

Düzenli Depolama Alanına Yönelik Yer Seçimi Kriterlerinin Değerlendirilmesi: Sakarya İli Örneği

Samet Furkan SAĞLAM^{1*} , Sinan ESEN² 

¹ Uluslararası Ticaret ve Lojistik Programı, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye, 22502505012@subu.edu.tr

² Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye, sinanesen@subu.edu.tr

ÖZ

Günümüzde nüfus artışı ve kentleşmeyle birlikte artan tüketim katı atık üretiminde belirgin bir artışa neden olmaktadır. Atıkların sağlıklı ve ekonomik bir şekilde yönetilmesi artan tüketim ve kentleşmeye bağlı olarak daha önemli hale gelmiştir. Çevre sorunu olarak karşımıza çıkan bu problemin çözülebilmesi için atıkların düzenli ve etkin bir şekilde bertaraf edilmesi gerekmektedir. Düzenli depolama, uygulanabilirliği ile yönetim kolaylığı açısından atıkların çevreye zarar vermeyecek şekilde depolanarak bertaraf edilmesini sağlayan ve en çok tercih edilen yöntemlerden biridir. Bu çalışmanın amacı, Sakarya ilinde mevcut düzenli depolama alanına alternatif yeni bir düzenli depolama alanı yapılması durumunda yer seçimi kriterlerinin değerlendirilmesidir. Sakarya ili özelinde daha önce benzer bir çalışmaya rastlanılmaması bu çalışmayı önemli kılmaktadır. Yer tespiti çalışmasında, literatürde ağırlıklı kullanılan kriterler dikkate alınmış ve düzenli depolama alanı yer seçimi amacıyla kriterler belirlenmiştir. Bu kriterlerden yararlanarak, BWB (Best-Worst Method) yöntemine uygun olarak uzman görüşleri alınmıştır. Uzmanlardan, düzenli depolama alanı yer seçimini etkileyebilecek 5 ana ve 22 alt kriterin “En Önemli” ve “En Az Önemli” olanlarını belirlemeleri ve ardından diğer kriterler ile ikili karşılaştırma yapmaları istenmiştir. 12 farklı uzman görüşü alınarak sonuçların kendi içinde tutarlılığı test edilmiş ve sonuçların tutarlı olduğu belirlenmiştir. Uzman görüşleri alınarak yapılan çalışmanın sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda, en önemli kriter “yeraltı ve yüzey suları”, en az önem derecesine sahip kriter ise “kamu kurumlarıyla işbirliği” olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Düzenli depolama alanı, atık yönetimi, BWB yöntemi, yer seçimi kriterleri

*Sorumlu Yazar e-postası: 22502505012@subu.edu.tr

Cite as: Sağlam S.F. & Esen, S. (2025). Düzenli Depolama Alanına Yönelik Yer Seçimi Kriterlerinin Değerlendirilmesi: Sakarya İli Örneği, *Journal of Marine and Engineering Technology*, 5(1), 1-20. <https://doi.org/10.58771/joinmet.1611887>

Evaluation of Site Selection Criteria for Sanitary Landfills: The Case of Sakarya Province

ABSTRACT

In contemporary times, population growth and urbanization have significantly contributed to an increase in consumption, resulting in a substantial rise in solid waste production. The management of waste in a healthy and economical manner has become increasingly important due to this growing consumption and urbanization. The solution to this pressing environmental issue lies in the systematic and effective disposal of solid waste. Among the most widely adopted methods is sanitary landfill disposal, which ensures the containment and elimination of waste in an environmentally safe manner, offering practical applicability and ease of management. The objective of this study is to evaluate the site selection criteria for a potential alternative sanitary landfill in Sakarya Province, should a new site be required. The absence of a similar study in Sakarya highlights the significance of this research. During the site selection process, criteria commonly utilized in the literature were considered, and specific criteria were established for the purpose of sanitary landfill site selection. Expert opinions were collected using the (BWM) Best Worst Method approach. Experts were asked to identify the "Most Important" and "Least Important" factors among five main criteria and 22 sub-criteria that could influence landfill site selection. They were also requested to conduct pairwise comparisons of these criteria. The consistency of the results was tested based on inputs from 12 different experts, and the findings were deemed consistent. According to the results of the study, informed by expert evaluations, the most critical criterion was identified as "groundwater and surface water," while the least important criterion was determined to be "cooperation with public institutions."

Keywords: Sanitary landfill, waste management, BWM method, site selection criteria

1 Giriş

Kentleşme ve hızlı nüfus artışıyla birlikte atık miktarlarında göze çarpan artışlar meydana gelmektedir. Bu durum, atıkların ekonomik ve sağlıklı bir şekilde yönetilmesi konusunu geçmiş yıllara kıyasla daha önemli bir hale getirmektedir. Atık miktarlarındaki artışla beraber ciddi bir çevre problemi de ortaya çıkmaktadır. Bu çevre sorununun çözülebilmesi için katı atıkların düzenli ve etkin bir şekilde bertaraf edilmesi gerekmektedir. Uygulanabilirliği ve yönetim kolaylığı açısından bertaraf yöntemlerinden en yaygın kullanılanı düzenli depolama yöntemidir.

Düzenli depolama alanları, atıkların insan ve çevre sağlığına zarar vermeden depolanmasını sağlayan, özel şartlar altında tasarlanan ve yönetilen alanlardır. Düzenli depolama alanları, atıkların geri dönüştürülemediği ve diğer yöntemler ile bertaraf edilemediği durumlarda tercih edilen bir yöntem olduğundan dolayı her geçen gün düzenli depolama ihtiyacı artmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu' nun (TÜİK) 2022 yılı verilerine göre, Türkiye' de kişi başı günlük atık miktarı 1,03 kg olarak belirtilmiştir. Sakarya ili için bu değer 0,91 kg' dır. TÜİK verilerine göre, atık bertaraf ve geri kazanım tesislerinde 2020 yılında 127,4 milyon ton atık işlenmiştir. Bu miktarın 77,8 milyon tonu düzenli depolama alanlarında, 570 tonu yakma tesislerinde bertaraf edilmiş, 49,1 milyon tonu geri kazanım tesislerinde işlenerek geri kazanılmıştır. 2022 yılında atık bertaraf ve geri kazanım tesislerinde 133,2 milyon ton atık işlenmiştir. Bu miktarın 81 milyonu düzenli depolama alanlarında, 450 tonu yakma tesislerinde bertaraf edilmişken, 51,7 milyon tonu geri kazanım tesislerinde işlenerek geri kazanılmıştır (TÜİK, Atık İstatistikleri, 2023). 2024 yılında miktarlardaki artışlardan da görüleceği üzere her geçen gün düzenli depolama alanı ihtiyacı artmaktadır. Sakarya ili özelinde, günlük ortalama 441 ton katı atık toplanmakta ve depolama sahasında bertaraf edilmektedir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2024 yılı

ilk çeyreğinde düzenli depolama tesisi sayısını 94' e çıkardıklarını ve 1248 belediyede 75,9 milyon kişiye hizmet sağladıklarını belirtmiştir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2024). TÜİK verilerine göre, atık bertaraf ve geri kazanım tesislerinde 2022 yılında 133,2 milyon ton atık işlenmiştir. Bu miktarın 81,4 milyonu düzenli depolama alanlarında, 450 tonu yakma tesislerinde bertaraf edilmişken, 51,7 milyon tonu geri kazanım tesislerinde işlenerek geri kazanılmıştır (TÜİK, Atık İstatistikleri, 2023). Düzenli depolama alanlarının seçiminde ve yönetiminde dünya çapında ve ülke genelinde farklı mevzuat ve yönetmelikler bulunmaktadır.

Türkiye'de çevre koruma açısından temel mevzuat olan 2872 Sayılı Çevre Kanunu (1983) çıkarılarak bütün canlıların ortak varlığı olan çevrenin, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda korunması amaçlanmıştır. 3030 Sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu (1984) ile atıkların toplanması, toplanma yerlerinin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve imha işlemi için gerekli tesislerin kurulması, işletilmesi veya işlettirilmesi işleri ile ilgili büyükşehir belediyeleri görevlendirilmiştir. 2010 yılındaki Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik ile atıkların düzenli depolama yöntemi ile bertarafı amaçlanmıştır. Türkiye, Avrupa Birliği (AB) üyelik sürecinde çevre yönetimi ve atık politikaları alanında bazı yasal düzenlemelerde değişiklik yapmıştır. Bunlardan en önemlileri 5491 sayılı Çevre Kanunu'nda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun (2006) ve 2872 sayılı Çevre Kanunu'nda (1983) kapsamlı değişiklikler yapılmasıdır.

Türkiye, 2019 yılında yürürlüğe giren Sıfır Atık Yönetmeliği ile atık yönetimi konusunda önemli bir adım atmıştır. Sıfır atık projesinin uygulamaya koyulmasından itibaren; %13 olan geri kazanım oranı 2023 yılı itibariyle %34,92 oranına yükselmiştir, toplamda yaklaşık 59,9 milyon ton atık işlenerek geri kazanılmıştır, toplanan ve geri kazanılan atıklardan toplamda 185 milyar TL ülke ekonomisine kazanç sağlanmıştır. Ayrıca; 2,6 milyar kWh enerji tasarrufu, 819 milyon metreküp su tasarrufu, 104 milyon metreküp depolama alanından tasarruf sağlanmış, 5,9 milyon ton sera gazı salınımı önlenmiş, 498 milyon ağaç kurtarılmış, 127 milyon varil petrolden tasarruf edilmiştir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2024).

