

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**





KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORCID : - - -

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

ORCID : - - -

Trabzon

ÖNSÖZ

Bu çalışma ve gayret, öncelikle aziz ülkem Sudan Cumhuriyeti'ne adanmıştır. Ülkemin ilerlemesinin ve refahının devam etmesini diler, yüksek lisans bursunun ve eğitimin sağlanmasında büyük katkı veren Türkiye Cumhuriyeti kurumlarına içtenlikle teşekkür ederim. Aileme, bilgi ve emeği ile bana büyük fayda sağlayan şefime ve bu çalışmayı tamamlayana kadar beni iyi ağırlayan Türkiye'deki danışmanım Prof. Dr. Hakan ERSOY'a sonsuz teşekkür ederim. Ayrıca, kardeşlerim Kazem'e ve Amir'e, değerli arkadaşlarıma, başarımda emeği geçen herkese teşekkürü borç bilirim.

Ahmed Mahmoud ADAM
Trabzon, 2020

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Konumsal Analiz ve Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri Kullanarak Trabzon İli Katı Atık Düzenli Depolama Yeri Seçimi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Hakan ERSOY’un sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 23/10/2020

Ahmed Mahmoud ADAM İDRESS

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı.....	2
1.3. Katı Atık Nedir ve Nasıl Sınıflandırılır?.....	2
1.4. Sürdürülebilir Atık Yönetimi	4
1.5. Düzenli Depolama.....	6
1.6. Katı Atık Düzenli Depolama Alanlarının Tasarımı	9
1.6.1. Düzenli Depolama Yeri Seçimi	9
1.6.2. Düzenli Depolama Yöntemleri	10
1.6.3. Düzenli Depolamada Mühendislik Uygulamaları.....	12
1.7. Literatür Özeti	16
1.8. Trabzon İli Mevcut Katı Atık Yönetimi	24
1.8.1. Sürmene Kutlular Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi	24
1.8.2. Araklı Taşönü Katı Atık Gazlaştırma ve Düzenli Depolama Tesisi.....	24
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	27
2.1. Analitik Hiyerarşi Yöntemi.....	27
2.2. Konumsal Analiz Teknikleri	28
3. BULGULAR	30
3.1. Katı Atık Düzenli Depolama Yeri Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi	30
3.2. Düzenli Depolama Alanı Yeri Seçiminde CBS Kullanılması	33
3.2.1. Sınırlayıcı Faktörler	33
3.2.1.1. Şehir Merkezine Uzaklık	33
3.2.1.2. Havaalanına Uzaklık	34
3.2.1.3. Jeoloji.....	35

3.2.1.4.	Heyelan Bölgelerinden Uzaklık	36
3.2.2.	Arazi Eğimi	37
3.2.3.	Yerleşim Alanlarına Uzaklık	38
3.2.4.	Yüzey Suyu Kaynaklarına Uzaklık.....	39
3.2.5.	Arazi Kullanımı.....	41
3.2.6.	Karayollarına Olan Uzaklık	42
3.2.7.	Faylara Uzaklık	43
3.4.	Düzenli Depolama Alanı Seçimi İçin Hiyerarşinin Oluşturulması.....	44
3.5.	Uygun Düzenli Depolama Alanı Seçimi Haritasının Oluşturulması	46
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	49
5.	KAYNAKLAR	52

ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

KONUMSAL ANALİZ VE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ KULLANILARAK
TRABZON İLİ KATI ATIK DÜZENLİ DEPOLAMA YERİ SEÇİMİ

Ahmed Mahmoud ADAM

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Hakan ERSOY
2020, 57 Sayfa

Bu çalışma kapsamında coğrafi bilgi sistemlerinin konumsal analiz tekniklerinden ve çok kriterli karar verme analizlerinden biri olan analitik hiyerarşi yönteminden yararlanılarak Trabzon ili katı atıkları için uygun düzenli depolama alanları belirlenmiş, belirlenen alanlarda arazi gözlemlerine dayalı değerlendirmeler yapılmıştır.

Coğrafi bilgi sistemlerinin (CBS) konumsal analiz teknikleri kullanılırken, ilk olarak katı atık düzenli depolama yeri seçimi ile ilgili literatür değerlendirilmiş, uygun alan seçiminde etkili parametreler ortaya konulmuş, belirlenen parametreler içinde Trabzon ili için uygun olanlar tespit edilmiştir. Çalışma sahası, literatüre uygun olarak ekonomik açıdan maksimum taşıma mesafesinin 30 km'den fazla olmaması gerekliliği dikkate alınarak şehir merkezine 30 km'den yakın alanları kapsayacak şekilde sınırlandırılmıştır. Buna ek olarak, yerleşim merkezlerinin, karayollarının, havaalanının, yüzey ve doğal su kaynaklarının konumu, heyelan alanları, faylı bölgeler, litolojik özellikler ve arazi kullanımı verileri kullanılarak CBS tabanlı 1/25000 ölçekli haritalar hazırlanmıştır. Haritalar hazırlanırken katmanlara ait ağırlık yüzdeleri ve katman alt gruplarına ait puanlar AHP kullanılarak hazırlanan matrislerle belirlenmiştir. Oluşturulan katı atık düzenli depolama uygunluk haritası değerlendirildiğinde 10 farklı uygun alan belirlenmiştir.

Çalışmada düzenli depolama uygunluk haritası kullanılarak belirlenen alanlar için arazi gözlemleri gerçekleştirilmesi, CBS teknikleri uygulanırken değerlendirmeye alınamayan parametreler kullanılarak AHP yöntemi tekrar kullanılması, matris oluşturulurken yerel jeolojik faktörler, kütle hareketi ve taşkın riski, maliyet ve kamu tutumu gibi parametreler dikkate alınması önerilmektedir. Bu şekilde belirlenen uygun alanda ise detaylı jeoteknik yapılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Analitik HİYERARŞİ, CBS, Düzenli Depolama, Trabzon, Yer Seçimi.

