 2015; Torabi-Kaveh vd., 2016; Khan vd., 2018).

Katı atık depolama sahasının uygun yer seçim kararının verilmesi karmaşık ve çok disiplinli bir süreçtir. Katı atık depolama sahası seçim

probleminin konumsal olması gerekliliği Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanımını gerektirir. McHarg'ın harita katmanlama fikrine dayanarak (McHarg, 1992), konumsal bilgilerin yönetimi, detaylandırılması ve performansının desteklenmesi için desteklenen prosedürler, konumlandırma analizindeki rollerini artırır. CBS tabanlı çok kriterli analiz (MCDA) yöntemi, mekansal ve mekansal olmayan pek çok veriyi dikkate alarak kullanılabilircek bilgilere dönüştüren ve uygun yer seçim kararlarının belirlenmesinde kritik unsurları göz önünde bulunduran ve pek çok çalışmanın konusunu oluşturan akıllı bir sistemdir (Malczewski, 2004; Sumathi vd., 2008). Literatür incelemeleri sonucunda Analytic Hierarchical Process (AHP), Analytic Network Process (ANP), Weighted Linear Combination (WLC) veya Simple Additive Method (SAM) ve Fuzzy Logic süreçlerini içerebilen çok kriterli analizler uygun alan seçimi belirlemede en çok kullanılan yöntemlerdir. Katı atık entegre tesisleri için uygun yer seçim kararının verilmesinde çok kriterli analiz yöntemini kullanan ve ilk olabilecek çalışmalardan Vuk vd., (1991), Cheng vd., (2002, 2003) ve Queiruga vd., (2008) önceden belirlenmiş aday sahalardan değerlendirilmesinde kullanmışlardır. Alumur ve Kara (2007), Emek ve Kara (2007) ve Colebrook ve Sicilia (2007) diğer yazarlardan farklı olarak, yer seçim kararı alınmasında önceden belirlenen aday alanları değerlendirmemiş, çalışma sınırları içerisindeki tüm alanlarda çok kriterli analiz yöntemi aracılığıyla uygun aday alanları belirlemişlerdir. Erkut ve Newman (1989), Khan ve Faisal (2008) ve Aragonés-Beltrán vd. (2010) katı atık entegre tesisleri için uygun yer seçim kararında bilgi ve deneyime göre belirlenen kriterler ve alternatifler arasındaki etki ve etkileşimleri dikkate alan AHP sürecini ele almışlardır.

Hızlı kentleşme sonucunda potansiyel alan kullanımına dikkat etmeyen gelişmekte olan ülkelerde, çevre mevzuatının geliştirilmesi katı atık depolama alanının uygun yer seçim kararının alınabilmesinde uygun alan kullanım optimizasyonunu sağlayacaktır. Gelişmekte olan

ülkeler arasında yer alan Türkiye’de katı atık üretimi son 10 yılda 25.373.000 tondan 31.584.000 tona yükselmiş, kontrollü katı atık depolama alanları ise yaklaşık % 60 artmıştır (TÜİK, 2018). Çalışma alanını oluşturan Adana kentinde ise hızlı nüfus artışı çöp üretiminin artmasına, hızlı kentleşme ise mevcut katı atık entegre tesisinin yerleşim alanı içerisinde kalmasına ve koku etkisinin kentin sağlık ve sosyal yaşamını olumsuz etkilemesine sebep olmuştur. Bu bağlamda çalışmanın amacı, coğrafi bilgi sistemleri ve çok kriterli analiz yöntemi kombinasyonu ile katı atık tesisleri uygun yer seçimin değerlendirilmesi için bir metodoloji ortaya koymaktır. Çalışma ile pek çok çevresel ve sosyo-ekonomik faktör sistematik olarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda ise karar vericilerin doğru alan kullanım kararlarını verebilmeleri için güvenilir, uygun ve uygulanabilir somut verilerin elde edilmesi hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma alanı

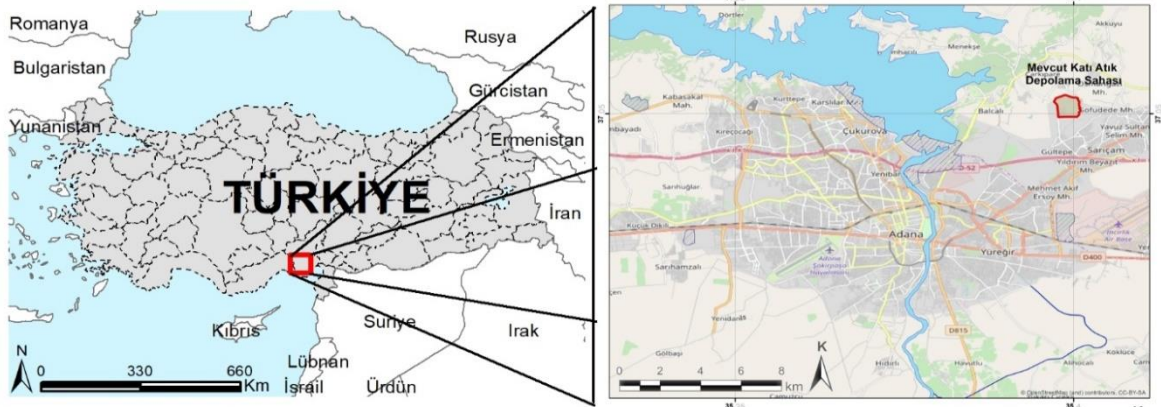
Türkiye’nin nüfusu en yüksek 5. kenti olan Adana, Çukurova metropoliten alanının da merkezi konumundadır (37°00’N 35°19’E). Bu alan ülkenin en verimli tarım arazilerini kapsadığından tarım ve tarımsal sanayi gelişmiştir. Bu gelişme önemli düzeyde istihdam kapasitesi yarattığından kırsal kesimden kente yoğun bir iç göç oluşmuştur. Böylece 1980’lerin başında 500.000 olan kent nüfusu 2018 yılında yaklaşık 2.220.125’e yükselmiştir. Kent, aralarındaki sınırları Seyhan nehri ve ana sulama kanalının belirlediği ve 2018 nüfusları parantez içinde belirtilen dört ilçeye ayrılmıştır: Çukurova

(365.735), Sarıçam (173.154), Seyhan (793.480) ve Yüreğir (415.198) (TÜİK, 2018) (Şekil 1). Adana’nın 1985-2015 döneminde hazırlanan imar plan ve iyileştirmelerinde dört ilçe merkezinde de artan nüfusun konut gereksiniminin karşılanmasına öncelik verilmiştir. Bu durum, hızlı kentleşme ve nüfus artışı ile birlikte kentsel atıkların miktarının artmasına yol açmış ve kentsel atıkların depolanma gereksinimini ortaya çıkarmıştır.

Adana Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde; 15 adet ilçe belediyesi yer almaktadır. Bu belediyelerin sorumluluğunda olan yerleşim yerlerinden kaynaklı katı atıklar 2011 yılından itibaren Adana Entegre Katı Atık Bertaraf Tesisi’nde toplanmaktadır. Bu tesis ile ilgili bazı sayısal veriler şunlardır: 1.800 ton/gün evsel katı atık, 4 adet aktarma istasyonu, 15 adet Semitrey ile (her birinin kapasitesi ortalama 25 ton), hizmet verdiği nüfus 2.149.260 kişi, ve 2013 yılı verilerine göre atık miktarı 519.140,440 ton/yıldır. Fakat son yıllarda mevcut katı atık tesisinin yerleşim alanları içerisinde kalması, çevreye ve kent yaşamına olumsuz etkilerinin bulunmasından dolayı mevcut yer seçiminin değerlendirilmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır.

Araştırma alanı olarak mevcut katı atık depolama alanının seçilmesinin ana nedenleri;

- Adana Sarıçam ilçesinde yapılaşmaya öncelik tanınmasından dolayı mevcut tesisin yerleşim alanı içerisinde kalması,
- Depolama alanından kaynaklı gazların kent sağlığını olumsuz yönde etkilemesi,
- Koku etkisinin kentin sosyal yaşantısını olumsuz etkilemesi olarak sıralanabilir.