Düzenli depolama alanları ile ilgili dünya çapında, her ülkenin kendi ihtiyaçları doğrultusunda mevzuat, yönetmelik ve uygulamalar bulunmaktadır. Avrupa Birliği; yayınladıkları Atık Yönetim Çerçeve Direktifinde, atıklar ve düzenli depolama alanları için zorunlu teknik şartlar getirerek atıkların düzenli depolanması sebebiyle çevre üzerinde oluşabilecek olumsuz etkileri azaltmayı amaçlamıştır (Veral & Yiğitbaşıoğlu, 2018). Amerika Birleşik Devletleri'nde; Kaynak Koruma ve Kurtarma Yasası (Resource Conservation and Recovery Act, RCRA) ile düzenli depolama alanlarının tasarımı, işletmesi ve kapatma şartları belirlenmiştir (Chemwatch, 2024). Kanada; Çevre Koruma Yasası ile düzenli depolama alanlarının yer seçimi, inşası ve işletilmesi ile ilgili standartlar belirlemiş ve geri dönüşümü teşvik ederek atık yönetimini desteklemiştir (T.C. Ticaret Bakanlığı, 2019).

Dünya çapında ve ülke genelinde düzenli depolama alanı yer seçimi ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Yer seçimleri tek seferlik yapıldığından dolayı genel olarak süreçler uzun sürmektedir. Düzenli depolama alanları ile ilgili yapılan çalışmaların genellikle çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleriyle ele alındığı gözlenmiştir. Son zamanlarda yer seçimlerine ilişkin yapılan çalışmalarda kriter ağırlıklarını belirlemek amacıyla BWM (Best Worst Method) yöntemi kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada da BWM yöntemi tercih edilmiş, yöntemin diğer yöntemlere göre üstünlükleri ve avantajları ilerleyen bölümlerde açıklanmıştır.

Güler (2016) tarafından yapılan yüksek lisans tez çalışmasında, İstanbul ilinde alternatif düzenli depolama alanlarını belirlemek amacıyla CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) ve AHY (Analitik Hiyerarşi Süreci) yöntemlerini kullanmıştır. Güler çalışmasında; arazi kullanımı, jeoloji, yerleşim alanları, yüzey

suları, nüfus yoğunluğu, havalimanları ve korunan alanlar çevresel faktörler; eğitim, katı atık aktarma istasyonları, arazi değerleri ve karayolları ekonomik faktörler olarak belirlemiştir. Bu faktörler ile düzenli depolama alanlarının çevresel etkileri ve yer seçim sürecinde ekonomik etkiler değerlendirilmiştir. Yıldırım (2011) tarafından yapılan yüksek lisans tez çalışmasında, İzmir ili için düzenli depolama alanı yer seçiminde CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) ve AHY (Analitik Hiyerarşi Süreci) yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada; çevresel, demografik, ekonomik ve lojistik kriterler ana kriterler olarak değerlendirilerek düzenli depolama alanı yer seçimi yapılmaya çalışılmıştır. Wang, Qin, Li ve Chen (2009) Pekin'deki düzenli depolama alanı yer seçimi çalışmasında mekânsal bilgi teknolojilerini ve AHP' yi kullanmışlardır. Bu çalışmada, gerçek koşullar doğrultusunda ekonomik faktörler göz önünde bulundurularak AHP yöntemi ile faktörlerin ağırlıkları hesaplanmıştır. Kriter ağırlıklarına bağlı olarak 'en iyi, 'iyi' ve 'uygun olmayan' depolama alanları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, çalışma bir konumlandırma metodolojisi ve temel atık yönetimi sorununun çözümünde karar vericiye destek vermiştir. Aydemir (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmada; çevresel, ekonomik, sosyal ve zeminsel kriterler Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanılarak Ankara ili ve çevresi için potansiyel katı atık depolama tesisi yerleri değerlendirilmiştir. Çalışmada Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü'nden yedi, Ankara'daki mevcut depolama alanını yöneten firmadan iki uzman ile görüşülmüş ve toplamda dokuz uzmandan farklı görüşler alınmıştır. Çalışma sonucunda kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş ve düzenli depolama alanı için en uygun yer önerileri tespit edilmiştir. Sheoran ve Parmar (2020), gerçekleştirdikleri çalışmada, Yeni Delhi'nin Gurugram şehrinde düzenli depolama sahasının belirlenmesi için Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) kullanmışlardır. Yol ağları, su kütlelerinin varlığı, yerleşim yerleri ve yer altı su tablalarının derinliği gibi kriterler belirlenerek bu kriterlerin ağırlıkları hesaplanmıştır. İlk aşamada, Gurugram bölgesinde AHP yöntem analizi esas alınarak düzenli depolama alanı için beş farklı alan belirlenmiştir. Ardından çalışma sonucunda, çalışılan yerel kurumlara yakın olmaları ve yol ağının uygun olması sebebiyle iki farklı bölge, düzenli depolama alanı için potansiyel bölge olarak gösterilmiştir. Ali ve Ahmad (2020) tarafından yapılan çalışmada, Hindistan'ın Kolkata şehri için alternatif uygun düzenli depolama alanı yer seçimini amaçlamışlardır. Çalışmada, 20 farklı kriter kullanılarak kriterlerin ağırlıkları bulanık analitik hiyerarşi süreci ile hesaplanmıştır. Çalışma alanında ilk aşamada 16 farklı alternatif alan belirlenmiştir. Bu alanlardan 13'ü mevcut arazi kullanımı, halkın kabulü, ulaşım ve yerel çevresel sorunlar sebebiyle depolama sahası kullanımı için uygun görülmemiştir. Geriye kalan 3 farklı alternatif alan değerlendirilebilir konum olarak çalışma sonunda tavsiye edilmiştir. Hanine vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada, Fas'ın Kazablanka bölgesinde düzenli depolama alanı yer seçimi üzerine çalışılmıştır. Çalışmada, depolama sahası için uygun yerlerin belirlenmesi amacıyla politik, ekonomik, çevresel ve sosyal faktörler dikkate alınmıştır. Bu kriterlerin ağırlıkları analitik hiyerarşi süreci (AHP) ve bulanık düzen tekniği kullanılarak değerlendirilmiştir. Alternatif alanlar ise TOPSIS yöntemi ile sıralanmıştır. Çalışma sonucunda, gelecekte yapılacak olan bir başka çalışmada, ÇKKV'nin MACBETH, ELECTRE ve VIKOR gibi diğer tekniklerde kullanılarak elde edilen sonuçların karşılaştırılması tavsiye edilmiştir.

Literatürdeki çalışmalar değerlendirildiğinde, tesis yeri seçimi problemlerinin genellikle çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleriyle ele alındığı gözlenmiştir. Özellikle bu tür yer seçimi konularında en yaygın olarak kullanılan yöntemler sırasıyla; AHP, CBS, TOPSIS ve Bulanık sistemlerdir.

2 Metodoloji

Genel olarak bazı seçenekler arasından alternatiflerin belirlenmesi ve ilgili alternatiflerden en uygun olanının seçilmesi süreci karar verme olarak tanımlanmaktadır. Bu süreçte, özellikle alternatiflerin değerlendirilmesi ve seçilmesinde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri sıklıkla tercih edilmektedir. ÇKKV yöntemleri, karar verme süreçlerinde farklı bakış açılarına dayalı olarak kriterlerin

belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca, ÇKKV yöntemleri bu süreçleri daha şeffaf ve anlaşılır bir hale getirerek, alınan kararların daha tutarlı ve anlamlı olmasına katkıda bulunmaktadır. Son zamanlarda literatürde BWM yöntemi sıklıkla tercih edilmektedir. Bu çalışmada da kriter ağırlıklarını belirlemek ve değerlendirmek için BWM yöntemi tercih edilmiştir. BWM yönteminin bu çalışmada tercih edilmesinin nedeni diğer yöntemlere göre bazı üstünlükleri ve avantajlarının olmasıdır. Bu bağlamda;

- Karşılaştırma sayıları açısından BWM yönteminde sadece en iyi ve en kötü kriterler karşılaştırılırken; diğer yöntemlerde tüm kriterler arasında karşılaştırma yapılmaktadır.
- Tutarlılık açısından, BWM yönteminde daha az karşılaştırma yapıldığından dolayı tutarlılık oranı diğer yöntemlere göre daha yüksektir.
- Hesaplama yükü açısından, BWM yöntemi hesaplama ve uygulama süreci olarak diğer yöntemlere kıyasla çok daha basit ve kısa sürelidir (Çakır & Can, 2019; Bayrakçı-Arslan, 2022; Ahmad vd., 2017).

BWM yöntemini, özellikle AHP yöntemi ile kıyasladığımızda belirgin bazı özellikleri öne çıkmaktadır. Bu özelliklerden bazıları;

- Karşılaştırma sayıları açısından BWM yöntemi AHP yöntemine göre sadece en iyi ve en kötü kriterleri karşılaştırmaktadır. Bu durum daha az sayıda karşılaştırma yapılmasına olanak sağlamaktadır.
- BWM yönteminde daha az karşılaştırma yapıldığından dolayı AHP yöntemine kıyasla tutarsızlık oranı daha düşüktür.
- En iyi ve en kötü kriterlere dayalı bir kıyaslama yapıldığından AHP yöntemine göre daha az veri girişi yapılmaktadır.
- BWM yönteminde değerlendirme süreci AHP yöntemine göre daha kısa olduğundan, hesaplama daha hızlı ve daha az karmaşıktır.
- BWM yöntemi, özellikle kriter sayısının fazla olduğu durumlarda AHP yöntemine göre daha kullanışlı ve pratiktir.
- BWM yönteminde ağırlıklar tutarlılık sınırları içerisinde hesaplandığından dolayı AHP yöntemine kıyasla daha doğru sonuçlar ortaya koymaktadır (Çakır & Can, 2019; Bayrakçı-Arslan, 2022; Ahmad vd., 2017).