Master Thesis

SUMMARY

LANDFILL SITE SELECTION IN TRABZON CITY USING SPATIAL AND MULTI
CRITERIA DECISION ANALYSIS BASED METHODOLOGY

Ahmed Mahmoud ADAM

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geological Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Hakan ERSOY
2020, 57 Pages

Within the scope of this study, suitable solid waste disposal sites were determined for Trabzon province by using spatial analysis techniques of geographical information systems and analytical hierarchy process (AHP), which is one of the multi-criteria decision making analysis, and evaluations were made in these suitable sites thanks to the field observations

While using the spatial analysis techniques of geographic information systems (GIS), firstly the literature related to the selection of solid waste landfill was evaluated, the effective parameters in the selection of the appropriate area were revealed, and the suitable parameters for the province of Trabzon were determined among the determined parameters. In accordance with the literature, the study area is limited to cover areas closer to 30 km from the city center, taking into account the requirement that the economic maximum transport distance should not be more than 30 km. While preparing the maps, the weight percent of the layers and the scores of the layer subgroups were determined using matrixes prepared using AHP. When the solid waste landfill compliance map was evaluated, 10 different suitable areas were determined in the study area.

In the study, it is recommended to perform field observations for areas determined using the landfill suitability map, reuse the AHP method by using parameters that cannot be evaluated while applying GIS techniques, taking into account parameters such as local geological factors, mass movement and flood risk, cost and public attitude while creating the matrix. Detailed geotechnical studies with in-situ tests should be performed in the appropriate area in the study.

Key Words: Analytical Hierarchy, GIS, Sanitary Landfilling, Trabzon, Site Selection.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Atıkların depolama alanlarındaki görünümü.....	3
Şekil 2. Farklı tip atıkların ayrılması/sınıflandırılması.....	4
Şekil 3. Sürdürülebilir atık yönetimi hiyerarşisi (UNEP, 2013).	5
Şekil 4. Dünya üzerinde farklı bertaraf yöntemleriyle uzaklaştırılan yıllık atık miktarları	6
Şekil 5. Gelir seviyesi farklı ülkeler için atık bertaraf yöntemi yüzdeleri.....	7
Şekil 6. Yıllara göre dünya üzerinde üretilen katı atıkların bertarafı için kullanılan yöntemler.....	7
Şekil 7. Gelir düzeyi farklı ülkeler için atık bileşimindeki değişim.....	8
Şekil 8. Bazı Avrupa ülkelerinde uygulanan bertaraf yöntemleri ile ülkemizde uygulanan yöntemlerin karşılaştırılması	9
Şekil 9. Kentsel atıklar için farklı düzenli depolama yöntemleri: (a) hendek yöntemi, (b) alan yöntemi, (c) rampa yöntemi ve (d) kanyon yöntemi	11
Şekil 10. Jeoteknik bariyerler gereksinimleri	14
Şekil 11. Düzenli depolama alanı tabanında bulunan jeolojik bariyerin genel özellikleri.....	15
Şekil 12. Düzenli depolama yeri seçiminde üzerleme/çakıştırma yönteminin kullanılması	29
Şekil 13. Farklı katı atık düzenli depolama yer seçim kriterlerinin literatürde kullanılma yüzdeleri	30
Şekil 14. Trabzon il merkezine uygulanan ve analizlerin gerçekleştirildiği 30 km çapındaki tampon bölge	34
Şekil 15. Trabzon için havaalanına uzaklık haritası	35
Şekil 16. Trabzon için jeolojik özelliklere dayalı sınırlama haritası	36
Şekil 17. Trabzon için heyelan bölgelerinden uzaklık haritası.....	37
Şekil 18. Çalışma alanına ait eğim haritası	38
Şekil 19. Trabzon için Yerleşim alanlarına uzaklık haritası.....	39
Şekil 20. Trabzon için Yüzey suyuna ve doğal kaynaklara uzaklık sınıflandırma haritası.....	40
Şekil 21. Trabzon için göllerden uzaklık sınıflandırma haritası.....	41
Şekil 22. Trabzon için Arazi kullanım haritası.....	42
Şekil 23. Trabzon için Karayollarına uzaklık Karayollarına olan uzaklık sınıflandırma haritası.....	43
Şekil 24. Trabzon için faylara uzaklık haritası	44

Şekil 25.	CBS ve AHP'nin yer seçimi çalışmaları için uygulanması.....	46
Şekil 26.	Trabzon katı atık düzenli depolama sahası uygunluk haritası.....	47
Şekil 27.	Trabzon katı atık düzenli depolama sahası uygunluk haritasına göre düzenli depolama için çalışılması önerilen alanlar	48



TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Katı atık türüne göre sınıflanan düzenli depolama tipleri	11
Tablo 2. Farklı tip depolama alanlarında kirlilik kontrolü yönetimi	12
Tablo 3. Düzenli depolama alanının tasarlanması için gerekli olan çalışmalar	13
Tablo 4. AHP tercihleri için ikili karşılaştırma ölçeği.....	27
Tablo 5. Düzenli depolama yeri seçimine etkiyen kriterler.....	32
Tablo 6. Karşılaştırma matrisi ve önem ağırlığı	45
Tablo 7. Sınırlama faktörlerinin çıkarılması durumunda oluşturulan katmanlara ait ağırlık yüzdeleri.....	45

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Basit olarak, canlı ve cansız varlıkların tümünü üzerinde bulunduran dünya ve onu çevreleyen atmosfer şeklinde tarif edilebilen çevre, canlı ve cansız tüm varlıkların faaliyetlerinden direk olarak etkilenmektedir. Bu nedenle, doğadaki mevcut dengenin bozulması da kaçınılmazdır. Bu bozulmanın bir kısmı doğal olayların etkisi ile meydana gelse de insan faaliyetlerinin çok daha fazla bozucu etkiye sahip olduğu bilinen bir gerçektir. Çevre kirliliğinin tamamen engellenmesi mümkün olamayacağından, izlenecek en doğru yol, çevre kirlenmesinin ve doğal dengedeki bozulmaların kabul edilebilir sınırlar içinde kalmasını sağlayacak ve çevre kirliliğini minimuma indireyecek uygun kalkınma ve çevre programlarının geliştirilmesi olacaktır.