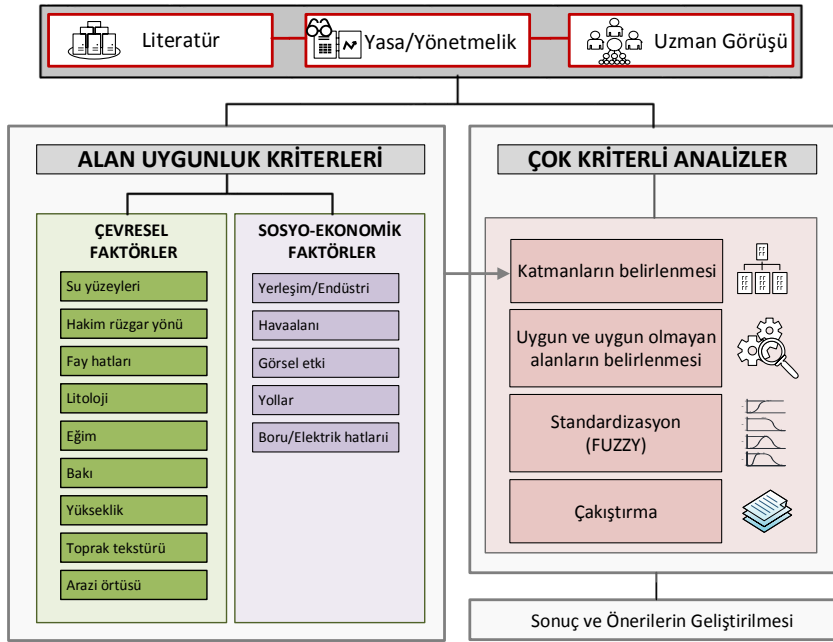
Şekil 1. Çalışma alanı sınırları, Adana/Türkiye

2.2. Yöntem

Çalışmanın yöntemi beş aşamadan oluşmaktadır (Şekil 2):

- Katı atık tesisinin yer seçiminin uygunluğunun belirlenebilmesi için gerekli kriterlerin literatür araştırması ve uzman görüşleri doğrultusunda belirlenmesi
- Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı Çok Katmanlı Analiz yönteminin uygulanması

- Uygun ve uygun olmayan alanları belirtecek şekilde sınıflandırma yapılması,
- Standardizasyon (Fuzzy yöntemi ile haritaların aynı birime getirilmesi)
- Katı atık toplama tesisi yer seçim uygunluğunun haritalanması
- Katı atık toplama tesisi alanının uygunluğunun belirlenmesi ve derecelendirilmesi
- Sonuçlar doğrultusunda önerilerin geliştirilmesi



Şekil 2. Çalışmanın akış diyagramı

2.2.1. Verimlilik Kavramı ve Verimliliği Artırmaya Yönelik Uygulamalar

Uygun bir depolama sahasının seçilmesinde, çevresel, ekonomik, sosyolojik, teknik ve politik yönden önemli olan en uygun yeri belirlemek için kapsamlı bir değerlendirme süreci gerekmektedir (Ersoy ve Bulut, 2009; Nas vd., 2010; Yıldırım, 2012; Soltani vd., 2015). Çünkü depolama sahası çevre, halk sağlığı ve güvenliği üzerinde olası bir etkiden kaçınılmalı, diğer doğal ve insan yapımı sistemlerle herhangi bir etkileşimde bulunması engellenmelidir (Gorsevski vd., 2012; Soltani vd., 2015). Bu yüzden yer seçiminin uygunluğunun

değerlendirilmesinde en önemli ilkeler çevre koruma, halk sağlığı ve güvenliğidir (Kontos vd., 2005; Önüt ve Soner, 2008; Sumathi vd., 2008).

Bu belirlemeler doğrultusunda çalışmada kullanılan kriterler ulusal ve uluslararası yayınlanmış yazınlardan faydalanarak belirlenmiştir (Çizelge 1). Pek çok çalışmada değerlendirme kriterleri çevresel, sosyal, ekonomik ve teknik faktörlerden ikisini ya da üçünü içerecek şekilde faktör grupları altında toplanmıştır (Su vd., 2007; Ramjeawon ve Beerachee, 2008; Tuzkaya vd., 2008; Ersoy ve Bulut, 2009; Wang vd., 2009; Aragonés-Beltrán vd., 2010; Şener vd., 2010; Tavares vd., 2011;

Effat ve Hegazy, 2012; Eskandari vd., 2012; Gorsevski vd., 2012; Nazari vd., 2012; Zelenović Vasiljević vd., 2012; Demesouka vd., 2013; Gbanie vd., 2013; Motlagh ve Sayadi, 2015; Torabi-Kaveh vd., 2016).

Bu çalışmada ise kriterler çevresel ve sosyo-ekonomik olmak üzere iki faktör grubu altında toplanmış, 8 ana grup ve 14 kriter depolama alanını değerlendirmek için belirlenmiştir. Çevresel faktörler hidroloji, hava, jeoloji, toprak ve alan kullanımı ana kriterlerinden oluşmakta iken, sosyo-ekonomik faktörler sosyal ve tekno-

ekonomik ana kriterlerinden oluşmaktadır. Çevresel faktörler katı atık toplama alanlarının çevreye vereceği zararların minimuma indirilmesini hedeflemekte iken, sosyo-ekonomik faktörler ise katı atık toplama alanlarının hem yapım hem de işletme aşamasındaki maliyetlerini minimum düzeyde olmasını sağlayacak kriterlerden oluşmaktadır. Çizelge 1 alan kullanım uygunluğunun belirlenmesinde kullanılacak kriterlerin hiyerarşik yapısını göstermektedir.

Çizelge 1. Alan uygunluk kriterlerinin hiyerarşik yapısı

FAKTÖRLER	ANA KRİTERLER	ALT KRİTERLER
ÇEVRESEL FAKTÖRLER	Hidroloji	Yüzey suları (göller, nehir, sulama kanalları vb.)
	Hava	Rüzgar yönü
	Jeoloji	Fay hattına yakınlık
		Litoloji
	Topoğrafya	Eğim
		Bakı
		Yükseklik
	Toprak	Toprak tekstürü
Alan Kullanımı	Korunan alanlar (milli parklar, yaban hayatı koruma ve geliştirme sahaları, sulak alanlar vb.), orman, tarım, kültürel alanlar (Arkeolojik, tarihi, turistik alanlar vb.)	
SOSYO-EKONOMİK FAKTÖRLER	Sosyal	Yerleşim alanlarına yakınlık
		Hava alanına yakınlık
		Görsel etki
	Tekno-ekonomik	Yoldan uzaklık
		Elektrik, gaz ve güç kaynaklarına yakınlık

2.2.2. Çalışmada kullanılan veriler

Depolama sahası seçim sürecini etkileyen her bir kriterin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamında haritalanabilmesi için bir veri seti oluşturulmuş. Bu veri setleri farklı veri tabanları ve kurumlardan sağlanmıştır. Toprak verileri, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı'ndaki Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nden sayısal olarak temin edilmiştir. Verilerdeki bilgiler arasında büyük toprak grupları, mevcut arazi kullanımları, arazi kullanım kabiliyeti ve arazi tipi yer almaktadır. Adana şehri için her bir toprak birimi için geçirgenlik ve toprak tekstürü bilgilerini içeren toprak hidrolojik özellikleri önceki çalışmalar ve bilimsel raporlardan elde edilmiştir. (Cilek, 2017; Cilek ve Berberoglu, 2019). Alan kullanımının sınıflandırılmasında CORINE arazi örtüsü sınıflarından faydalanılmış ve Tarım ve Orman

Bakanlığı'ndan temin edilen veriler, yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ve topografik haritalar aracılığıyla farklı alan kullanımları (yerleşim alanı, havaalanları, tarım alanları, su yüzeyleri, vb.) haritalanmıştır. Ayrıca eğim, bakı ve yükseklik haritaları 30 m çözünürlüklü ASTER uydu verisinden elde edilmiştir. Litoloji, fay hattı, akarsu ve yüzey suyu verileri 1/100.000 ölçekli jeolojik haritalardan elde edilmiştir. Yedi farklı litolojik grup farklı kaya türlerine göre sınıflandırılmıştır. Ek olarak, anayollar ve diğer tali yolları içeren yol ağı haritası OpenStreetMap, topografik haritalar ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden elde edilen veriler doğrultusunda sayısallaştırılmıştır. Boru hatları, Petrol Boru Hattı Şirketi tarafından, elektrik hatları ise Türkiye Elektrik İletim Şirketi Bölge Ofisi tarafından dijital olarak sağlanmıştır.