BWM 2015 yılında Jafar Rezaei tarafından geliştirilmiş bir yöntemdir. Bu yöntem, kriterlerin ve alt kriterlerin ağırlıklarını elde etmek için kullanılan karşılaştırmalı bir yöntemdir. BWM, en iyi (best) ve en kötü (worst) kriterleri belirleyerek, bu iki kriterle yapılan karşılaştırmalar üzerinden diğer kriterlerin ağırlıklarını hesaplamaktadır. BWM yönteminin formülünü ve adımlarını şu şekilde özetleyebiliriz (Rezaei, 2015):

Adım 1: Bir dizi karar kriteri tanımlanır. Karar verici, tüm kriterler arasından bir tanesini en iyi ve bir tanesini de en kötü kriter olarak seçer. Bu aşamada karar vericinin seçenekler hakkında karar verebilmesi için bir dizi n kriterini Eşitlik (1)' de olduğu gibi tanımlaması gerekir.

$$C=\{C_1, C_2, \dots, C_n\} \quad (1)$$

Adım 2: En iyi ve en kötü kriterler tanımlanır. Bu aşamada, karar vericiden kriterlerin önem derecesine göre en iyi ve en kötü kriteri belirlemesi istenir.

Adım 3: Seçilen en iyi kriterin diğer kriterlere göre tercih edilmesi ve 1 ile 9 arasında bir sayının kullanılarak belirlenmesi aşamasıdır. Bu aralıkta bir sayı kullanılarak diğer tüm kriterlere kıyasla en iyi kriterin tercihi belirlenmektedir. Bu adımda, karar verici En İyi-En Kötü adlı bir vektörü Eşitlik (2)' de olduğu gibi belirler.

$$A_B = (a_{B1}, a_{B2}, a_{B3}, \dots, a_{Bn}) \quad (2)$$

Burada a_{Bj} , en iyi B kriterinin j kriterine göre tercihini gösterir ve $a_{BB}=1$ olduğu sonucuna varılır.

Adım 4: Bu aşamada 1 ile 9 arasında bir sayı kullanılarak, tüm kriterlerin tercih edilen en kötü kriterle göre tercih oranı belirlenir. Bu aşamada, diğer kriterlerin en kötü kriter üzerindeki önemi karar verici tarafından 1 ile 9 arası bir sayının kullanılmasıyla belirlenmektedir. Tüm kriterlerin (j) en kötü kriter W' 'ye göre tercihleri Eşitlik (3)' teki gibi tanımlanır.

$$A_W = (a_{1W}, a_{2W}, a_{3W}, \dots, a_{nW})^T \quad (3)$$

Burada A_{jW} , j ölçütünün en kötü ölçüt W' 'ye olan tercihidir ve değeri 1 ile 9 arasında bir tam sayıdır.

Adım 5: Bu son aşamada en ideal çözüm belirlenir. Yani her bir kriter için en ideal ağırlığın belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için, ulaşılan ağırlıklar ve karar vericinin görüşü arasındaki boşlukları minimuma düşürecek bir çözüm bulunmalıdır.

BWM' nin amacı, her j mutlak boşluğu için optimal ağırlık vektörünü bulmaktır. Kriterler için en uygun ağırlık $|w_j / w_B - a_{jW}|$ ve $|w_B / w_j - a_{Bj}|$ minimuma düşürmektir. Bu amaca ulaşmak için aşağıdaki min-max modeli geliştirilmiştir. BWM son modeli olan Eşitlik (4)' te belirtilen modele dönüşmektedir.

min ξ_L

Kısıtlarının altında;

$$\begin{aligned} |w_B - a_{Bj}w_j| &\leq \xi_L & \forall j = 1, 2, \dots, n \\ |w_j - a_{jW}w_W| &\leq \xi_L & \forall j = 1, 2, \dots, n \\ \sum_{j=1}^n w_j &= 1 & w_j \geq 1 & \forall j = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (4)$$

Problemi çözerek, orjinal bir çözüme ulaşmayı ve w^* ve ξ_L^* çözerek en ideal ağırlıkların elde edilmesi amaçlanmaktadır. ξ_L^* karşılaştırmaların tutarlılığının bir göstergesi olarak da kabul edilebilir. Düşük değerler daha yüksek tutarlılığı ve anlamlılığı ifade etmektedir.

Tüm bu model tamamlanıp çözümlenmesiyle birlikte tutarlılık oranı hesaplanır. Bu kısım son aşama olup, Tablo 1' de verilen ξ ve tutarlılık endeks değerleri ile Eşitlik (5)' ten yararlanılarak tutarlılık oranı hesaplanır.

Tablo 1: Tutarlılık endeks değerleri

aBW	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TE	0,00	0,44	1,00	1,63	2,30	3,00	3,73	4,47	5,23

$$\text{Tutarlılık Oranı (TO)} = \xi / \text{Tutarlılık Endeks Değeri} \quad (5)$$

Tutarlılık endeksi değerini belirlerken kullandığımız *aBW* en iyi kriterin en kötü kritere göre tercih seviyesini gösterir ve hesaplanan bu tutarlılık oranı ne kadar düşükse sonuç o kadar güvenilir ve tutarlı olur.

Düzenli depolama alanları ile ilgili yetkinliği olan uzmanlar ile BWM yöntemine uygun bir şekilde yapılan çalışmamızda toplam 12 uzmandan görüş alınmıştır. Uzmanların alanları incelendiğinde tamamı atık yönetimi alanında uzman iken, bunlardan üçü; enerji üretimi, arıtma teknolojileri ve çevre alanlarında da uzmanlığa sahiptir. Çalışmaya katılan uzmanlardan üçü 10 yıl tecrübeye, beşi 11-20 yıl arası tecrübeye, üçü 21-30 yıl arası tecrübeye ve biri 30 yıl üzeri tecrübeye sahiptir.

Çalışmada kullanılan kriterler literatürde ilgili konuda yapılan çalışmalardan elde edilmiştir. Kullanılan kriterlerin kaynakları aşağıdaki Tablo 2’de gösterilmiştir. Bu bağlamda 5 ana ve 22 alt kriter analizlere dahil edilmiştir. Ana ve alt kriterler şu şekildedir: Çevresel ana kriterine bağlı alt kriterler; arazi kullanımı, yeraltı ve yüzey suları, yerleşim alanlarına yakınlık, turizm merkezlerine yakınlık, koruma altındaki alanlara yakınlıktır. Ekonomik ana kriterine bağlı alt kriterler; işçilik maliyeti, ulaşım maliyeti, işletme maliyeti, arazi fiyatıdır. Sosyal ana kriterine bağlı alt kriterler; halk sağlığı, halkın kabulü, bölge nüfusu/nüfus yoğunluğu, kamu kurumları ile iş birliğidir. Lojistik ana kriterine bağlı alt kriterler; yol ve ulaşım imkanları, havaalanları ve demiryollarına yakınlık, atık üretim/aktarma merkezlerine yakınlık, gelişmekte olan bölgelere yakınlıktır. Zeminsel ana kriterine bağlı alt kriterler; arazi eğitimi, toprak geçirgenliği, fay hattına yakınlık, sel/erozyon/heyelan durumu, arazinin depolama kapasitesidir.

Tablo 2: Çalışmada kullanılan kriterler

Ana Kriterler	Ana Kriter Sembolü	Alt Kriterler	Alt Kriter Sembolü	Kaynaklar
Çevresel	A	Arazi kullanımı	A1	Ciritci ve Türk (2019); Güler (2016); Erdoğan (2019); Yıldırım (2011); Armanuos vd. (2023); Wang vd. (2009); Senkiio vd. (2022); Jalilian vd. (2022); Zarin vd. (2021); Ferretti (2011); Azizi vd. (2016); Saleh vd. (2020); Hanine vd. (2016); Kara vd. (2022); Gorin vd. (2014);
		Yeraltı ve yüzey suları	A2	Güler (2016); Yıldırım (2011); Aydemir-Karadag (2019); Armanuos vd. (2023); Wang vd. (2009); Senkiio vd. (2022); Mirakovski vd. (2013); Sheoran vd. (2020); Ferretti (2011); Mozaffari vd. (2023); Jalilian vd. (2022); Saleh vd. (2020); Bronja vd. (2013); Khorsandi vd. (2019); Hanine vd. (2016); Angilella vd. (2015); Gorin vd. (2014); Zarin vd. (2021); Azizi vd. (2016); Mahmood vd. (2021); Kuru vd. (2021)
Çevresel	A	Yerleşim alanlarına yakınlık	A3	Ciritci ve Türk (2019); Güler (2016); Erdoğan (2019); Kabadayı vd. (2020); Aydemir-Karadag (2019); Armanuos vd. (2023); Wang vd. (2009); Senkiio vd. (2022); Jalilian vd. (2022); Gorin vd. (2014); Zarin vd. (2021); Ferretti (2011); Mahmood vd. (2021); Hanine vd. (2016); Mirakovski vd. (2013); Sheoran vd. (2020); Azizi vd. (2016); Bronja vd. (2013); Khorsandi vd. (2019); Kuru vd. (2021);

Tablo 2: Çalışmada kullanılan kriterler (devamı)