Çevre kirliliği; su, hava, toprak, görüntü ve gürültü kirliliği şeklinde beş ana gruba ayrılabilir. Özellikle son yıllarda, başta çevre mevzuatı olmak üzere, yürürlükteki mevzuatlara aykırı olarak depolanan katı atıklar, önemli çevre problemlerinden birini oluşturmaktadır. Uzun yıllar devam etmekte olan ve hiçbir ön çalışma yapılmadan gelişmiş bir şekilde deniz sahiline, derelere ve boş arazilere depolanan katı atıklar, insan ve çevre sağlığını tehdit eder boyuta ulaşmıştır. Bu yüzden atıkların toplanması, taşınması, geri kazanımı ve bertaraf edilmesi çevre sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır.

Katı atıklardan kaynaklanan çevre kirliliği, günümüzde dünyanın çoğu ülkesi için en önemli çevre problemlerinden biri olarak görülmektedir. Geçmişte nüfusun, insan gereksinimlerin ve endüstriyel faaliyetlerin daha az olması ve buna karşı doğal kaynakların daha bol olması nedeniyle daha az oranda atık üretilmekte, üretilen atıklar ise kısmen doğa tarafından tolere edilmekteydi. Ancak, nüfus artışı ve buna paralel olarak artan endüstriyel ve teknolojik gelişmeler, giderek artan çevre problemini de beraberinde getirmektedir.

Günümüzde katı atıkların doğaya zarar vermeyecek veya minimum ölçüde çevre kirliliğine neden olacak şekilde bertarafı için birçok teknolojik yöntem geliştirilmiştir. Yakma, piroliz, gazlaştırma, kompostlaştırma, geri dönüşüm ve yeniden kullanım gibi yöntemlerinin tercih edildiği gelişmiş ülkelerde bile seçilen bertaraf yöntemi ne olursa olsun, düzenli depolama işlemi tek nihai bertaraf yöntemidir. Bu nedenle atıkların doğayı kirlilemeyecek şekilde tasfiyesi ve depolanması için bilimsel yöntemlere dayalı yer seçim

çalışmalarının yürütülmesi ve belirlenen uygun depolanma alanlarında yerel koşulların net olarak ortaya koyulması amacıyla detaylı jeolojik ve jeoteknik çalışmaların yapılması gerekmektedir.

1.2. Çalışmanın Amacı

Doğu Karadeniz Bölümü kıyı illerinde son 10 yıla kadar, üretilen katı atıklar sahillere ve vadilere vahşi olarak depolanmakta, bu uygulama artan çevre kirliliğini beraberinde getirmekteydi. Son yıllarda gelişen teknolojiye bağlı olarak katı atık yönetim stratejilerinde zorunlu olarak değişim başlamış, hemen hemen her ilde düzenli depolama alanları inşa edilmiştir. Trabzon ilinde ise Sürmene ilçesi Kutlular mevkiinde on yılı aşkın süredir hizmet veren düzenli depolama alanı 2020 sonu itibariyle işlevini tamamlayacaktır.

2019 yılı itibariyle fizibilite çalışmaları tamamlanan ve 2020 Kasım ayında inşaatı tamamlanacak olan Araklı Taşönü Gazlaştırma ve Düzenli Depolama Tesisi'nin faaliyete geçmesiyle Trabzon ve Rize illeri katı atıklarının çevreye zarar vermeden bertarafı sürdürülecektir. Ancak her ne kadar Taşönünde inşası devam eden düzenli depolama alanının ömrünün 20 yıla yakın olacağı tahmin edilse de artan nüfus ve sanayileşme nedeniyle bu depolama alanının ömrünün 15 seneyi geçmeyeceği ön görülmektedir.

Trabzon ili, dağınık yerleşim, orman örtüsünün fazlalığı, eğimli arazilerin varlığı, heyelan ve taşkın potansiyelinin yüksek olması ve özellikle kamu muhalefeti nedeniyle katı atık depolama yeri seçiminin güçleştiği bir bölgedir. Bu nedenle bu çalışma kapsamında mevcut düzenli depolama alanı işlevini tamamlamadan Trabzon ili katı atıkları için uygun düzenli depolama alanları belirlenmiştir. Çalışmada coğrafi bilgi sistemlerinden ve analitik hiyerarşi yönteminden yararlanılmış 1/25000 ölçekli düzenli depolama alanı uygunluk haritası üretilmiştir.