2.2.3. Çok katmanlı analizler

Katı atık depolama arazileri için alan uygunluğunu belirlemek için kullanılan CBS ortamında Fuzzy fonksiyon standardizasyonu ile birleştirilmiş çok kriterli analizler metodolojinin ikinci aşamasıdır. Karar verme sürecinde günümüzde kullanılan en yaygın yöntemlerden birisi olan çok kriterli analizlerin (MCA) temel amacı, olası çözümlerin karşılaştırılmasında bir belirleyici olarak, karar verme sürecinde çoklu kriterlerin entegrasyonunun sağlanmasıdır. Bu sonuca ulaşabilmek için MCA değerlendirme setlerine, alternatif setlerine ve fikirleri uygulayabilmek için doğru tekniklere ihtiyaç duyulmaktadır.

MCA yapılan uygulamalarda değerlendirme aşamalarını özetlemek gerekirse;

- Gerekli katmanların belirlenmesi,
- Uygun ve uygun olmayan alanları belirtecek şekilde sınıflandırma yapılması,
- Standardizasyon (Haritaların aynı birime getirilmesi)
- Kriterlere ait haritaların çakıştırılarak sonuç haritasının elde edilmesi

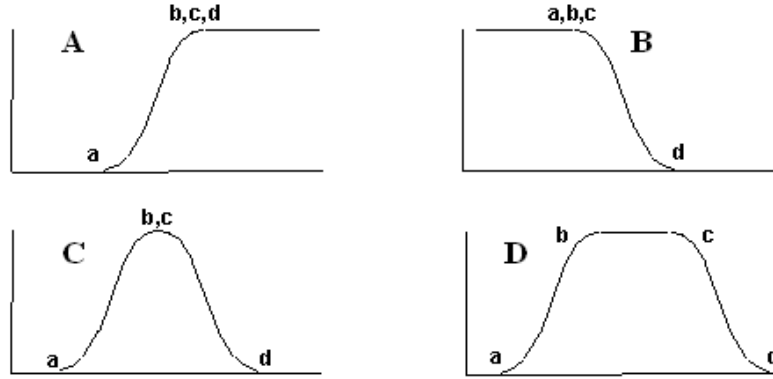
Katmanların belirlenmesi: Bu çalışmada, belediye katı atık bertaraf tesisi yer seçiminin uygunluğunun çevresel ve sosyo-ekonomik yönden değerlendirilmesi ve analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, çalışma alanı için çevresel ve sosyo-ekonomik faktörleri içeren geniş bir veri seti üretilmiştir. Elde edilen sonuçların daha kolay ve anlaşılır bir şekilde karar vericiler tarafından anlaşılabilmesi için farklı özellikleri içeren 14 değerlendirme kriteri önceki çalışmalar aracılığıyla belirlenmiştir.

Uygun ve uygun olmayan alanların belirlenmesi: Çok kriterli analizlerde önemli noktalardan biri de çalışma alanına ait faktörlerin ve kısıtlayıcıların (limitlerin) belirlenmesidir. Faktörler ve kısıtlayıcılar; spesifik alternatiflerin uygunluğunu azaltan veya arttıran kriterlerdir. Bu kriterler hedeflenen aktivitelere bağlı olarak belirlenmektedir. Kısıtlayıcılar, düşünülen

alternatiflerin sınırlarını göstermektedir ve uygun olan ya da olmayan alanlar olarak kesin sonuçları belirtmektedir. Kısıtlayıcılar, Boolean haritası olarak ifade edilir ve uygun alanlar için 1, uygun olmayan alanlar için 0 değerini almaktadır.

Standardizasyon: Depolama alanının uygunluğunun saptanmasında, belirlenen her bir kriter farklı katmanlarda haritalanmıştır. Fakat bu aşamadaki önemli noktalardan birisi Fuzzy fonksiyonları temel alınarak standardizasyonun sağlanmasıdır (Saaty, 1990; Saaty, 2008; Forman ve Selly, 2002; De Feo ve De Gisi, 2014). Kriterler belirlendikten sonra, farklı ölçü değerine sahip olan haritalar ortak bir birime getirilmiştir. Faktörler 0-1 arasında yeniden ölçeklendirilmiştir. 0 değeri, uygun olmayan, 1 değeri ise en uygun alanları temsil etmektedir. Standardizasyon adı verilen bu işlemde, Fuzzy yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşımda her bir Fuzzy seti fonksiyonu değerlendirilerek bu setlere ait her bir piksel için değerlendirilme yapılır. Sigmoidal, J-shaped ve doğrusal fonksiyonlar değer ölçeğindeki en yüksek ve en düşük değerlerden elde edilen kontrol noktaları ile biçimlendirilirler. İlk nokta fonksiyonun sıfırdan yükselmeye başladığı alanı temsil etmektedir. İkinci nokta fonksiyonun 1'e ulaştığı yerdir. Üçüncü nokta fonksiyonun yeniden 1 den aşağı doğru düşmeye başladığı alan ve 4. nokta ise fonksiyonun 0 değerine geri döndüğü alandır. The Sigmoidal ("s-shaped") biçim Fuzzy seti teorilerinde en çok kullanılan fonksiyondur ve kosinüs fonksiyonu kullanılarak üretilmiştir. Aşağıda Fuzzy fonksiyonun ihtiyaç duyduğu 4 adet kontrol noktasına ait değerler verilmiştir. Bunlar sigmoidal eğri üzerinde a, b, c, d olarak Şekil 3'te gösterilmiştir:

- a = fonksiyonun '0' in üzerine çıktığı nokta
- b = fonksiyonun '1'e ulaştığı nokta
- c = fonksiyonun '1' den azalmaya başladığı nokta
- d = fonksiyonun '0' olduğu nokta



Şekil 3. Sigmoidal Fonksiyonlar (A) Monoton Olarak Artan, (B) Monoton Olarak Azalan, (C) ve (D) Simetrik (Unal vd. 2019)

Sigmoidal fonksiyonuna ait üyeler monoton olarak artan, monoton olarak azalan, simetrik (üst sol, üst sağ, alt sol ve alt sağ) şekilde olabilmektedir. Fonksiyonun monoton olarak arttığı durumlarda b, c, d kontrol noktaları için verilen değerler aynıdır. Aynı şekilde fonksiyonun monoton olarak azaldığı durumlarda ise a, b, c kontrol noktaları aynı değere sahiptir. Fuzzy uygulaması ile aynı zamanda, Boolean yaklaşımı dışında (0-1, uygun değil-uygun), yumuşatılan sınırlar da (uygun olabilir) oluşturulmaktadır.