		Turizm merkezlerine yakınlık	A4	Erdoğan (2019); Yıldırım (2011); Özkan (2018); Mirakovski vd. (2013); Mozaffari vd. (2023);
		Koruma altındaki alanlara yakınlık	A5	Güler (2016); Erdoğan (2019); Yıldırım (2011); Senkiio vd. (2022); Jalilian vd. (2022); Mirakovski vd. (2013); Gorin vd. (2014); Ferretti (2011); Mozaffari vd. (2023); Jalilian vd. (2022); Saleh vd. (2020); Kuru vd. (2021); Mahmood vd. (2021)
Ekonomik	B	İşçilik maliyeti	B1	Kabadayı vd. (2020); Mirakovski vd. (2013); Gaur vd. (2022)
		Ulaşım maliyeti	B2	Güler (2016); Kabadayı vd. (2020); Yıldırım (2011); Senkiio vd. (2022); Jalilian vd. (2022); Mirakovski vd. (2013); Gorin vd. (2014); Ferretti (2011); Hanine vd. (2016); Mirakovski vd. (2013); Gaur vd. (2022); Bronja vd. (2013)
		İşletme maliyeti	B3	Angilella vd. (2015); Gaur vd. (2022); Hanine vd. (2016); Mirakovski vd. (2013)
		Arazi fiyatı	B4	Güler (2016); Kabadayı vd. (2020); Aydemir-Karadag, (2019); Wang vd. (2009); Mirakovski vd. (2013); Gaur vd. (2022); Hanine vd. (2016); Kara vd. (2022)
Sosyal	C	Halk sağlığı	C1	Gaur vd. (2022); Mirakovski vd. (2013)
		Halkın kabulü	C2	Yıldırım (2011); Aydemir (2019); Mirakovski vd. (2013); Hanine vd. (2016); Gaur vd. (2022)
		Bölge nüfusu/Nüfus yoğunluğu	C3	Güler (2016); Erdoğan (2019); Yıldırım (2011); Angilella vd. (2015); Zarin vd. (2021); Ferretti (2011)
		Kamu kurumları ile işbirliği	C4	Aydemir-Karadag (2019); Bronja vd. (2013)
Lojistik	D	Yol ve ulaşım imkanları	D1	Güler (2016); Erdoğan (2019); Yıldırım (2011); Aydemir-Karadag (2019); Özkan (2018); Armanuos vd. (2023); Wang vd. (2009); Senkiio vd. (2022); Gezgin vd. (2022); Hanine vd. (2016); Mirakovski vd. (2013); Angilella vd. (2015); Sheoran vd. (2020); Gorin vd. (2014); Zarin vd. (2021); Azizi vd. (2016); Mozaffari vd. (2023); Mahmood vd. (2021); Saleh vd. (2020); Khorsandi vd. (2019); Kuru vd. (2021); Gado vd. (2023)
Lojistik	D	Havaalanlarına ve demiryollarına yakınlık	D2	Güler (2016); Erdoğan (2019); Kabadayı vd. (2020); Yıldırım (2011); Aydemir-Karadag (2019); Armanuos vd. (2023); Wang vd. (2009); Jalilian vd. (2022); Gezgin vd. (2022); Zarin vd. (2021); Azizi vd. (2016); Ahmad vd. (2020); Mahmood vd. (2021); Saleh vd. (2020); Gado vd. (2023)
		Atık üretim/aktarma merkezlerine yakınlık	D3	Güler (2016); Yıldırım (2011); Wang vd. (2009); Mirakovski vd. (2013); Ferretti (2011); Mahmood vd. (2021);

Tablo 2: Çalışmada kullanılan kriterler (devamı)

Lojistik	D	Gelişmekte olan bölgelere yakınlık	D4	Yıldıran (2011)
Zeminsel	E	Arazi eğimi	E1	Ciritci ve Türk (2019); Güler (2016); Erdoğan (2019); Barnabas vd. (2023); Yıldıran (2011); Aydemir-Karadag (2019); Özkan (2018); Armanuos vd. (2023); Wang vd. (2009); Senkiio vd. (2022); Jalilian vd. (2022); Gorin vd. (2014); Zarin vd. (2021); Ferretti (2011); Azizi vd. (2016); Mozaffari vd. (2023); Jalilian vd. (2022); Saleh vd. (2020); Kuru vd. (2021); Kara vd. (2022); Mahmood vd. (2021); Khorsandi vd. (2019); Gado vd. (2023)
Zeminsel	E	Toprak geçirgenliği	E2	Aydemir-Karadag (2019); Armanuos vd. (2023); Senkiio vd. (2022); Gezgini vd. (2022); Mirakovski vd. (2013); Gorin vd. (2014); Zarin vd. (2021); Azizi vd. (2016); Bronja vd. (2013)
		Fay hattına yakınlık	E3	Erdoğan (2019); Aydemir-Karadag (2019); Senkiio vd. (2022); Gezgini vd. (2022); Jalilian vd. (2022); Azizi vd. (2016); Saleh vd. (2020); Özkan vd. (2019); Khorsandi vd. (2019)
		Sel/erozyon/ heyelan durumu	E4	Erdoğan (2019); Aydemir-Karadag (2019); Özkan (2018); Senkiio vd. (2022); Ferretti (2011); Khorsandi vd. (2019); Kuru vd. (2021)
		Arazinin depolama kapasitesi	E5	Aydemir-Karadag (2019); Barnabas vd. (2023); Mirakovski vd. (2013)

3 Bulgular

Çalışmaya katılan uzmanlardan, düzenli depolama alanı yer seçimini etkileyebilecek 5 ana ve 22 alt kriterin “En Önemli” ve “En Az Önemli” olanlarını belirlemeleri ve ardından diğer kriterler ile ikili karşılaştırma yapmaları istenmiştir. 12 farklı uzman görüşü alınarak yapılan analizler neticesinde elde edilen bulguların sonuçları aşağıda açıklanmıştır.

BWM yönteminin analizine ilk olarak ana kriterlerin değerlendirilmesiyle başlanmıştır. Uzman görüşlerine dayanan analiz sonuçlarında en önemli ve en az önemli ana kriterler ağırlık dereceleri hesaplanarak belirlenmiştir. Ana kriter ağırlıklarının belirlenmesinin ardından, her bir ana kritere ait alt kriterin değerlendirilmesi ayrı ayrı yapılmıştır. Her bir alt kriterin ağırlığı, tutarlılık oranı ve eşik değerleri hesaplandıktan sonra tüm alt kriterlerin genel ağırlıkları en yüksekte en düşüğe doğru sıralanmıştır. Bu sıralama ile kriterlerin, uzman görüşlerine göre en önemli ve en az önemlileri belirlenmiş ve değerlendirmeleri yapılmıştır.

Çalışmaya katılan uzmanların belirlediği “En Önemli” kriterler incelendiğinde %66,7 ile “çevresel” kriter en önemli kriter olarak belirlenmiştir. Bunu, %16,7 ile “lojistik”, %8,3 ile “ekonomik” ve “zeminsel” kriterler takip etmektedir. Uzmanlar tarafından seçilen “En Önemli” kriterin diğer kriterlere göre ikili karşılaştırmasına aşağıdaki Tablo 3’te yer almaktadır.

Tablo 3: *En önemli kriterin ikili karşılaştırması*

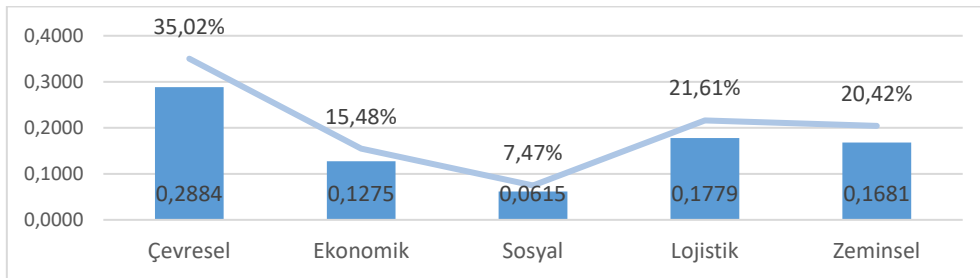
Uzman Numarası	En Önemli Kriterler	Ana Kriterler				
		Çevresel	Ekonomik	Sosyal	Lojistik	Zeminsel
Uzman 1	Çevresel	1	2	9	3	4
Uzman 2	Çevresel	1	6	5	9	3
Uzman 3	Lojistik	7	9	6	1	8
Uzman 4	Çevresel	1	3	8	6	5
Uzman 5	Çevresel	1	7	8	4	5
Uzman 6	Zeminsel	7	5	9	3	1
Uzman 7	Çevresel	1	8	6	3	4
Uzman 8	Çevresel	1	8	8	4	2
Uzman 9	Çevresel	1	3	8	4	6
Uzman 10	Çevresel	1	7	9	6	4
Uzman 11	Ekonomik	6	1	8	3	5
Uzman 12	Lojistik	6	5	8	1	3

Ayrıca, uzmanlar tarafından “En Az Önemli” kriter olarak %75’i oran ile “sosyal” kriteri belirlenmiştir. Ayrıca, %16,7 ile ekonomik, %8,3 ile lojistik kriterler sırasıyla en az önemli olarak belirlenmiştir. Uzmanlar tarafından seçilen “En Az Önemli” kriterin diğer kriterlere göre ikili karşılaştırmasına aşağıdaki Tablo 4’te yer almaktadır.

Tablo 4: *En az önemli kriterin ikili karşılaştırması*

Uzman Numarası	En Az Önemli Kriterler	Ana Kriterler				
		Çevresel	Ekonomik	Sosyal	Lojistik	Zeminsel
Uzman 1	Sosyal	9	8	1	6	7
Uzman 2	Lojistik	9	2	6	1	5
Uzman 3	Ekonomik	4	1	5	9	3
Uzman 4	Sosyal	2	7	1	4	4
Uzman 5	Sosyal	8	3	1	6	4
Uzman 6	Sosyal	3	4	1	5	8
Uzman 7	Ekonomik	8	1	3	6	5
Uzman 8	Sosyal	8	2	1	5	7
Uzman 9	Sosyal	8	6	1	5	3
Uzman 10	Sosyal	9	4	1	4	7
Uzman 11	Sosyal	3	8	1	7	4
Uzman 12	Sosyal	4	4	1	8	6

Ana kriterler uzman görüşlerinden sonra önem sıralarına göre Şekil 1’ de sıralanmış ve buna göre; çevresel kriterler %35,02 ile en yüksek ağırlığa sahip kriter olarak gözükmemektedir. Lojistik kriterler %21,61 ile ikinci en yüksek ağırlığa sahip kriterdir. Ardından sırasıyla, %20,42 ile zeminsel, %15,48 ile ekonomik ve son sırada %7,47 ile sosyal kriterler gelmektedir.