1.3. Katı Atık Nedir ve Nasıl Sınıflandırılır?

EPA (US Environmental Protection Agency) canlı faaliyetleri sonucu geriye bırakılan her şeyi atık (waste) olarak nitelendirmekte (Şekil 1), materyalin fiziksel özelliklerine bakılmaksızın, kirlilik kontrol ve arıtma tesislerinden açığa çıkan arıtma çamuru ve atıklar ile diğer yaşamsal faaliyetlerden, tarım ve madencilik uygulamalarından,

ticari ve endüstriyel faaliyetlerden geriye kalan sıvı, yarı sıvı ve katı malzemelerin tümünü katı atık (solid waste) olarak tanımlamaktadır (EPA, 2015)

Ülkemizde ise atık ve katı atık tanımları Atık Yönetimi Yönetmeliği (2015) ve Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde (1991) verilmiş, atık; üreticisi veya fiilen elinde bulunduran gerçek veya tüzel kişi tarafından çevreye atılan veya bırakılan ya da atılması zorunlu olan herhangi bir madde veya materyal, katı atık; üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeler ve arıtma çamuru olarak ifade edilmiştir.



Şekil 1. Atıkların depolama alanlarındaki görünümü (sol fotoğraf: vahşi depolama sahası ve çelik tekerlekli kompaktör, sağ fotoğraf: düzenli depolama alanında taban membranı ve örtü malzemesi)

Geri dönüşüm, yeniden kullanım, bertaraf ve depolanma süreçlerinde atıkların tiplerine göre farklı tekniklerin uygulanması bu atıkların belli özelliklerine göre sınıflandırılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle katı atıklar, genel olarak kökenlerine (evsel, endüstriyel, hastane, ticari, inşaat vb.), içeriklerine (organik, cam, metal, plastik, kâğıt vb.) ve tehlike potansiyellerine göre (toksik, yanabilir, radyoaktif vb.) sınıflandırılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Farklı tip atıkların ayrılması/sınıflandırılması (sol fotoğraf: nihai depolama alanında sınıflama, sağ fotoğraf: metallerin kaynağında sınıflandırılması)

Yukarıda yapılan sınıflamalarda genel olarak atıklar taşıdıkları riskler dikkate alınmadan sınıflandırılmıştır. Bu nedenle EPA'ya göre atıklar sağlık ve çevre açısından taşıdıkları riskler göz önünde bulundurularak aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır (EPA, 2014);

- (1) özel atıklar (hastane atıkları, atık lastik vb.),
- (2) sıvı atıklar (atık su, yağ vb.),
- (3) tehlikeli atıklar (boya, batarya, radyoaktif atıklar vb),
- (4) organik katı atıklar (mutfak atıkları, ahşap vb.) ve
- (5) organik olmayan katı atıklar (cam, metal, kağıt vb.)

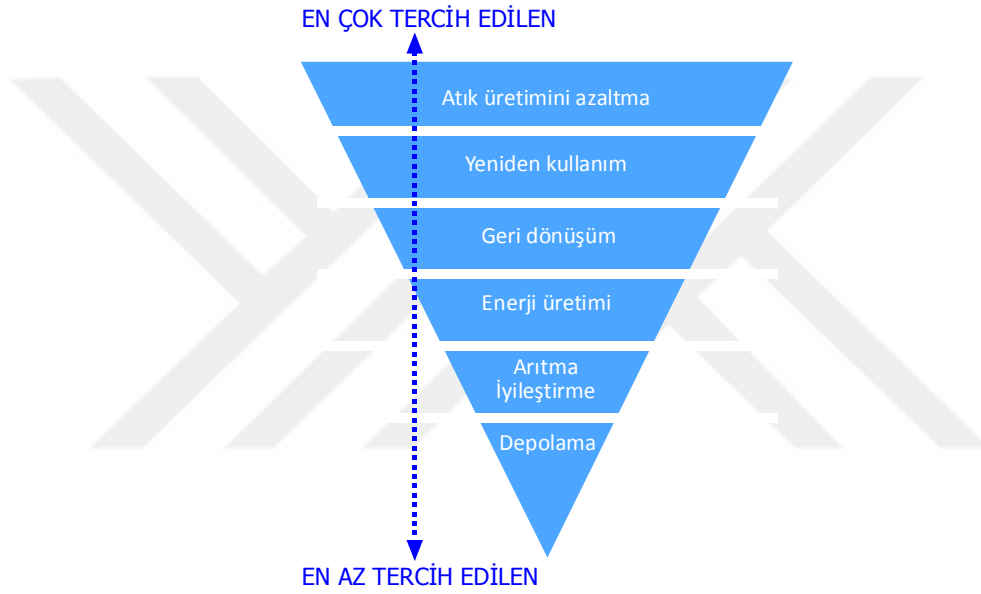
İnsan faaliyetlerin hemen hemen tümü katı atık üretir. Bu tür atıkların değişken ve heterojen bir yapıya sahip olması nedeniyle, bertaraf yönteminin seçiminde ve uygulanabilirliğinde güçlüklerle karşılaşmaktadır.

1.4. Sürdürülebilir Atık Yönetimi

Atık yönetimi (waste management); atığın oluşumunun önlenmesi, kaynağında azaltılması, yeniden kullanılması, özelliğine ve türüne göre ayrılması, biriktirilmesi, toplanması, geçici depolanması, taşınması, ara depolanması, geri dönüşümü, enerji geri kazanımı dâhil geri kazanılması, bertarafı, bertaraf işlemleri sonrası izlenmesi, kontrolü ve denetimi faaliyetlerini kapsayan bir uygulamadır (Atık Yönetimi Yönetmeliği, 2015). Sürdürülebilir atık yönetimi kavramı ise yukarıdaki tanıma ilave olarak, kaynakların korunması, tüketimde atık üretimini azaltan ürünlerin seçimi, tamir ve restorasyon gibi

daha geniş bir yelpazeyi içermektedir ve burada amaç doğanın çeşitlilik ve üretkenliğinin devamlılığının sağlanmasıdır.