Çakıştırma: Çok kriterli analizlerin son aşaması ise farklı kaynaklardan elde edilen farklı

ölçeklerdeki verilerin standardize edilerek farklı veri formatındaki verilerin (point, line, polygon) çakıştırılmasıdır. Böylece karar verme sürecinde farklı kısıtlayıcıların dahil edildiği en uygun sonuç elde edilebilecektir (Carver, 1991). Çalışmanın bu aşamasında standardize edilen her bir kritere ait ayrı bir uygunluk haritası oluşturulmuş ve bu haritaların çakıştırılması sonucunda sonuç haritası elde edilmiştir. Katı atık tesisi depolama sahasının uygunluk sınıfı 5'li Likert ölçeği aracılığı ile belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Yer seçim uygunluğunun Likert ölçeğine göre sınıflandırılması

Puan Sınıfı	Uygunluk Sınıfı	Renk
% 0–20	Çok düşük	Red
%20,01–40	Düşük	Brown
%40,01–60	Orta	Yellow
%60,01–80	Yüksek	Light Green
%80,01–100	Çok yüksek	Dark Green

3. Bulgular

Katı atık depolama tesisinin yapım ve işletme aşamasında çevre ve halk sağlığına verebileceği zararların en düşük seviyede olmasına özen gösterilmelidir. Bu yüzden çalışmanın yönteminde de bahsedildiği gibi alan seçiminin uygunluğunu değerlendirmede kullanılacak olan kriterlerin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Çalışmada diğer önemli bir adım ise belirlenen kriterlerinin seçilme sebepleri ve fuzzy yöntemi

ile değerlendirme yapılabilmesi için gerekli olan sınır değerlerinin belirlenmesidir. Bu kapsam doğrultusunda son 10 yılı içeren 28 adet çalışma incelenmiş ve çevresel ve sosyo-ekonomik olmak üzere 2 faktör altında toplanan 14 kriter depolama alanının uygunluğunun değerlendirilmesi için seçilmiştir. Kriterlerin belirlenmesinde alanda kullanılabilirliği, veri erişilebilirliği ve farklı bölgelerde de çalışma yönteminin uygulanabilirliği dikkate alınmıştır. Aynı zamanda çalışmalarda en çok kullanılan kriterler

ve kriterlere ait değerler uzman görüşleri tarafından değerlendirilerek seçilmiştir. Bu doğrultuda kriterlerin değerlendirilmesinde dikkat

edilen özellikler Çizelge 3'te, değerlendirme aralıkları ise Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 3. Alan uygunluk kriterlerinin değerlendirme özellikleri

Değerlendirme Kriterlerinin Özellikleri	
ÇEVRESEL FAKTÖRLER	<p>1. Yerüstü su kaynakları Türkiye Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (2004) ve literatür incelemelerine göre (Dörhöfer ve Siebert, 1998; Kontos vd., 2005; Akbari vd., 2008; Ramjeawon ve Beerachee, 2008; Wang vd., 2009; Moeinaddini vd., 2010; Nas vd., 2010; Şener vd., 2011; Gorsevski vd., 2012; Alavi vd., 2013) depolama alanı su kaynaklarını kirletebileceği için önemli su yüzeyleri (göl, nehir, kanallar, vb.) yakınında konumlandırılmamalıdır. Ayrıca yaban hayatının üremesi ve gelişmesi için önemli sulak alan kenarlarında, evsel ve tarımsal sulama için kullanılan su kaynakları (kuyu, nehir, baraj gölü, vb.) yakınları da çöp depolama alanı için uygun sayılmamaktadır. Aksi takdirde insan ve çevre üzerinde geri dönüşü olmayan etkilere sebep olabilmektedir (Effat ve Hegazy, 2012; Aydi vd., 2013). Bu nedenle depolama alanı olarak seçilen yerin herhangi bir su yüzeyine 500 m² den fazla yakın olmaması gerekmektedir.</p>
	<p>2. Rüzgar yönü Katı atık depolama alanının hakim rüzgar yönünde konumlandırılması ve yerleşime yakın olması tesisten kaynaklı kötü koku ve zararlı gazların yerleşim alanlarına taşınmasına sebep olmaktadır (Ramjeawon ve Beerachee, 2008; Ekmekçioğlu vd., 2010; Şener vd., 2010; Demesouka vd., 2013;). Koku genellikle havada çok düşük konsantrasyonlarda çözünen kimyasal maddelerden kaynaklanmaktadır ve atık alanların yakınında yer alan insanlar için çeşitli sağlık sorunlarına neden olabilir (Wu vd., 2018). Bu yüzden kokudan kaynaklı olumsuz etkileri önleyebilmek için bu çalışmada hakim rüzgar yönü dikkate alınmalıdır (Şener vd., 2011; Demesouka vd., 2013; Torabi-Kaveh vd., 2016). Türkiye Ulusal Meteoroloji Ajansı'ndan ölçülen veriler, güneybatı-kuzeydoğu rüzgârlarının çalışma alanında hakim rüzgar yönü olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, rüzgârların ortak etkisi altında kalan bölgeler yerleşim yerlerine göre en düşük ağırlık değerlerine sahip olmuştur.</p>
	<p>3. Fay hatlarına yakınlık Fay hatları genellikle yüksek geçirgenlikte ve gözenekli yapıdadır. Bu durum fay hatları üzerinde veya yakınında yer alan depolama tesislerinden kaynaklı yer altı su kaynaklarının herhangi bir deprem sonrasında kirlenmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle fay bölgesine yakın alanlarda deprem kaynaklı riskleri önlemek için dikkat edilmesi gereken önemli faktörlerden birisidir (Tuzkaya vd., 2008; De Feo ve De Gisi, 2010; Moeinaddini vd., 2010; Effat ve Hegazy, 2012; Gorsevski vd., 2012; Demesouka vd., 2013).</p>
	<p>4. Litoloji Jeoloji katı atık depolama alanlarına uygunluk kriterini planlamada önemli bir rol oynamaktadır. Bölgeye özgü jeolojik özelliklerin dağılımı farklı kayaç türlerine rocks (Ramjeawon ve Beerachee, 2008; Demesouka vd., 2013;). Seçilecek alanın kayaç tipine göre yüzey geçirgenliği kategorize edilerek belirlenmiş ve en uygun alanlar değerlendirilmiştir (Gorsevski vd., 2012; Demesouka vd., 2013). Çalışmalar incelendiğinde, alüvyon ve kireçtaşı alanlarının silt, kum ve çakıl oranlarından dolayı geçirgenliklerinin yüksek olması ve yeraltı su kaynaklarının kirlenmesine yol açabilecekleri düşüncesi ile uygun olmadığı sonucu elde edilmiştir. Diğer yandan tamamen düşük hidrolik iletkenliği olan kil katmanlarından oluşan karasal çökeltiler en uygun alanlar olarak değerlendirilmiştir (Şener vd., 2011; Aydi vd., 2013).</p>