Şekil 1: Ana kriter ağırlıklarının ortalaması ve yüzdelik dağılımı

Ana kriter ağırlıklarının belirlenmesinin ardından, her bir ana kriterin alt kriterlerine yönelik değerlendirmeler ayrı ayrı yapılmıştır. Burada, her bir alt kriterin ana kriter içerisindeki önemini ortaya koymak ve genel karar verme sürecinde alt kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

“Çevresel” ana kriterin alt kriterleri incelendiğinde, “Yeraltı ve yüzey suları” alt kriteri %31,38 ile en yüksek etkiye sahip kriter olmuştur. Ardından, %21,55 ile “Yerleşim yerlerine yakınlık” ikinci en yüksek etkiye sahip kriter olurken sonrasında %20,04 ile “Koruma altındaki alanlara yakınlık”, %14,41 ile “Turizm merkezlerine yakınlık” ve son olarak %12,61 ile “Arazi kullanımı” en düşük etkiye sahip kriter olmuştur. Uzmanların, “Çevresel” ana kriterinin alt kriterlerine ilişkin değerlendirmelerinin neticesinde hesaplanan ağırlıklar aşağıdaki Tablo 5’te yer almaktadır.

Tablo 5: Çevresel kriterinin alt kriterlerine ait ağırlıklar, tutarlılık oranları ve eşik değerleri

Çevresel Kriterler								
Uzman Numarası	Ana Kriter Ağırlığı	Alt Kriter1 (Arazi Kullanımı)	Alt Kriter2 (Yeraltı ve Yüzey Suları)	Alt Kriter3 (Yerleşim Alanlarına Yakınlık)	Alt Kriter4 (Turizm Merkezlerine Yakınlık)	Alt Kriter5 (Koruma Altındaki Alanlara Yakınlık)	Tutarlılık Oranı	Eşik Değeri
Uzman 1	0,409	0,035	0,175	0,421	0,263	0,105	0,292	0,306
Uzman 2	0,511	0,500	0,101	0,203	0,152	0,043	0,208	0,306
Uzman 3	0,108	0,047	0,212	0,106	0,127	0,507	0,292	0,306
Uzman 4	0,429	0,169	0,546	0,113	0,060	0,113	0,286	0,296
Uzman 5	0,545	0,482	0,121	0,201	0,151	0,045	0,286	0,296
Uzman 6	0,089	0,096	0,553	0,135	0,048	0,168	0,222	0,306
Uzman 7	0,500	0,049	0,108	0,519	0,162	0,162	0,286	0,296
Uzman 8	0,465	0,103	0,046	0,205	0,154	0,492	0,286	0,296
Uzman 9	0,500	0,100	0,500	0,150	0,050	0,200	0,286	0,296
Uzman 10	0,559	0,051	0,507	0,087	0,152	0,203	0,232	0,296
Uzman 11	0,106	0,104	0,518	0,125	0,046	0,208	0,222	0,306
Uzman 12	0,103	0,047	0,493	0,102	0,205	0,153	0,286	0,296

“Ekonomik” ana kriterin alt kriterleri incelendiğinde, “Ulaşım maliyeti” alt kriteri %33,52 ile en yüksek etkiye sahip kriter olmuştur. Ardından, %32,07 ile “İşletme maliyeti” ikinci en yüksek etkiye sahip kriter olurken sonrasında %17,74 ile “Arazi fiyatı” ve son olarak %16,67 ile “İşçilik maliyeti” en düşük etkiye sahip kriter olmuştur. Uzmanların, “Ekonomik” ana kriterinin alt kriterlerine ilişkin değerlendirmelerinin neticesinde hesaplanan ağırlıklar aşağıdaki Tablo 6’da yer almaktadır.

Tablo 6: Ekonomik kriterinin alt kriterlerine ait ağırlıklar, tutarlılık oranları ve eşik değerleri

Ekonomik Kriterler							
Uzman Numarası	Ana Kriter Ağırlığı	Alt Kriter1 (İşçilik Maliyeti)	Alt Kriter2 (Ulaşım Maliyeti)	Alt Kriter3 (İşletme Maliyeti)	Alt Kriter4 (Arazi Fiyatı)	Tutarlılık Oranı	Eşik Değeri
Uzman 1	0,257	0,091	0,212	0,636	0,061	0,208	0,268
Uzman 2	0,106	0,119	0,608	0,217	0,056	0,208	0,268
Uzman 3	0,053	0,068	0,112	0,156	0,664	0,232	0,252
Uzman 4	0,237	0,188	0,125	0,625	0,063	0,214	0,252
Uzman 5	0,097	0,183	0,146	0,610	0,061	0,214	0,252
Uzman 6	0,124	0,127	0,191	0,627	0,055	0,208	0,268
Uzman 7	0,050	0,227	0,578	0,136	0,059	0,214	0,252
Uzman 8	0,070	0,575	0,138	0,230	0,057	0,214	0,252
Uzman 9	0,200	0,061	0,610	0,146	0,183	0,214	0,252
Uzman 10	0,101	0,058	0,633	0,124	0,185	0,208	0,268
Uzman 11	0,509	0,100	0,200	0,075	0,625	0,214	0,252
Uzman 12	0,124	0,071	0,149	0,124	0,656	0,179	0,252

“Sosyal” ana kriterin alt kriterleri incelendiğinde, “Halk sağlığı” alt kriteri %54,51 ile en yüksek etkiye sahip kriter olmuştur. Ardından, %18,04 ile “Bölge nüfusu/Nüfus yoğunluğu” ikinci en yüksek etkiye sahip kriter olurken sonrasında %16,37 ile “Halkın kabulü” ve son olarak %11,07 ile “Kamu kurumları ile işbirliği” en düşük etkiye sahip kriter olmuştur. Uzmanların, “Sosyal” ana kriterinin alt kriterlerine ilişkin değerlendirmelerinin neticesinde hesaplanan ağırlıklar aşağıdaki Tablo 7’de yer almaktadır.

Tablo 7: Sosyal kriterinin alt kriterlerine ait ağırlıklar, tutarlılık oranları ve eşik değerleri

Sosyal Kriterler							
Uzman Numarası	Ana Kriter Ağırlığı	Alt Kriter1 (Halk Sağlığı)	Alt Kriter2 (Halkın Kabulü)	Alt Kriter3 (Bölge Nüfusu/Nüfus Yoğunluğu)	Alt Kriter4 (Kamu Kurumları ile İşbirliği)	Tutarlılık Oranı	Eşik Değeri
Uzman 1	0,034	0,654	0,131	0,157	0,058	0,222	0,268
Uzman 2	0,128	0,583	0,136	0,227	0,054	0,125	0,268
Uzman 3	0,126	0,664	0,156	0,112	0,068	0,232	0,252
Uzman 4	0,074	0,610	0,061	0,146	0,183	0,214	0,252
Uzman 5	0,051	0,549	0,052	0,171	0,228	0,232	0,252
Uzman 6	0,054	0,583	0,136	0,227	0,054	0,125	0,268
Uzman 7	0,100	0,569	0,142	0,236	0,054	0,232	0,252
Uzman 8	0,047	0,639	0,111	0,194	0,056	0,264	0,268
Uzman 9	0,050	0,109	0,191	0,636	0,064	0,232	0,252
Uzman 10	0,046	0,613	0,180	0,063	0,144	0,214	0,252
Uzman 11	0,048	0,125	0,625	0,063	0,188	0,214	0,252
Uzman 12	0,052	0,625	0,125	0,063	0,188	0,214	0,252

“Lojistik” ana kriterin alt kriterleri incelendiğinde, “Atık üretim/Aktarma merkezlerine yakınlık” alt kriteri %47,15 ile en yüksek etkiye sahip kriter olmuştur. Ardından, %23,77 ile “Yol ve ulaşım imkanları” ikinci en yüksek etkiye sahip kriter olurken sonrasında %16,32 ile “Gelişmekte olan bölgelere yakınlık” ve son olarak %12,76 ile “Havaalanları ve demiryollarına yakınlık” en düşük etkiye

sahip kriter olmuştur. Uzmanların, “Lojistik” ana kriterinin alt kriterlerine ilişkin değerlendirmelerinin neticesinde hesaplanan ağırlıklar aşağıdaki Tablo 8’de yer almaktadır.

Tablo 8: Lojistik kriterinin alt kriterlerine ait ağırlıklar, tutarlılık oranları ve eşik değerleri