Bu tanımlar dikkatlice incelendiğinde, atık yönetiminin bertaraf yöntemlerini de içerisinde barındıran çok geniş bir yelpaze olduğu anlaşılmaktadır. Atık yönetimde uluslararası literatürün kabul ettiği en çok tercih edilmesi istenen yöntem ve en az tercih edilmesi gereken yöntem arasında bir hiyerarşi üçgeni mevcuttur (Şekil 3). Tercih edilen bertaraf yöntemlerinin üçgenin tepesine yaklaşması atık yönetiminin sürdürülebilir ve doğa ile uyumlu olduğunu göstermektedir.



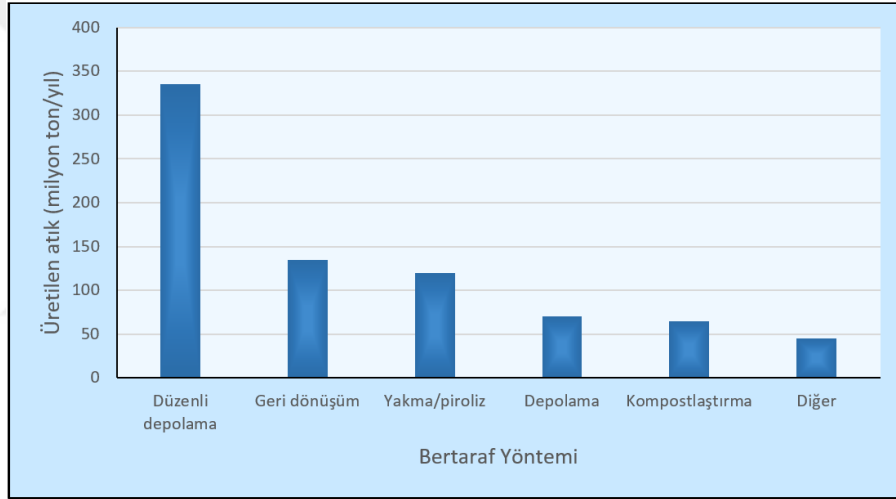
Şekil 3. Sürdürülebilir atık yönetimi hiyerarşisi (UNEP, 2013).

Günümüzde, hiçbir katı atık değerlendirme yöntemi atıkların ve atıklardan kaynaklanan çevre kirliliğinin tamamıyla yok edilmesine olanak kılamayacağından, katı atık bertaraf yöntemlerinin en önemli amacı katı atık miktarının azaltılması ve çevre kirliliğinin minimuma indirilmesi olmalıdır. Fakat seçilen bertaraf yöntemi ne olursa olsun, atıkların ekonomik değerinin olduğu ve bunlardan yararlanılması gerektiği, yöntemin amacını oluşturmalıdır. Bunun yanı sıra, hangi yöntem seçilirse seçilsin, yöntemin uygulanma aşamasında, katı atıkların toplanması ve yok edilmesindeki hizmet yetersizliğinin ortadan kaldırmak, çevre sağlığına zarar vermemek, ekonomik malzemeleri geri kazanmak ve uzun süreli yok etmeyi amaçlamak gerekmektedir.

1.5. Düzenli Depolama

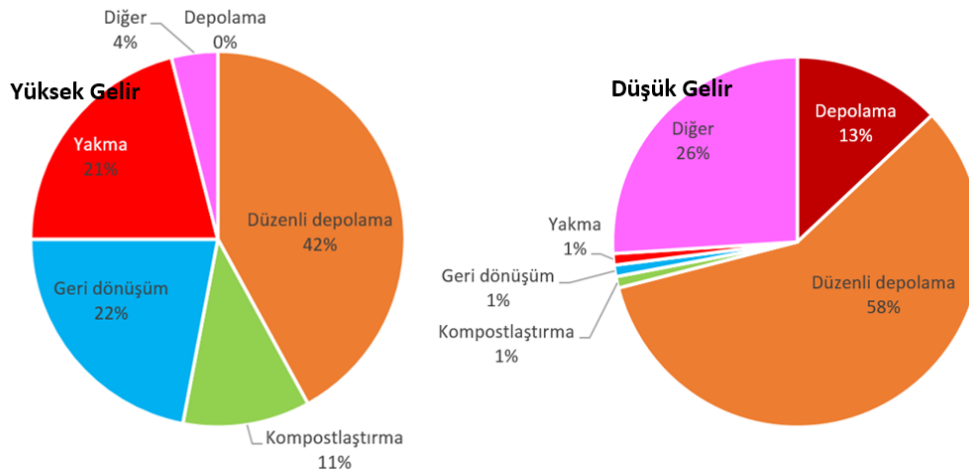
Tüm dünyada yaygın olarak uygulanan bir katı atık bertaraf yöntemi olan düzenli depolama işlemi tek nihai çöp uzaklaştırma yöntemidir. Yakma ve kompostlaştırma yöntemlerinde, geriye kalan kalıntıların depolanması gerekmektedir. Bu nedenle atıkların bertarafı için hangi yöntem uygulanırsa uygulansın düzenli depolama yöntemi kaçınılmazdır.

Her ne kadar atık yönetimi hiyerarşi üçgeninde düzenli depolama en az tercih edilmesi gereken yöntem olarak görülse de, dünya ölçeğinde hala en çok tercih edilen atık bertaraf yöntemidir (Şekil 4).