Değerlendirme Kriterlerinin Özellikleri	
ÇEVRESEL FAKTÖRLER	<p>5. Eğim Arazi yüzeyinin eğimi depolama alanının uygunluğunun belirlenmesinde önemli faktörlerden birisidir. Yüksek eğime sahip alanlar inşaat, kazı ve bakım maliyetlerini arttırmakla birlikte erozyon, toprak kayması, infiltrasyonun azalması, toprak ve su içeriğinin kirlenme riski, kara ve yer altı akışının hızı gibi birçok önemli peyzaj süreçlerini etkilemektedir. Ayrıca yüksek eğimler katı atık tesisine ulaşım ve katı atıkların bertaraf edilmesinde maliyetin artmasına sebebiyet vermekte iken düz alanlar veya düşük eğime sahip alanlarda ise fazla suyun tahliye edilmesi yani drenaj problemleri ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden çoğu çalışmada %10 eğimden düşük %30 eğimden yüksek alanlar uygunluk açısından değerlendirme dışı tutulmuştur (Gemitzi vd., 2007; Tuzkaya vd., 2008; Wang vd., 2009; Nas vd., 2010; Şener vd., 2010; Tavares vd., 2011; Gorsevski vd., 2012; Aydi vd., 2013; Demesouka vd., 2013).</p>
	<p>6. Bakı Bu aşamada bakının değerlendirilmesinde alanın hakim rüzgar yönü dikkate alınmıştır (Şener vd., 2010; Gbanie vd., 2013;). Depolama alanından kaynaklı koku etkisi ve hava kirliliği rüzgar ile taşınarak yerleşim alanlarını etkileyebilmektedir. Bu yüzden çalışma alanında 30x30 m çözünürlüğünde görüntü ve dijital yükseklik modeli aracılığı ile alanın bakı haritası elde edilmiştir. Her bir pikselin hakim rüzgar yönü ve kentle olan ilişkisi kurularak yerleşime göre rüzgar yönünde bulunan bölgeler düşük uygunlukta, bulunmayan bölgeler yüksek uygunlukta olacak şekilde değerlendirilmiştir (Şener vd., 2010; Effat ve Hegazy, 2012; Gbanie vd., 2013).</p>
	<p>7. Yükseklik Yükseklik, atık bertaraf işleminde çok önemli bir faktördür. Yüksek alanlar, yüksek bertaraf maliyeti, alanın görünürlüğünün fazla olması, hakim rüzgardan korunmada yetersizliklerin olmasından dolayı uygunsuz sayılır. Diğer yandan da deniz seviyesine yakın konumlandırılan depolama alanları temiz su kaynaklarının kirlenmesine sebep olabilmekte ve drenaj problemleri ile karşılaşabilmektedir. (Ekmekçioğlu vd., 2010; Aydi vd., 2013; Demesouka vd., 2013). Bu yüzden uygun alanlar ne yapım ve işletme aşamasında maliyetleri arttıracak kadar yüksekte olmalı, ne de drenaj ve çevre problemlerine yol açabilecek kadar alçakta olmalıdır (Kontos vd., 2005; Akbari vd., 2008; Ekmekçioğlu vd., 2010).</p>
	<p>8. Toprak tekstürü Toprak tekstürü, yeraltı suyunun kirlenme riskini belirlemede önemli bir rol oynamaktadır ve bu nedenle belirli bir alanda bir depolama sahasının uygunluğunun belirlenmesinde anahtar kriterlerdendir (Sumathi vd., 2008; Effat ve Hegazy, 2012;). Alanda bulunan toprak stabil olmalı ve ana toprağın geçirgenliği mümkün olduğunca az olmalıdır (Ramjeawon ve Beerachee, 2008). Bölgedeki toprak geçirgenlik özellikler göz önünde bulundurulduğunda bu kriter 3 grupta değerlendirilmiştir. Yüksek geçirgenliğe sahip kumlu ve kum içeriği yüksek toprakların uygunluğu en düşük düzeyde, orta düzeyde ve nispeten daha az geçirgen olan kumlu-killi topraklar orta düzey, ve neredeyse çok az geçirgenliğe sahip killi ve kil içeriği yüksek toprak türleri ise en yüksek düzeyde uygunluğa sahiptir (Şener vd., 2011; Gorsevski vd., 2012; Aydi vd., 2013; Demesouka vd., 2013). Killi topraklar geçirimsizlik ve gelen suyu filtreleme özelliklerinin yüksek olmasından dolayı en yüksek düzeyde uygun bulunmaktadır.</p>
	<p>9. Arazi örtüsü ve alan kullanımları Katı atık depolama alanının bulunduğu bölgedeki arazi örtüsü ve alan kullanımlarının belirlenmesi özellikle çevresel ve sosyal açıdan etkilenmelerin en düşük düzeyde olmasını sağlamak açısından önemlidir (Tavares vd., 2011). Bu çalışmada, CORINE arazi örtüsü sınıfları dikkate alınarak önceki çalışmalardan elde edilen depolama alanının uygun konumlanabileceği alanlar belirlenmiştir. Sonuç olarak tarıma elverişli alanlar özellikle 1. ve 2. sınıf tarım toprakları, kentsel alanlar, sulak alanlar, korunan alanlar, tarihi ve kültürel alanlar çöp depolama alanlarına uygunluğu değerlendirilirken öncelikle sahip değildir (Wang vd., 2009; Aragonés-Beltrán vd., 2010; De Feo ve De Gisi, 2010; Ekmekçioğlu vd., 2010; Moeinaddini vd., 2010; Şener vd., 2011; Tavares vd., 2011; Effat ve Hegazy, 2012; Gorsevski vd., 2012; Alavi vd., 2013; Aydi vd., 2013). Fakat maden sahaları, şantiyeler, moloz yığıma alanları, bitki örtüsünün seyrek ya da hiç olmadığı bölgeler depolama alanları için öncelikli alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır (Wang vd., 2009; Moeinaddini vd., 2010; Şener vd., 2011; Gorsevski vd., 2012; Alavi vd., 2013; Demesouka vd., 2013).</p>

Çizelge 3. ün devamı

Değerlendirme Kriterlerinin Özellikleri	
SOSYO-EKONOMİK FAKTÖRLER	<p>10. Kentsel yerleşim ve endüstriyel alanlardan uzaklık Çöp alanları koku ve gürültü yayılımı, görsel peyzaj kalitesinin azalması, mülk değerinin azalmasına, tatlı su akiferlerinin kirlenmesinden dolayı sağlık problemlerinin oluşması gibi olumsuz sonuçlara yol açabileceği için kentsel yerleşim alanları ve endüstriyel alanlardan mümkün olduğunca uzakta konumlandırılmalıdır (Wang vd., 2009; Aragonés-Beltrán vd., 2010; Moeinaddini vd., 2010; Nas vd., 2010; Tavares vd., 2011; Effat ve Hegazy, 2012; Gorsevski vd., 2012; Aydi vd., 2013).</p>
	<p>11. Havaalanından uzaklık Çöp depolama alanlarında kuşların beslenmesinden dolayı yüksek sayıda kuşun yer alması ve depolama alanından salınan gaz, toz ve partiküllerin havada bulunmasından dolayı uçakların iniş ve kalkışlarında güvenlik problemi ortaya çıkmaktadır (Wang vd., 2009; Moeinaddini vd., 2010; Demesouka vd., 2013;). Bu yüzden havaalanlarına güvenli bir mesafede konumlandırılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Önceki çalışmalar temel alındığında havaalanı çevresindeki 3 km yarıçapa sahip alanlarda depolama alanının bulunmasının uygun olmadığı sonucu elde (Kontos vd., 2005; Effat ve Hegazy, 2012; Demesouka vd., 2013). Bu çalışmada da belirlenen mesafe içerisinde kalan alanlar uygun olmayan alanlar olarak belirlenmiştir.</p>
	<p>12. Peyzaj ve görsel etki Depolama sahalarının görüş alanı içerisinde görünmesi estetik açıdan rahatsız eden ve peyzajın görsel kalitesini bozan unsurlardan birisidir (Tavares vd., 2011). Katı atık depolama sahasının karayollarından, demiryollarından ve yerleşim yerlerinden görünmesi peyzajı olumsuz yönde etkileyecektir. Bu yüzden her bir pikselin yoldan görünürlüğü analiz edilmiştir (Moeinaddini vd., 2010).</p>
	<p>13. Yoldan uzaklık Depolama sahası tüm hava şartlarında alternatif yollarla ulaşabilecek bir yerde bulunmalıdır (Çevre ve Orman Bakanlığı, 1991) (Sener vd., 2006; Şener vd., 2010, Şener vd., 2011). Fakat depolama alanları yatırım ve işleme aşamasındaki maaliyeti çok fazla arttırmaması için mevcut yol açısından çok uzakta olmamalıdır (Ramjeawon ve Beerachee, 2008; Aragonés-Beltrán vd., 2010; De Feo ve De Gisi, 2010; Nas vd., 2010; Gorsevski vd., 2012; Alavi vd., 2013; Aydi vd., 2013).</p>
	<p>14. Elektrik ve boru hatlarına uzaklık Ekonomik düşünce, depolama alanlarının değerlendirilmesinde her zaman önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle, enerji hatları ve boru hatları depolama alanına ne kadar yakınsa, yatırım maliyetlerini düşürmeye yardımcı olduğu için o kadar iyidir (Aragonés-Beltrán vd., 2010; Tavares vd., 2011; Effat ve Hegazy, 2012; Gbanie vd., 2013). Öte yandan, elektrik hatları ve boru hatları atık depolama alanından güvenli bir mesafede olmalıdır, çünkü depolama sahası bunlara zarar (Moeinaddini vd., 2010; Demesouka vd., 2013).</p>

Özet olarak, çevresel risklerin önlenmesi ve halk sağlığına kirlilik etkisinin azaltılması için bir depolama sahası kurulmalı ve tasarlanmalıdır. Depolama sahaları için sınırlı alanlar arasında dik yamaçlar, kentsel yerleşimler ve sanayi bölgesi, havaalanları, yüzey su kütleleri, faylar, baskın rüzgar yönü, arazi kullanımı ve son olarak litoloji bulunmaktadır. Depolama sahası bu kriterlere göre yerleştirilmelidir. Öte yandan, atık depolama sahası, karayolu gelişimini korumak, mevcut yollara ulaşım maliyetini azaltmak ve atık üretim merkezi yatırım maliyetlerini azaltmak için elektrik ve boru hatlarına mümkün olduğunca yakın yerleştirilmelidir. Bu çalışma, kısmen ilgili Katı Atık Kontrol Yönetmeliği'ne çoğunlukla ise çevresel ve sosyo-ekonomik faktörleri hesaba

katan uluslararası uygulamalara dayandırılmıştır. Böylece çalışma metodolojisi ulusal ve uluslararası çalışmalardan elde edilen değerler doğrultusunda farklı çalışma alanlarında da uygulanabilir hale gelmiştir.