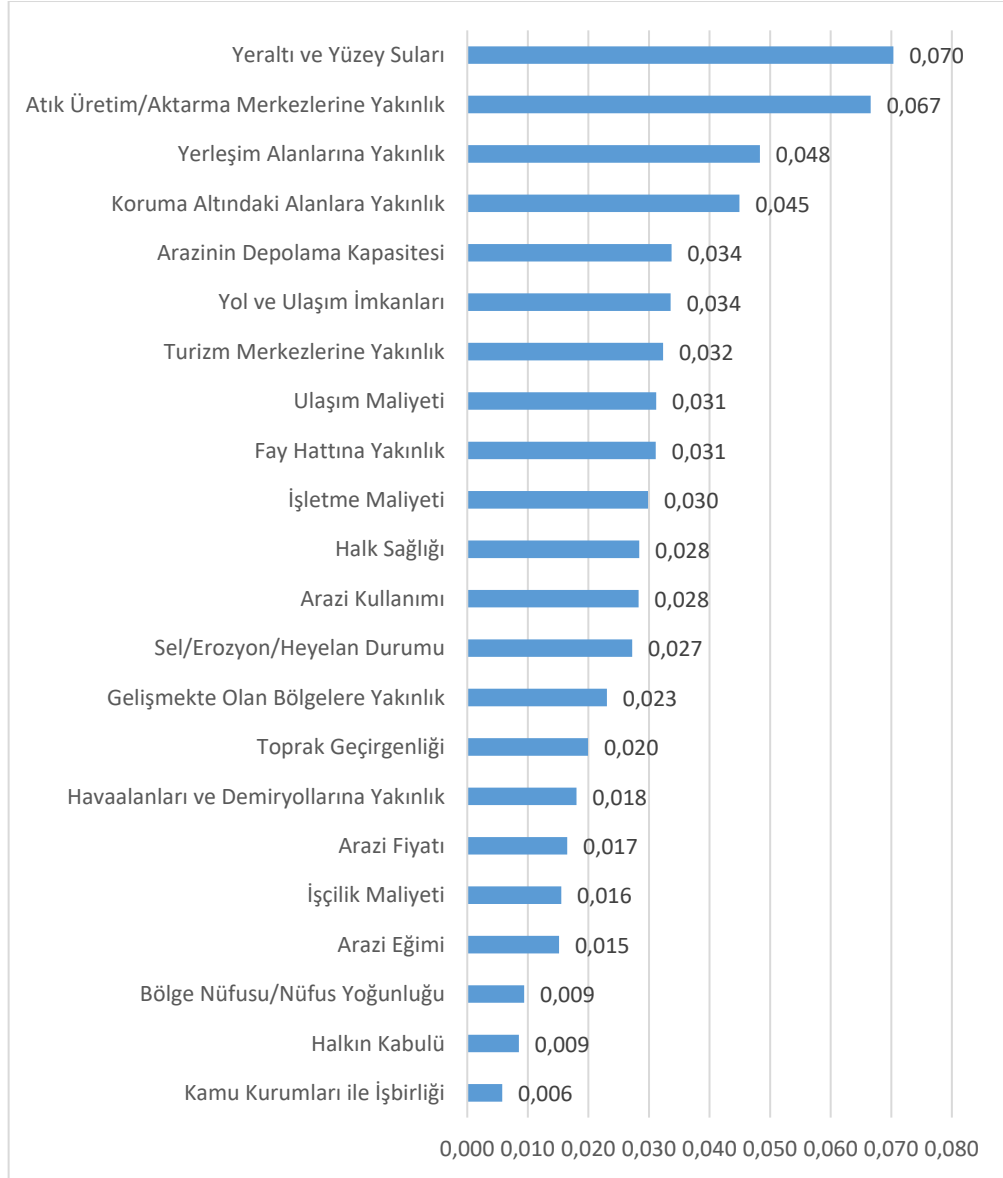
Lojistik Kriterler							
Uzman Numarası	Ana Kriter Ağırlığı	Alt Kriter1 (Yol ve Ulaşım İmkanları)	Alt Kriter2 (Havaalanları ve Demiryollarına Yakınlık)	Alt Kriter3 (Atık Üretim/Aktarma Merkezlerine Yakınlık)	Alt Kriter4 (Gelişmekte Olan Bölgelere Yakınlık)	Tutarlılık Oranı	Eşik Değeri
Uzman 1	0,172	0,627	0,055	0,191	0,127	0,208	0,268
Uzman 2	0,043	0,236	0,054	0,569	0,142	0,232	0,252
Uzman 3	0,618	0,125	0,063	0,625	0,188	0,214	0,252
Uzman 4	0,118	0,112	0,156	0,664	0,068	0,232	0,252
Uzman 5	0,170	0,146	0,068	0,603	0,182	0,214	0,252
Uzman 6	0,207	0,610	0,061	0,183	0,146	0,214	0,252
Uzman 7	0,200	0,059	0,227	0,578	0,136	0,214	0,252
Uzman 8	0,140	0,057	0,138	0,575	0,230	0,214	0,252
Uzman 9	0,150	0,136	0,227	0,578	0,059	0,214	0,252
Uzman 10	0,118	0,059	0,114	0,666	0,160	0,222	0,268
Uzman 11	0,211	0,636	0,064	0,109	0,191	0,232	0,252
Uzman 12	0,515	0,636	0,191	0,109	0,064	0,232	0,252

“Zeminsel” ana kriterin alt kriterleri incelendiğinde, “Arazinin depolama kapasitesi” alt kriteri %26,52 ile en yüksek etkiye sahip kriter olmuştur. Ardından, %24,48 ile “Fay hattına yakınlık” ikinci en yüksek etkiye sahip kriter olurken sonrasında %21,41 ile “Sel/Erozyon/Heyelan durumu”, %15,67 ile “Toprak geçirgenliği” ve son olarak %11,92 ile “Arazi eğimi” en düşük etkiye sahip kriter olmuştur. Uzmanların, “Zeminsel” ana kriterinin alt kriterlerine ilişkin değerlendirmelerinin neticesinde hesaplanan ağırlıklar aşağıdaki Tablo 9’da yer almaktadır.

Tablo 9: Zeminsel kriterinin alt kriterlerine ait ağırlıklar, tutarlılık oranları ve eşik değerleri

Zeminsel Kriterler								
Uzman Numarası	Ana Kriter Ağırlığı	Alt Kriter1 (Arazi Eğimi)	Alt Kriter2 (Toprak Geçirgenliği)	Alt Kriter3 (Fay Hattına Yakınlık)	Alt Kriter4 (Sel/Erozyon/Heyelan Durumu)	Alt Kriter5 (Arazinin Depolama Kapasitesi)	Tutarlılık Oranı	Eşik Değeri
Uzman 1	0,129	0,046	0,101	0,176	0,118	0,559	0,292	0,306
Uzman 2	0,213	0,125	0,045	0,517	0,104	0,209	0,222	0,306
Uzman 3	0,095	0,049	0,115	0,566	0,098	0,172	0,264	0,306
Uzman 4	0,142	0,084	0,524	0,169	0,169	0,053	0,286	0,296
Uzman 5	0,136	0,046	0,525	0,127	0,091	0,212	0,222	0,306
Uzman 6	0,527	0,052	0,116	0,558	0,100	0,174	0,286	0,296
Uzman 7	0,150	0,152	0,051	0,087	0,507	0,203	0,232	0,296
Uzman 8	0,279	0,151	0,045	0,121	0,482	0,201	0,286	0,296
Uzman 9	0,100	0,051	0,203	0,507	0,087	0,152	0,232	0,296
Uzman 10	0,176	0,152	0,051	0,087	0,507	0,203	0,232	0,296
Uzman 11	0,127	0,552	0,095	0,055	0,132	0,166	0,232	0,296
Uzman 12	0,206	0,052	0,206	0,103	0,124	0,515	0,214	0,296

Tüm bu karşılaştırmalı analizler ve her bir ana kriterin alt kriterlerinin kendi içerisinde sıralanması sonrasında, tüm alt kriterlerin genel ağırlıkları en yüksekten en düşüğe doğru sıralanmıştır. Bu sıralama, aşağıdaki Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2: Tüm alt kriterlerin sıralaması

4 Tartışma

Kriterlerin değerlendirilmesi açısından bulgular, literatürde yer alan mevcut çalışmalardan bazıları ile paralellik gösterirken bazıları ile zıtlıklar ortaya koymaktadır. Buna göre;

Erdoğan (2019), Samsun ili genelinde düzenli depolama alanı için alternatif yer seçimi ile ilgili yaptığı çalışmada sızıntı sularının önemine değinmiştir. Sızıntı suları, atıkların depolandığı alanlarda zamanla oluşan ve atıkların içeriğindeki kirletici maddelerle temas ederek çevreye yayılma riski taşıyan suyu ifade etmektedir. Bu tür suların yeraltı ve yüzey sularına karışma ihtimalinden dolayı çalışmamızda yer alan “yeraltı ve yüzey suları” kriterine benzerliği, kriterin önemini vurgulamaktadır. Erdoğan (2019), yaptığı çalışma sonucunda halkın görüşünün önemine de ayrıca değinmektedir. Bu durum, çalışmamızda en az öneme sahip ikinci kriter olan “halkın kabulü” kriteri ile uyuşmamaktadır.

Sakarya’da halkın kabulü en az öneme sahip ikinci kriter iken Samsun’da yapılan çalışmada elde edilen sonuç bunun tam tersi yönündedir.

Aydemir (2018) tarafından gerçekleştirilen Ankara ili ve çevresinde kurulabilecek düzenli depolama alanı alternatifleri ile ilgili çalışmada, bu çalışmadaki bulguya paralel olarak ana kriterler arasında çevresel kriterler en yüksek ağırlığa sahip kriter olarak belirlenmiş ve çevresel kriterlerin alt başlığı olan yeraltı ve yüzey sularına uzaklık ise üçüncü en önemli kriter olarak tespit edilmiştir. Ayrıca; Aydemir A. tarafından yapılan çalışmada, “yerleşim birimlerine uzaklık” kriteri en az öneme sahip kriter olarak belirlenirken, bu çalışmadaki “yerleşim alanlarına yakınlık” kriteri en önemli üçüncü kriter olarak belirlenmiştir. Bu zıtlığın, Aydemir A.’nın çalışmasında düzenli depolama alanının kesin konumunun belirlenmemiş olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Aydemir A.’nın çalışmasındaki diğer bir kriter olan "en yakın yerleşim alanının tepkisi", sosyal kriterler arasında en yüksek ağırlığa sahip kriter olarak değerlendirilmiş ve yer seçimi sürecinde önemli bir etkisi olduğu vurgulanmıştır. Bu kriter, düzenli depolama alanının bulunduğu bölgedeki halkın olası tepkilerini temsil etmektedir. Bu çalışmada ise “halkın kabulü” kriteri, bu çalışmadaki “en yakın yerleşim alanının tepkisi” kriteri ile eşdeğer kabul edilebilir olmakla birlikte, kıyaslandığında en az önem derecesine sahip ikinci kriter olarak tespit edilmiştir. Bu farklılıkların, karar vericilerin demografik ve coğrafi koşullara ilişkin farklı değerlendirmelerinden ya da kullanılan analiz yöntemlerinin önceliklendirme yaklaşımlarındaki farklılıklarından kaynaklanabileceği değerlendirilmektedir.