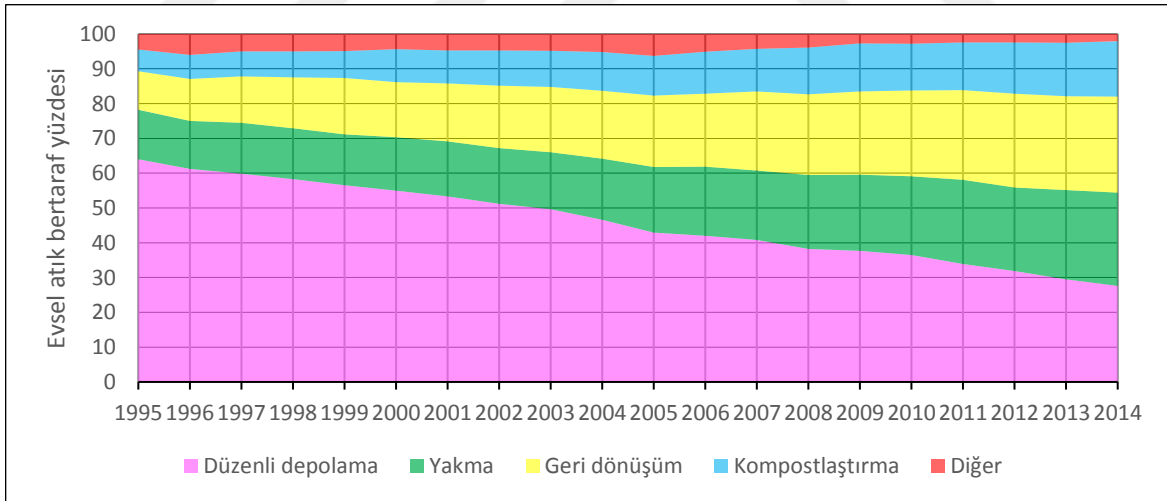
Şekil 4. Dünya üzerinde farklı bertaraf yöntemleriyle uzaklaştırılan yıllık atık miktarları (World Bank, 2012).

Üretilen atıkların yaklaşık % 45'i düzenli depolama ile bertaraf edilirken, bu atıkların ancak %'17 kadarı geri dönüşüm yoluyla değerlendirilmektedir. Günümüzde üretilen atıkların hala yaklaşık % 9'u ise bir işleme tabi tutulmaksızın kontrolsüz olarak depolanmaktadır. Gelir seviyesi yüksek ülkelerde kontrolsüz depolama % 1'den azken, az gelişmiş ülkelerde bu rakam % 20'lere ulaşmaktadır (Şekil 5).



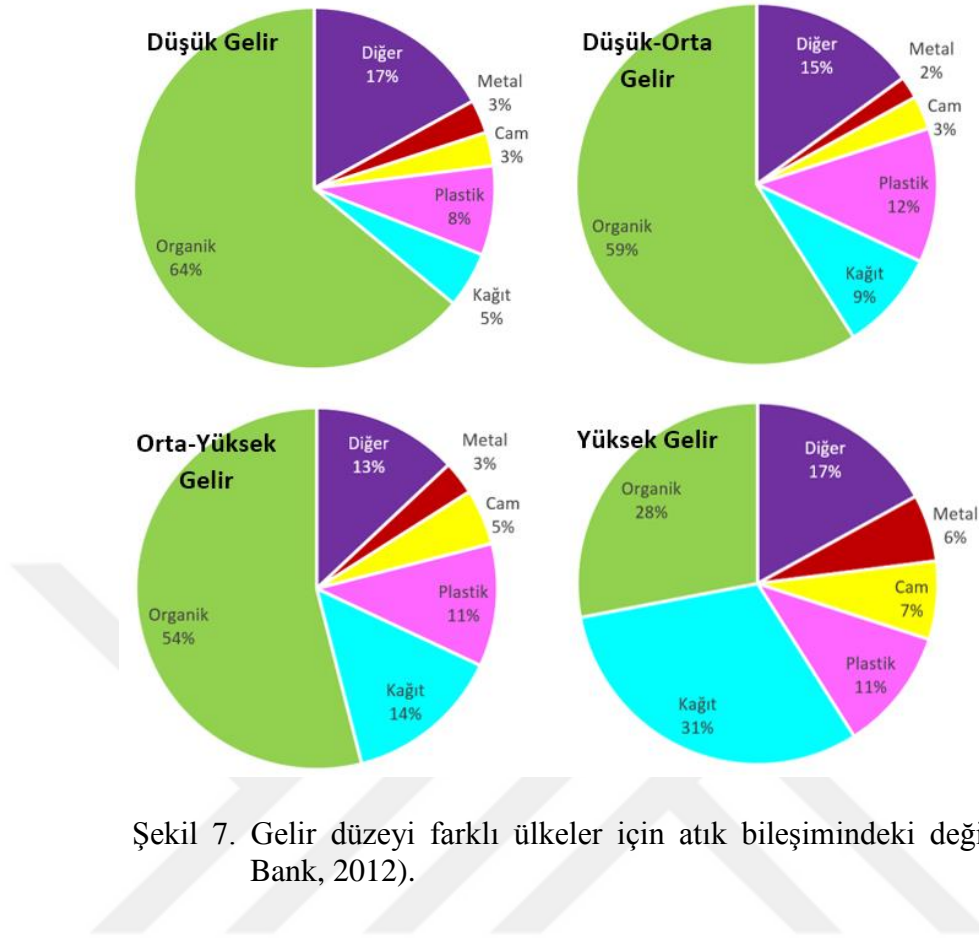
Şekil 5. Gelir seviyesi farklı ülkeler için atık bertaraf yöntemi yüzdeleri (World Bank, 2012).

Bununla birlikte sürdürülebilir atık yönetim kavramının gün geçtikçe daha da önem kazanması gelişmiş toplumlarda yakma, geri dönüşüm ve kompostlaştırmaya doğru yönlendirmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Yıllara göre dünya üzerinde üretilen katı atıkların bertarafı için kullanılan yöntemler (Eurostat Statistics Explained, 2016).