CBS veri tabanında hazırlanan veriler, aynı ölçüğe getirilmesi için Fuzzy yöntemi kullanılmıştır. Yöntem ile veriler yapılan önceki çalışmaların incelenmesi, yönetmelikler ve uzman görüşleri doğrultusunda 0 ile 1 arasında standartlaştırılmıştır. Ölçütlere uygulanan Fuzzy fonksiyon ve kullanılan değerler Çizelge 4'te ve Fuzzy uygulaması sonucunda aynı ölçü birimine getirilmiş haritalar ise Şekil 4'te verilmiştir.

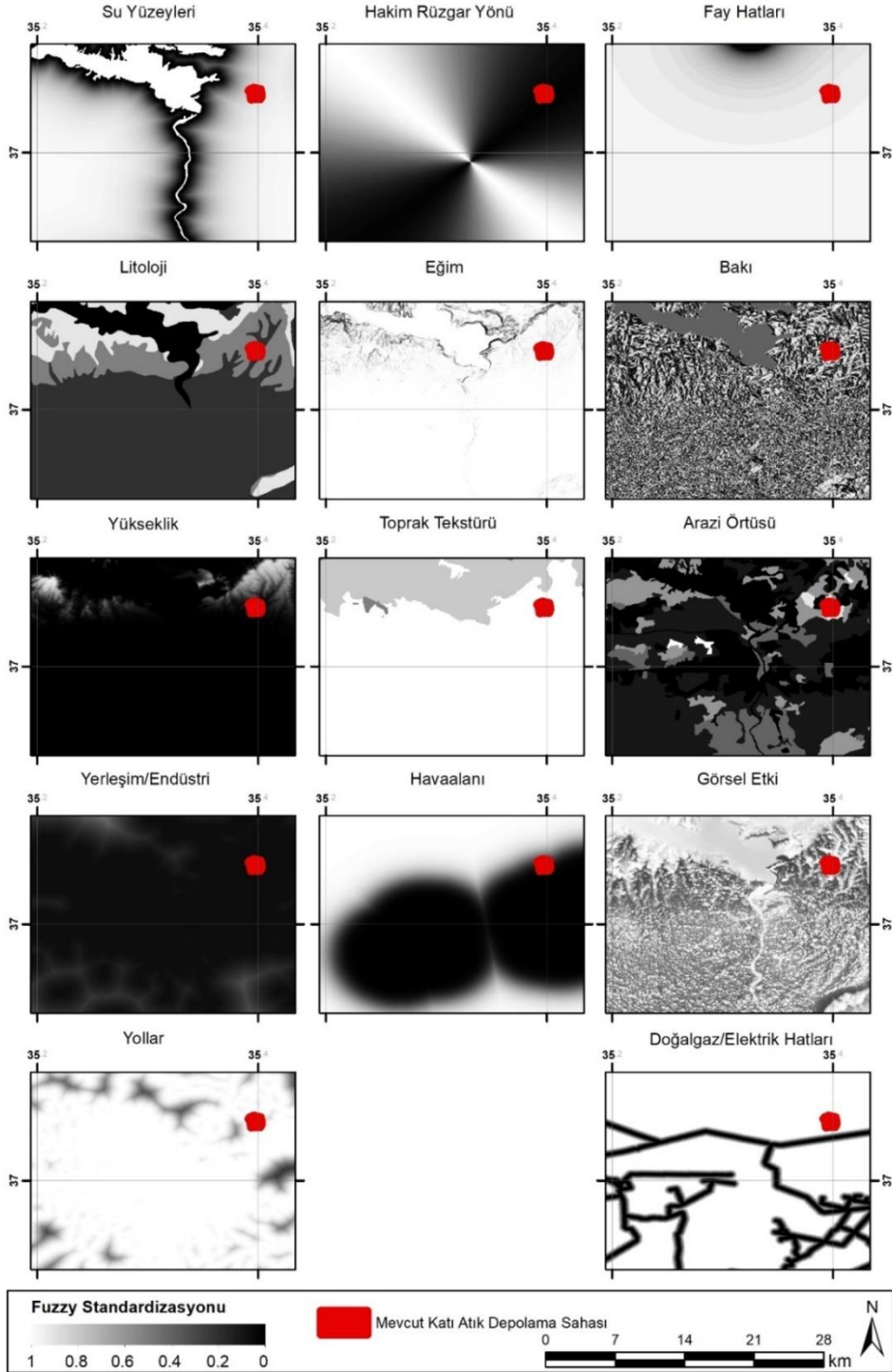
Çizelge 4. Kriterler değerlendirilmesinde kullanılan değer aralıkları ve Fuzzy fonksiyon tipleri (Unal vd. 2019)

Alan Uygunluk Kriterleri	Kontrol noktaları				Fuzzy fonksiyonları
	a	b	c	d	
Yüzey suları	500 m	2000 m	-	-	Increasing - S shaped
Hakim rüzgar yönü	45°	135°	135°	225°	Symmetric sigmoidal
	225°	315°	315°	360°	
Fay hattına yakınlık	500 m	1000 m			Increasing - S shaped
Litoloji	Kumullar, Neritik kalkerler	Kırıntılı ve kıtasal kırıntılı kayalar, Karbonat kayalar			Increasing - S shaped
Eğim	% 10	% 40			Decreasing - S shaped
Bakı	45°	135°	135°	225°	Symmetric sigmoidal
	225°	315°	315°	360°	
Yükseklik	100 m	250 m			Decreasing - S shaped
Toprak tekstürü	Kumlu	Killi			Increasing - S shaped
Alan kullanımı ve arazi örtüsü	CORINE kodu: 120,211,400,500	CORINE kodu: 133			
Yerleşim ve endüstriyel alanlardan uzaklık	1000 m	7500 m	-	14000 m	Symmetric sigmoidal
Havaalanından uzaklık	3000 m	8000 m			Increasing - S shaped
Peyzaj ve görsel etki	0 m			10000 m	Decreasing - S shaped
Yoldan uzaklık	500 m			2000 m	Decreasing - S shaped
Elektrik ve boru hatlarına uzaklık	100 m			500 m	Increasing - S shaped

Çizelgedeki sayısal verilerin oluşturulmasında ölçütlerin değerlendirme özelliklerinin açıklandığı Çizelge 3'teki kaynaklardan faydalanmıştır.

On dört adet standart hale getirilmiş kriterler 0 ile 1 arasında siyah- beyaz renk ölçeğinde her bir kriter için ayrı ayrı haritalanmıştır (Şekil 4). Haritalarda siyah alanlar kriterlerin uygun olduğu bölgeleri gösterir iken, beyaz alanlar ise belirlenen değerler dışında kalan uygun olmayan bölgeleri göstermektedir. Ayrıca çalışma

kapsamında değerlendirilen kriterlerin yer seçim uygunluğunu değerlendirmede eşit düzeyde önemli olduğu düşüncesi ile kriter ağırlıklandırması yapılmamıştır. Böylece sonuç haritası üzerinde her bir kriter aynı önem derecesine sahip olacaktır.