Armanuos vd. (2023) tarafından gerçekleştirilen Mısır’ın Nil deltasının ortasında yer alan Al-Ghrabia bölgesinde düzenli depolama alanı için yapılan çalışmada, “yeraltı suyu derinliği” kriteri, çalışmamızda ele alınan "yeraltı ve yüzey suları" kriteri ile benzerlik göstermektedir. Her iki çalışmada da bu kriterin en yüksek öneme sahip kriter olarak belirlenmiş olması, bu kriterin düzenli depolama alanı yer seçimindeki kritik önemini vurgulamaktadır. Aynı çalışmada ele alınan “kentsel bölgelere uzaklık” kriteri, çalışmamızdaki “yerleşim alanlarına yakınlık” kriteri ile paralellik göstermektedir. Armanuos vd. (2023) çalışmasında “kentsel bölgelere uzaklık” kriteri en önemli ikinci kriter olarak öne çıkarken, çalışmamızda “yerleşim alanlarına yakınlık” kriteri en önemli üçüncü kriter olarak belirlenmiştir. Bu bulgular, iki farklı çalışmada kullanılan kriterlerin benzer sonuçlar doğurması açısından dikkate değerdir. Bu bağlamda, söz konusu benzerlikler, düzenli depolama alanı yer seçim süreçlerinde kullanılan kriterlerin evrensel önemini ve geçerliliğini ortaya koymaktadır.

Barnabas vd. (2023) tarafından uygun düzenli depolama alanı belirlemeye yönelik yapılan çalışmada, yer seçimi sürecinde çevresel kriterlerin öncelikli olarak dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır. Bu bulgu, çalışmamızda en önemli ana kriter olarak tespit edilen “çevresel” kriterlerle paralellik göstermektedir. Her iki çalışmada da çevresel kriterlerin yer seçimi sürecinde kritik bir öneme sahip olduğu sonucuna ulaşılması, bu kriterlerin düzenli depolama alanı yer seçimindeki evrensel önemini bir kez daha ortaya koymaktadır.

Marjanovic vd. (2022) tarafından düzenli depolama alanı yer seçimi sürecinde belirlenen kriterlerin sıralanması amacıyla yaptıkları çalışmada; çevresel ekosistem, ekonomik faydalar ve toplum üzerindeki etkiler üzerine yoğunlaşmışlardır. Elde edilen bulgulardan olan çevresel ekosistem, çalışmamızda en önemli ana kriter olarak tespit edilen “çevresel” kriter ile uyum sağlamaktadır. Ekonomik faydalar açısından değerlendirildiğinde, çalışmamızda en önemli ikinci kriter olarak tespit edilen “atık üretim/aktarma merkezlerine yakınlık” kriteri ile ekonomik değerler açısından bir paralellik söz konusudur. Toplum üzerindeki etkisi açısından değerlendirildiğinde ise, çalışmamızda en önemli üçüncü kriter olarak tespit edilen “yerleşim alanlarına yakınlık” kriteri ile paralellik göstermektedir.

5 Sonuçlar

Günümüzde nüfus artışı ve kentleşmeyle birlikte artan tüketim katı atık üretiminde belirgin bir artışa neden olmaktadır. Bu durum, atıkların sağlıklı ve ekonomik bir şekilde yönetilmesi konusunu önemli bir hale getirmiştir. Çevre sorunu olarak karşımıza çıkan atıkların düzenli ve etkin bir şekilde bertaraf edilmesi gerekmektedir. Düzenli depolama, uygulanabilirliği ile yönetim kolaylığı açısından atıkların çevreye zarar vermeyecek şekilde depolanarak bertaraf edilmesini sağlayan ve en çok tercih edilen yöntemlerden biridir.

Düzenli depolama alanı yer seçimi süreci dünya ve ülke genelinde uzun vadeli ve stratejik kararlar gerektiren türde kapsamlı çalışmalardan biridir. Yer seçimi alanında yapılan çalışmalar, belirli kriterler ve yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Türkiye'de düzenli depolama alanları, katı atıkların bertaraf edilmesi için son yıllarda giderek yaygınlaşan bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yöntemin yaygınlaşması ile birlikte, atıkların depolanması için yapılan yer seçimi, çevresel etkilerin en aza indirilmesi açısından stratejik bir öneme sahiptir. Bu çalışmada, dünya ve Türkiye genelinde yapılan çalışmaların kapsamlı bir literatür taraması yapılarak düzenli depolama alanında sıkça kullanılan 5 ana kriter ve 22 alt kriter belirlenmiştir. Uzmanlardan, bu kriterlerden “En Önemli” ve “En Az Önemli” olanları belirlemeleri ve ardından her bir ana kriterin ve alt kriterin kendi aralarında karşılaştırma yapmaları istenmiştir. Uzman görüşleri alındıktan sonra kriterlerin değerlendirmelerine başlanmıştır.

BWM yöntemi ile öncelikle ana kriterlerin değerlendirilmesine başlanmıştır. Yapılan analiz sonucunda en önemli ana kriter “Çevresel” kriterler olarak belirlenmiştir. Buna karşılık, en az öneme sahip ana kriterin “Sosyal” kriterler olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar, düzenli depolama alanı yer seçiminde çevresel kriterlerin öncelikli olarak değerlendirilmesi gerektiğini sonucunu ortaya koymaktadır.

Alt kriterler için değerlendirme yapıldığında, “Yeraltı ve Yüzey Suları” en yüksek ağırlığa sahip alt kriter olarak belirlenmiştir. Bu durum, literatürdeki birçok çalışmada da en önemli alt kriter olarak tespit edilmiştir. Bu durum, kriterin düzenli depolama alanı yer seçimi sürecindeki önemini açıkça ortaya koymaktadır.

Uzman görüşlerine dayalı yapılan değerlendirme sonucunda alt kriterlerin önem sıralamasında; “Atık Üretim/Aktarma Merkezlerine Yakınlık” kriteri ikinci, “Yerleşim Alanlarına Yakınlık” kriteri üçüncü, “Koruma Altındaki Alanlara Yakınlık” kriteri dördüncü ve “Arazinin Depolama Kapasitesi” kriteri ise beşinci en önemli alt kriter olarak tespit edilmiştir. Buna karşılık, “Kamu Kurumları ile İşbirliği” kriteri en az öneme sahip alt kriter olarak son sırada yer alırken, “Halkın Kabulü” kriteri en az öneme sahip ikinci alt kriter olarak belirlenmiştir.

Sakarya ili topraklarının %34'lük kısmı ovalardan oluşmaktadır. Bu ovalar genel olarak ülkemizin en uzun üçüncü nehri olan Sakarya nehrinin biriktirdiği alüvyonlardan oluşmaktadır. Bu alüvyon içerisinde yer altı suyu seviyesi oldukça yüksektir. Bunun yanında, Sakarya ili yeraltı su kaynakları açısından zengin bir coğrafyaya sahip olmakla birlikte irili ufaklı birçok sayıda göl, gölet ve baraja da sahiptir. Buna göre Sakarya ilinde yapılacak olan yeni bir düzenli depolama alanına yönelik yer seçimi kararında, çalışmamızda değerlendirilen en önemli kriter “yeraltı ve yüzey suları” konunun tüm paydaşları açısından dikkate alınmalıdır. Sakarya ilinin yeraltı ve yüzey suları açısından zengin olmasından ve çalışmamızda da en önemli kriterin “yeraltı ve yüzey suları” kriteri olarak tespit edilmesinden dolayı, sonraki çalışmalarda yeraltı ve yüzey suları haritası çıkartılarak ve zemin etüdü yapılarak düzenli depolama alanı için yer alternatifleri belirlenebilir.

Yapılan bu çalışma Sakarya ili üzerinde yapıldığından dolayı düzenli depolama alanı ve atık yönetimi konusunda Sakarya ilini tanıyan ve Sakarya ilinde tecrübe sahibi olmuş uzmanlar ile görüşülmüştür.

Çalışmanın sadece Sakarya ili sınırlarını kapsamaması ve Sakarya ilindeki 12 uzman ile görüşme yapılması çalışmanın kısıtlarıdır.

6 Beyanname

6.1 Çalışmanın Sınırlılıkları

Çalışma alanı Sakarya ili olduğundan dolayı atık ve düzenli depolama alanı yönetiminde, çalışma alanında değişiklik yapılması çalışma sonucunda önemli değişikliklere yol açabilir. Ayrıca, Sakarya ilindeki 12 uzman ile görüşülmüş olması da ayrı bir sınırlılıktır. Uzmanlarda ya da uzman sayısındaki değişikliklerde çalışma sonucunda değişikliklere yol açabilir.

6.2 Teşekkür

Bu çalışma, Samet Furkan SAĞLAM' ın yayımlanmamış yüksek lisans tez çalışmasından türetilmiştir.

6.3 Finansman Kaynağı

Bu araştırma için herhangi bir finansal destek alınmamıştır.

6.4 Çıkar Çatışması

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

6.5 Yazarların Katkıları

Samet Furkan SAĞLAM: Çalışma konusunun belirlenmesi, literatür taraması, bulgulara ulaşmak için yöntemlerin uygulanması ve verilerin düzenlenmesi, uzmanlar ile görüşmelerin yapılması, verilerin düzenlenmesi, bulguların mantık çerçevesinde açıklanması ve makaledeki imla ve dil bilgisi açısından hataların düzeltilmesi alanında katkı sağlamıştır.

Sinan ESEN: Çalışma konusunun belirlenmesi, yöntemin ve yönteme uygun uygulamanın nasıl olması gerektiğine karar verilmesi, çalışmadaki akademik eksiklerin giderilmesi ve makaledeki imla ve dil bilgisi açısından hataların düzeltilmesi alanında katkı sağlamıştır.