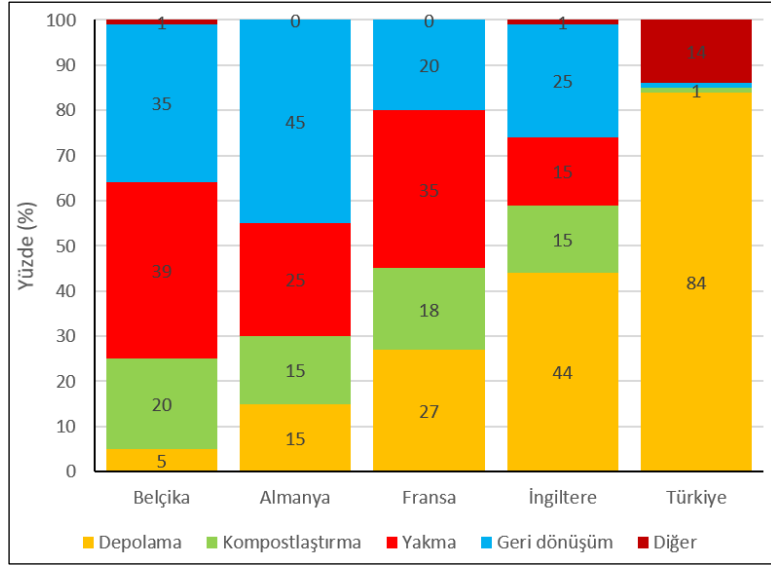
Atık bileşiminin gelişmişlik oranı ile doğrudan ilişkili olduğu bilinmektedir. Ancak genel olarak metal, cam ve plastik gibi atıklar her ülkede yaklaşık aynı oranda üretilmektedir. Gelir seviyesine göre değişen sadece organik madde ve kâğıt arasındaki dengedir (Şekil 7).



Şekil 7. Gelir düzeyi farklı ülkeler için atık bileşimindeki değişim (World Bank, 2012).

Yüksek gelirli ülkelerde kâğıt miktarı % 30'ları aşarken, organik madde miktarı % 25'ler civarındadır. Az gelişmiş ülkelerde ise kâğıt miktarı % 5'te kalırken, organik madde miktarı % 65'lere ulaşmaktadır. Gelişmiş ülkelerde kağıt tüketiminin fazla olması ise eğitim seviyesinin yüksek olmasına bağlanmaktadır.

Türkiye'de atık yönetimi kavramı tam olarak olgunlaşmamıştır. Yılda yaklaşık 26 milyon ton atık toplanmakta, bu atıkların % 84'ü depolanmaktadır. Depolanan atıkların yaklaşık % 30'u ise kontrolsüz depolanmaktadır (Şekil 8). Diğer Avrupa ülkeleriyle karşılaştırıldığında ülkemizde yakma, kompostlaştırma ve geri dönüşüm faaliyetlerinin son derece kısıtlı olduğu görülmektedir. Bunun en büyük sebebi ise kaynağında ayrıştırma yapılmaması şeklinde yorumlanmaktadır.



Şekil 8. Bazı Avrupa Türkiye’de uygulanan bertaraf yöntemleri ile ülkemizde uygulanan yöntemlerin karşılaştırılması (Öztürk, 2014).

1.6. Katı Atık Düzenli Depolama Alanlarının Tasarımı

İnsan faaliyetleri sonucunda açığa çıkan atıkların insan sağlığına ve çevreye zarar vermeyecek şekilde depolanması birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de yasal zorunluluktur. Atıkların depolanması birkaç yolla yapılmakla beraber, düzenli depolama (landfill) çevre ve insan sağlığının korunmasına yönelik mühendislik prensipleri doğrultusunda uygulanan nihai bertaraf yöntemidir. EPA (1998)’e göre düzenli depolamanın optimum şekilde uygulanabilmesi için günlük 35 m^3 veya daha fazla, toplamda ise en az 230 bin m^3 atığın depolanabilme şartı gerekmektedir.

1.6.1. Düzenli Depolama Yeri Seçimi

Katı atık yönetiminde gerek kamu gerekse özel kuruluşlarının karşılaştığı güçlüklerin en önemlisi, depolama yapılacak uygun alanın seçimidir. Düzenli depolama yeri seçimine etki eden kriterlerin ve önem derecelerinin belirlenmesi katı atık yönetiminin vazgeçilmez bir unsurudur. Bu kriterler başlıca aşağıdaki gibi sıralanabilir (Tchobanoglous ve Kreith, 2002):

- Taşıma mesafesi
- Yasal sınırlamalar ve yersel çevresel faktörler
- Mevcut arazi potansiyeli ve arazi kullanımı
- Ulaşım
- Nüfus yoğunluğu
- Topografya ve zemin yapısı
- İklimsel koşullar
- Yüzeysel su hidrolojisi
- Jeolojik ve hidrojeolojik faktörler

Bu kriterlerin tamamı veya bir kısmı dikkate alınarak birçok yer seçim yöntemi geliştirilmiştir. Günümüzde en çok uygulanan yöntemler puanlama yöntemleridir. Birkaç alternatif alan, çeşitli kriterlere göre puanlanarak en uygun depolama alanı belirlenir. Puanlama kriterleri, önem sırasına göre kendi içinde bağımsız olarak düşünülür ve en yüksek puana sahip olan alan, düzenli depolama alanı olarak seçilir. Bu yöntemlerin belirsizliği verilen puanların göreceli olarak belirlenmesinden ve kriterlerin kendi içinde bağımsız olarak düşünülmesinden kaynaklanmaktadır. Bu yöntemlerdeki belirsizlikleri ortadan kaldıran yeni geliştirilmiş yöntemlerde ise, kriterlerin birbirleriyle olan ilişkileri dikkate alınarak puanlama yapılır. Her alt grup, üst grup puanına göre değerlendirilir. Bunlar, matris (Leopold vd., 1971) fuzzy (Zadeh ve Tanaka, 1975) ve analitik hiyerarşi (Saaty, 1980) yaklaşımlarıdır. Kartografik yöntem, düzenli depolama yeri seçimine etki eden kriterlerin harita ortamında yorumlanması esasına dayanır. Yer seçiminde CBS uygulamaları zamanın optimum şekilde kullanılmasını ve gelecekteki depolama alanlarının belirlenmesine yönelik çalışmaların hazırlanmasını kolaylaştırır.