Şekil 4. Standardize edilmiş her bir kriter için uygun alanların haritalanması

Şekil 4 incelendiğinde mevcut katı atık tesisi yerleşim alanına ve İncirlik Askeri Hava Alanına çok yakın konumlanmasından dolayı çok düşük uygunluk değeri almıştır. Ayrıca alanın hakim

rüzgar yönünde olması, tesisten kaynaklı zararlı gazların ve kokunun kente taşınmasına sebep olacağı için, bu yönden de uygun bulunamamıştır. Çalışma alanının mevcut yol ağına yakın olması

bu belirlemeler doğrultusunda Adana'da ikinci bir katı atık entegre tesisi inşaatını söz konusu olmuştur. Bu sebepten birinci katı atık sahasının yer seçim uygunluğu incelenmiş ve yeni planlanan alanlarda benzer sorunlardan kaçınmak için pek çok farklı unsurun göz önünde bulundurulduğu çalışma metodolojisi oluşturulmuştur.

Katı atık yönetimi çevresel, teknik, kentsel yaşam kalitesi, halk sağlığı ve sosyal yaşam gibi pek çok farklı faktörlerin anlaşılmasını gerektiren karmaşık bir karar verme sürecidir. Önceki çalışmalar incelendiğinde bu karmaşık karar verme süreci üzerine çeşitli çalışmalar yapılmış ve alan uygunluklarının değerlendirilmesinde çok katmanlı analiz yöntemleri kullanılmıştır. Bu çalışmada da çok katmanlı analizler ve Fuzzy yöntemi alan uygunluğunun değerlendirmesi ve sınıflandırmasında yardımcı olmuştur. Fuzzy yöntemi ile farklı faktörler arasındaki belirsizlikler tanımlanmış ve karar vermedeki karmaşık süreç kolaylaştırılmıştır. Çalışmada politik ve finansal/ekonomik kısıtlamalar (tesisin alan büyüklüğü, yatırım/işletme aşamasındaki maliyetler vb.) plan ve politikalara göre değişebilir ve geliştirilebilir olmalarından dolayı değerlendirme dışında tutulmuşken, değiştirilmesi ve geri dönüşümü zor olan, insan ve yaban hayatı açısından sürdürülebilirliğinin sağlanması gereken önemli çevresel faktörler ve sosyo-ekonomik faktörler altında toplanmış 14 kriter değerlendirmeye dahil edilmiştir. Konu ile ilgili literatür, yasa ve yönetmeliklerin incelenmesi ve uzman görüşlerinin alınması sonucunda bu kriterlere ait değerlendirme aralıkları elde edilmiştir. Bu değerler Fuzzy yönteminde 0 ve 1 olan fonksiyon kontrol noktalarının belirlenmesi ve kriterlerin standardizasyon sürecinde kritik öneme sahip olmuştur. Çünkü farklı değer aralıklarına sahip farklı ölçeklerdeki her değişkenin fiziksel anlamını göz önünde bulundurmak sonuç haritasının doğru yorumlanabilmesi açısından önemlidir. Çalışma da tüm kriterlerin standardizasyonu ile birlikte her bir kriter için ayrı ayrı uygunluk haritaları CBS aracılığı ile oluşturulmuş ve haritaların çakıştırılması sonucunda alan uygunluk haritası elde edilmiştir.

Değerlendirme sonucunda mevcut katı atık depolama alanı orta düzeyde uygun çıkmıştır. Bu durum yeni yapılacak ya da yapılması planlanan

katı atık tesislerinde benzer problemlerle karşılaşılması için uygun yer seçiminde dikkat edilmesi gereken unsurları ortaya koymaktadır. Kriterlerin değerlendirilmesinde son 10 yılı içeren ulusal ve uluslararası pek çok çalışmadan faydalanılmıştır. Bu yönü ile çalışmanın farklı bölgelerde yer alan benzer çalışmaların değerlendirilmesinde karar vericilere yol gösterici olması beklenmektedir. Ayrıca yeni yapılması planlanan tesislerin yer seçimlerine karar vermede ilgili farklı otoritelerin bir araya gelmesini sağlamaya yardımcı olmakta ve alanın neden seçildiği ile ilgili somut verilere dayalı bir yaklaşım gerçekleştirmeyi sağlaması amaçlanmıştır.

Kaynaklar

- Akbari, V., Rajabi, M. A., Chavoshi, S. H., Shams, R. (2008). Landfill Site Selection by Combining GIS and Fuzzy Multi Criteria Decision Analysis, Case Study: Bandar Abbas, Iran. *World Applied Sciences Journal*.
- Alavi, N., Goudarzi, G., Babaei, A. A., Jaafarzadeh, N., Hosseinzadeh, M. (2013). Municipal solid waste landfill site selection with geographic information systems and analytical hierarchy process: A case study in Mahshahr County, Iran. *Waste Management and Research*, 31(1), 98–105. doi:10.1177/0734242X12456092
- Alumur, S., Kara, B.Y. (2007). A new model for the hazardous waste location-routing problem. *Computers and Operations Research*, 34, 1406–1423.
- Aragonés-Beltrán, P., Pastor-Ferrando, J. P., García-García, F., 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. doi:10.1016/j.jenvman.2009.12.007
- Aydi, A., Zairi, M., Dhia, H. Ben. (2013). Minimization of environmental risk of landfill site using fuzzy logic, analytical hierarchy process, and weighted linear combination methodology in a geographic information system environment. *Environmental Earth Sciences*, 68(5),

- 1375–1389. doi:10.1007/s12665-012-1836-3
- Carver, S. J. (1991). Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Systems*. doi:10.1080/02693799108927858
- Cilek, A. (2017). Soil organic carbon losses by water erosion in a Mediterranean watershed. *Soil Research*. doi:10.1071/SR16053
- Cilek, A., Berberoglu, S. (2019). Biotope conservation in a Mediterranean agricultural land by incorporating crop modelling. *Ecological Modelling*. doi:10.1016/j.ecolmodel.2018.11.008
- Chang N Bin, Parvathinathan G and Breeden JB (2008) Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region. *Journal of Environmental Management*. DOI: 10.1016/j.jenvman.2007.01.011.
- Cheng, S., Chan, C.W., Huang, G.H. (2002). Using multiple criteria decision analysis for supporting decisions of solid waste management. *Journal of Environmental Science and Health. Part A*, 37 (6), 975–990.
- Cheng, S., Chan, C.W., Huang, G.H. (2003). An integrated multi-criteria decision analysis and inexact mixed integer linear programming approach for solid waste management. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 16, 543–554
- Colebrook, M., Sicilia, J. (2007). Undesirable facility location problems on multicriteria networks. *Computers and Operations Research*, 34 (5), 1491–1514.
- De Feo, G., De Gisi, S. (2010). Using an innovative criteria weighting tool for stakeholders involvement to rank MSW facility sites with the AHP. *Waste Management*, 30(11), 2370–2382. doi:10.1016/j.wasman.2010.04.010
- Demesouka, O.E., Vavatsikos, A. P., Anagnostopoulos, K. P. (2013). Suitability analysis for siting MSW landfills and its multicriteria spatial decision support system: Method, implementation and case study. *Waste Management*, 33(5), 1190–1206. doi:10.1016/j.wasman.2013.01.030
- Demesouka, Olympia E., Anagnostopoulos, K. P., Siskos, E. (2019). Spatial multicriteria decision support for robust land-use suitability: The case of landfill site selection in Northeastern Greece. *European Journal of Operational Research*, 272(2), 574–586. doi:10.1016/j.ejor.2018.07.005
- Dörhöfer, G., Siebert, H. (1998). The search for landfill sites - Requirements and implementation in lower Saxony, Germany. *Environmental Geology*. doi:10.1007/s002540050292
- Effat, H. A., Hegazy, M. N. (2012). Mapping potential landfill sites for North Sinai cities using spatial multicriteria evaluation. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 15(2), 125–133. doi:10.1016/j.ejrs.2012.09.002
- Ekmekçioğlu, M., Kaya, T., Kahraman, C. (2010). Fuzzy multicriteria disposal method and site selection for municipal solid waste. *Waste Management*, 30(8–9), 1729–1736. doi:10.1016/j.wasman.2010.02.031
- Emek, E., Kara, B.Y. (2007). Hazardous waste management problem: the case for incineration. *Computers and Operations Research*, 34, 1424–1441.
- Erkut, E., Newman, S. (1989). Analytical models for locating undesirable facilities. *European Journal of Operational Research*, 40, 275–291.
- Ersoy, H., Bulut, F. (2009). Spatial and multi-criteria decision analysis-based methodology for landfill site selection in growing urban regions. *Waste Management and Research*, 27(5), 489–500. doi:10.1177/0734242X08098430
- Eskandari, M., Homae, M., 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. doi:10.1016/j.wasman.2012.03.014
- Feo, G. De, De Gisi, S. (2014). Using MCDA and GIS for hazardous waste landfill siting