6.6 Etik Onay

Bu araştırma için etik kurul onayı E-26428519-050.99-156860 sayılı Etik Kurul Kararı 52/16 (Samet Furkan SAĞLAM) ile Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Etik Kurulu tarafından alınmıştır.

6.7 Bilgilendirilmiş Onam

Çalışma için tüm katılımcılardan çalışmaya katılmayı kabul ettiklerine dair bilgilendirilmiş onam formu alınmıştır.

Kaynakça

- Ahmad, W. N. K. W., Rezaei, J., Sadaghiani, S., & Tavasszy, L. A. (2017). Evaluation of the external forces affecting the sustainability of oil and gas supply chain using Best Worst Method. *Journal of cleaner production*, 153, 242-252.
- Ali, S. A., & Ahmad, A. (2020). Suitability analysis for municipal landfill site selection using fuzzy analytic hierarchy process and geospatial technique. *Environmental Earth Sciences*, 79(10), 227.

- Angilella, S., Bottero, M., Corrente, S., Ferretti, V., Greco, S., & Lami, I. M. (2016). Non additive robust ordinal regression for urban and territorial planning: An application for siting an urban waste landfill. *Annals of Operations Research*, 245, 427–456. <https://doi.org/10.1007/s10479-015-1980-8>
- Armanuos A. M., Elgaafary, K. A., & Gado, T. A. (2023). Landfill site selection using MCDM methods and GIS in the central part of the Nile Delta, Egypt. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(12), 1407.
- Aydemir-Karadag, A. (2019). Katı Atık Depolama Tesisi Yer Seçimi için Birleştirilmiş Hedef Programlama ve AHP Yaklaşımı. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, Vol:11, Sayı:1, Sayfa:211-225.
- Azizi Ghalaty, S., Taghizadeh, A., Heydarian, P., Farazmand, S., & Anvaripor, R. (2016). Using multi-criteria evaluation techniques of fuzzy analytic hierarchy process and fuzzy TOPSIS in locating waste sanitary landfill sites. *Journal of Research and Health*, 5(4), 13–24.
- Barnabas, G. S., Geethan, A. V., Ganesh, V. S., Karthikeyan, M. K. V., & Das, C. M. (2023). Application of decision making algorithms in the landfill site selection. *Environmental Engineering and Management Journal. Gheorghe Asachi Technical University of Iasi, Romania*. Vol.22, No.9.
- Bayrakçı-Arslan, M. (2022). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Akademik Personel Seçim Kriterlerinin Değerlendirilmesi.
- Bilgilioglu, S. S., & Gezgın, C. (2022). Nevşehir ili uygun katı atık depolama sahalarının coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve bulanık analitik hiyerarşi süreci (BAHS) yöntemlerinin entegrasyonu ile belirlenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(4), 836–849. <https://doi.org/10.1007/s10067-023-11457>
- Bronja, H., & Bronja, H. (2014). A multi-criteria approach to selecting a landfill site with the aim of protecting the environment. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23(5).
- Chemwatch. (2024). RCRA (Resource Conservation and Recovery Act). <https://chemwatch.net/tr/resource-center/rcra-resource-conservation-and-recovery-act/>
- Ciritci, D., & Türk, T. (2019). Alternatif Katı Atık Depolama Alanlarının Analitik Hiyerarşi Süreci Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Otomatik Olarak Belirlenmesi: Sivas İli Örneği. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 6(1), 61-74.
- Çakır, E., & Can, M. (2019). Best-worst yöntemine dayalı ARAS yöntemi ile dış kaynak kullanım tercihinin belirlenmesi: Turizm sektöründe bir uygulama. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 23(3), 1273-1300.
- ÇBS. (1997). Çevre Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi ve Planlama Genel Müdürlüğü, 1997.
- ÇED. (2016). Sakarya Büyükşehir Belediyesi, Entegre Katı Atık Bertaraf Tesisi, Nihai ÇED Raporu.
- Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2023). Sıfır atık ile geri kazanım oranı %35'e ulaştı. <https://cygm.csbb.gov.tr/sifir-atik-ile-geri-kazanım-orani-35e-ulasi.-haber-286897>
- Erdoğan, B. B. (2019). Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi Yer Seçimi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun.
- Ferretti, V. (2011). A multicriteria spatial decision support system development for siting a landfill in the province of Torino (Italy). *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 18(5–6), 231–252. <https://doi.org/10.1002/mcda.451>
- Gaur, A., Prakash, H., Anand, K., Kumar, G., & Hussain, A. (2022). Evaluation of municipal solid waste management scenarios using multi-criteria decision making under fuzzy environment. *Process Integration and Optimization for Sustainability*, 6(2), 307–321. <https://doi.org/10.1007/s41660-021-00174-4>
- Gorin, S., & Radevski, I. (2014). Application of GIS and AHP for landfill site selection. In 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2014 (pp. 437–444).

- Güler, D. (2016). Analitik Hiyerarşi Yöntemi Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Alternatif Katı Atık Düzenli Depolama Alanı Yer Seçimi: İstanbul Örneği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Hanine, M., Boutkhoul, O., Maknissi, A.E., Tikniouine, A. & Agouti, T. (2016). Decision making under uncertainty using PEES–fuzzy AHP–fuzzy TOPSIS methodology for landfill location selection. *Environment Systems and Decisions*, 36, 351-367.
- Jalilian, S., Sobhanardakani, S., Cheraghi, M., Monavari, S. M., & Lorestani, B. (2022). Landfill site suitability analysis for solid waste disposal using SWARA and MULTIMOORA methods: A case study in Kermanshah, West of Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(12), 1175. <https://doi.org/10.1007/s12517-022-09929-9>
- Kabadayı, N., & Esen, T. E. Ç. (2021). Gri temelli TOPSIS yöntemi ile depo yeri seçimi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(1), 169–184. <https://doi.org/10.18506/anemon.825628>
- Kara, M., Ercan, Y., Yumuşak, R., Cürebal, A., & Eren, T. (2022). Yenilenebilir hibrit enerji santrali uygulamasında tesis yer seçimi. *International Journal of Engineering Research and Development*, 14(1), 208–227.
- 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, 1–16. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7773-z>
- Kuru, A., Tok, E., Aktaş, M. G., Demir, H. H., Özcan, H. K., & Demir, G. (2021). GIS and multicriteria decision analysis for landfill site selection in Edirne Province, Turkey. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(2), 969–981.
- Mahmood, K. W., Khzr, B.O., Othman, R.M., Rasul, A., Ali, S.A., & Ibrahim, G.R.F. (2021). Optimal site selection for landfill using the boolean-analytical hierarchy process. *Environmental Earth Sciences*, 80, 1-13.
- Marjanovic, J., Zivkovic, B., & Dokic J. (2022). Decision Making Tools In Regional Sanitary Landfill Location Selection. *International Scientific Conference. Mitrovica, Kosova. Recycling and Sustainable Development*, 15(1), 97-108.
- Mirakovski, D., Peltecki, D., Despodov, Z., Bosev, Z., & Panov, Z. (2013). Selection of an optimal landfill location using multi-criteria decision analysis methods. *International Journal of Civil Engineering and Building Materials*, 3(1), 27–36.
- Mozaffari, M., Bemani, A., Erfani, M., Yarami, N., & Siyahati, G. (2023). Integration of LCSA and GIS-based MCDM for sustainable landfill site selection: A case study. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(4), 510. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-10852-1>
- Rezaei J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53, 49-57.
- Saleh, S. K., Aliani, H., & Amoushahi, S. (2020). Application of modeling based on fuzzy logic with multi-criteria method in determining appropriate municipal landfill sites (Case study: Kerman City). *Arabian Journal of Geosciences*, 13, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05539-z>
- Senkio, C. S., Ramos, A. P. M., Simões, S. J. C., & Mendes, T. S. G. (2022). Multicriteria analysis and logistical grouping method for selecting areas to consortium landfills in Paraíba do Sul River Basin, Brazil. *Environmental Earth Sciences*, 81(8), 239. <https://doi.org/10.1007/s12665-022-10143-3>
- Sheoran K. S., ve Parmar V. (2020). Identification Of Alternative Landfill Site Using GIS In A Densely Populated Metropolitan Area. *Department of Computer Science and Engineering, Indira Gandhi University Meerpur, Rewari, India. Quaestiones Geographicae*, 39(3), 47-56.
- T.C. Ticaret Bakanlığı. (2019). Kanada, 2021’den itibaren çevreye zararlı tek kullanımlık plastikleri yasaklıyor. Erişim adresi: <https://ticaret.gov.tr/blog/ulkelerden-ticari-haberler/kanada/kanada-2021-den-ibaren-cevreye-zararli-tek-kullanimlik-plastikleri-yasakliyor>

- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2023). Atık istatistikleri, 2023. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Atik-Istatistikleri-2022-49570>
- Wang G. vd. (2009). Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China. *Journal of Environmental Management*, Vol: 90, Issue: 8, Pages 2414-2421.
- Yiğit S. (2014). Kümelenme Teorisi: Kavramsal Bir Çerçeve. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 9(2), 107-128.
- Veral, E. S., ve Yiğitbaşoğlu, H. (2018). Avrupa Birliği atık politikasında atık yönetiminden kaynak yönetimi yaklaşımına geçiş yönelimleri ve döngüsel ekonomi modeli. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 6(1), 1-19.
- Yıldıran L. (2011). İzmir İçin Atık Depolama Sahasının en uygun Yeri. Yüksek Lisans Tezi, İzmir Ekonomi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Lojistik Yönetimi Yüksek Lisans Programı, İzmir.
- Zarin, R., Azmat, M., Naqvi, S. R., Saddique, Q., ve Ullah, S. (2021). Landfill site selection by integrating fuzzy logic, AHP, and WLC method based on multi-criteria decision analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 19726-19741. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-12285-w>



© 2020 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)