- considering land scarcity for waste disposal. *Waste Management*, 34(11), 2225–2238. doi:10.1016/j.wasman.2014.05.028
- Gbanie, S. P., Tengbe, P. B., Momoh, J. S., Medo, J., Kabba, V. T. S. (2013). Modelling landfill location using Geographic Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA): Case study Bo, Southern Sierra Leone. *Applied Geography*, 36, 3–12. doi:10.1016/j.apgeog.2012.06.013
- Gemitzi, A., Tsihrintzis, V. A., Voudrias, E., Petalas, C., Stravodimos, G. (2007). Combining geographic information system, multicriteria evaluation techniques and fuzzy logic in siting MSW landfills. *Environmental Geology*, 51(5), 797–811. doi:10.1007/s00254-006-0359-1
- Gorsevski, P. V., Donevska, K. R., Mitrovski, C. D., Frizado, J. P. (2012). Integrating multi-criteria evaluation techniques with geographic information systems for landfill site selection: A case study using ordered weighted average. *Waste Management*, 32(2), 287–296. doi:10.1016/j.wasman.2011.09.023
- H-Forman, E., Selly, M. A. (2002). Introduction: Management Decision-Making Today. *Decision by Objectives: How to Convince Others that You are Right*. doi:10.1142/9789812810694
- Khan S and Faisal MN (2008) An analytic network process model for municipal solid waste disposal options. *Waste Management* 28(9): 1500–1508. DOI: 10.1016/j.wasman.2007.06.015.
- Khan, M. M. U. H., Vaezi, M., Kumar, A. (2018). Optimal siting of solid waste-to-value-added facilities through a GIS-based assessment. *Science of the Total Environment*, 610–611, 1065–1075. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.08.169
- Kontos, T. D., Komilis, D. P., Halvadakis, C. P. (2005). Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology. *Waste Management*. doi:10.1016/j.wasman.2005.04.002
- Malczewski, J. (2004). GIS-based land-use suitability analysis: A critical overview. *Progress in Planning*. doi:10.1016/j.progress.2003.09.002
- McHarg, I.L. (1992) Design with Nature. *New York: John Wiley and Sons Inc.*
- Moeinaddini, M., Khorasani, N., Danehkar, A., Darvishsefat, A. A., Zienalyan, M. (2010). Siting MSW landfill using weighted linear combination and analytical hierarchy process (AHP) methodology in GIS environment (case study: Karaj). *Waste Management*, 30(5), 912–920. doi:10.1016/j.wasman.2010.01.015
- Motlagh, Z. K., Sayadi, M. H. (2015). Siting MSW landfills using MCE methodology in GIS environment (Case study: Birjand plain, Iran). *Waste Management*, 46, 322–337. doi:10.1016/j.wasman.2015.08.013
- Nas, B., Cay, T., Iscan, F., Berkay, A. (2010). Selection of MSW landfill site for Konya, Turkey using GIS and multi-criteria evaluation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 160(1–4), 491–500. doi:10.1007/s10661-008-0713-8
- Nazari, A., Salarirad, M. M., Bazzazi, A. A. (2012). Landfill site selection by decision-making tools based on fuzzy multi-attribute decision-making method. *Environmental Earth Sciences*, 65(6), 1631–1642. doi:10.1007/s12665-011-1137-2
- Önüt, S., Soner, S. (2008). Transshipment site selection using the AHP and TOPSIS approaches under fuzzy environment. *Waste Management*, 28(9), 1552–1559. doi:10.1016/j.wasman.2007.05.019
- Queiruga, D., Walther, G., Gonzalez-Benito, J., Spengler, T. (2008). Evaluation of sites for the location of WEEE recycling plants in Spain. *Waste Management*, 28, 181–190.
- Ramjeawon, T., Beerachee, B. (2008). Site selection of sanitary landfills on the small island of Mauritius using the analytical hierarchy process multi-criteria method. *Waste Management and Research*, 26(5), 439–447. doi:10.1177/0734242X07080758
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*. doi:10.1016/0377-2217(90)90057-I

- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*. doi:10.1504/ijssci.2008.017590
- Sener, B., Süzen, M. L., Doyuran, V. (2006). Landfill site selection by using geographic information systems. *Environmental Geology*, 49(3), 376–388. doi:10.1007/s00254-005-0075-2
- Şener, Ş., Sener, E., Karagüzel, R. (2011). Solid waste disposal site selection with GIS and AHP methodology: A case study in Senirkent-Uluborlu (Isparta) Basin, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 173(1–4), 533–554. doi:10.1007/s10661-010-1403-x
- Şener, Ş., Şener, E., Nas, B., Karagüzel, R. (2010). Combining AHP with GIS for landfill site selection: A case study in the Lake Beyşehir catchment area (Konya, Turkey). *Waste Management*, 30(11), 2037–2046. doi:10.1016/j.wasman.2010.05.024
- Soltani, A., Hewage, K., Reza, B., Sadiq, R. (2015). Multiple stakeholders in multi-criteria decision-making in the context of municipal solid waste management: A review. *Waste Management*, 35, 318–328. doi:10.1016/j.wasman.2014.09.010
- Su, J. P., Chiueh, P. Te, Hung, M. L., Ma, H. W. (2007). Analyzing policy impact potential for municipal solid waste management decision-making: A case study of Taiwan. *Resources, Conservation and Recycling*, 51(2), 418–434. doi:10.1016/j.resconrec.2006.10.007
- Sumathi, V. R., Natesan, U., Sarkar, C. (2008). GIS-based approach for optimized siting of municipal solid waste landfill. *Waste Management*, 28(11), 2146–2160. doi:10.1016/j.wasman.2007.09.032
- Tavares, G., Zsigraiová, Z., Semiao, V. (2011). Multi-criteria GIS-based siting of an incineration plant for municipal solid waste. *Waste Management*, 31(9–10), 1960–1972. doi:10.1016/j.wasman.2011.04.013
- Torabi-Kaveh, M., Babazadeh, R., Mohammadi, S. D., Zaresefat, M. (2016). Landfill site selection using combination of GIS and fuzzy AHP, a case study: Iranshahr, Iran. *Waste Management and Research*, 34(5), 438–448. doi:10.1177/0734242X16633777
- Tuzkaya, G., Önüt, S., Tuzkaya, U. R., 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. doi:10.1016/j.jenvman.2007.05.004
- Unal, M., Cilek, A., Güner, E.D (2019). Implementation of Fuzzy, Simos and SWOT Analysis for Municipal Solid Waste Landfill Site Selection: Adana City Case Study. *Waste Management & Research*, in Press.
- Wang, G., Qin, L., Li, G., Chen, L. (2009). Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China. *Journal of Environmental Management*, 90(8), 2414–2421. doi:10.1016/j.jenvman.2008.12.008
- Wu, J., Ma, C., Zhang, D. Z., Xu, Y. (2018). Municipal solid waste management and greenhouse gas emission control through an inexact optimization model under interval and random uncertainties. *Engineering Optimization*. doi:10.1080/0305215X.2017.1419347
- Vuk, D., Kozelj, B., Mladineo, N. (1991). Application of multicriterional analysis on the selection of the location for disposal of communal waste. *European Journal of Operational Research*, 55 (2), 211–217.
- Yildirim, V. (2012). Application of raster-based GIS techniques in the siting of landfills in Trabzon Province, Turkey: A case study. *Waste Management and Research*, 30(9), 949–960. doi:10.1177/0734242X12445656
- Zelenović Vasiljević, T., Srdjević, Z., Bajčetić, R., Vojinović Miloradov, M. (2012). GIS and the analytic hierarchy process for regional landfill site selection in transitional countries: A case study from Serbia. *Environmental Management*, 49(2), 445–458. doi:10.1007/s00267-011-9792-3