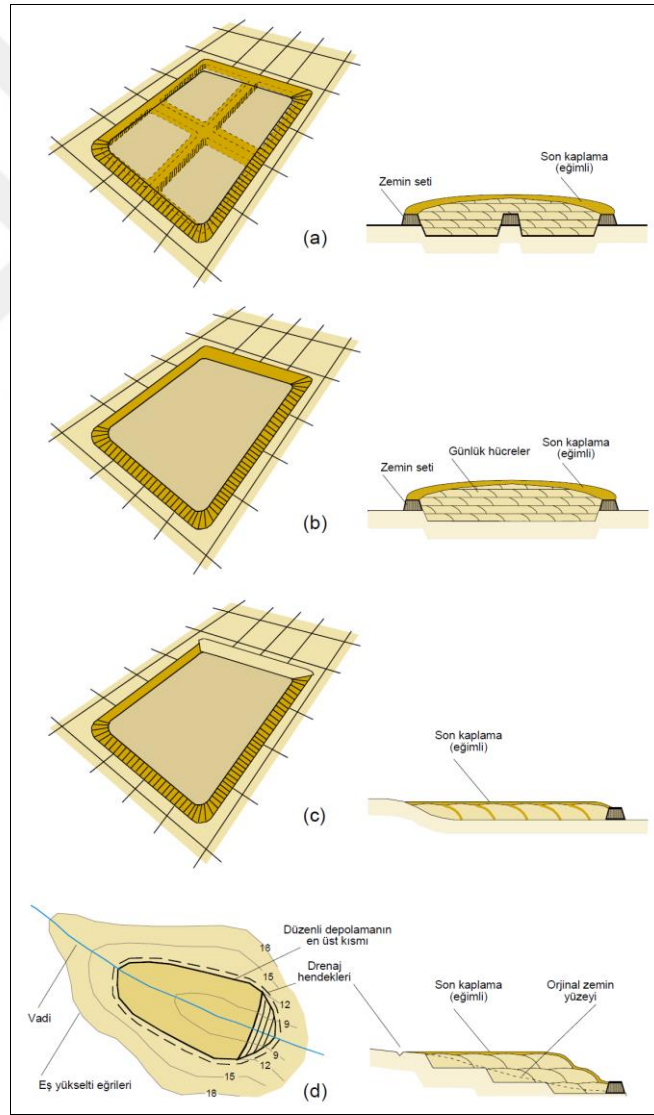
1.6.2. Düzenli Depolama Yöntemleri

1980'li yıllara kadar, farklı katı atık türlerine göre birçok düzenli depolama tekniği geliştirilmesine karşın, 1984 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nin Kaliforniya Eyaleti'nde ortaya atılan ve Kaliforniya sınıflama sistemi olarak adlandırılan düzenli depolama sınıflama sistemi, belki de dünyada en yaygın olarak kullanılan sınıflama sistemidir (Tchobanoglous ve Kreith, 2002). Bu sisteme göre katı atık tipleri düşünüldüğünde, üç farklı tür düzenli depolama şekli söz konusudur (Tablo 1).

Tablo 1’de üçüncü sınıf atık grubuna giren kentsel (evsel) katı atıkların düzenli depolanması için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bunlar hendek (çukur), rampa, alan ve kanyon (vadi) yöntemleridir (Şekil 9) (Tchobanoglous ve Kreith, 2002).

Tablo 1. Katı atık türüne göre sınıflanan düzenli depolama tipleri

Depolama Sınıfı	Atık Tipi
I	Tehlikeli ve radyoaktif atıklar
II	Tanımlanmış atıklar
III	Kentsel (evsel) katı atıklar



Şekil 9. Kentsel atıklar için farklı düzenli depolama yöntemleri: (a) hendek yöntemi, (b) alan yöntemi, (c) rampa yöntemi ve (d) kanyon yöntemi, (Ersoy 2007).

1.6.3. Düzenli Depolamada Mühendislik Uygulamaları

Şehirleşme ve endüstrileşmeye bağlı olarak, özellikle düzenli depolama için yeterli büyüklükte alan bulma imkânı gün geçtikçe ciddi bir problem haline gelmektedir (Ersoy ve Bulut, 2009). Hatta yeterli büyüklükte, yerleşim alanlarına uzak ve taşıma mesafesi düşünüldüğünde de ekonomik nitelikte alanlarda, uygun jeolojik bariyer (geological barrier) niteliğinde düşük geçirimli kaya ve/veya zemin ortamı mevcut olmaması düzenli depolama uygulamalarında en büyük problem olarak görülmektedir.

Düzenli depolamanın asıl amacı depolanan atıklardan kaynaklanacak sızıntı sularının alıcı ortamlara ulaşip çevre kirliliğine yol açmasını engellemektir. Tablo 2’de farklı tip depolama alanları görülmektedir. Buradan da görüldüğü sürdürülebilir bir atık yönetimi sadece düzenli depolama alanlarının tasarımı ile sağlanabilmektedir.

Tablo 2. Farklı tip depolama alanlarında kirlilik kontrolü yönetimi (World Bank, 2012).

	Mühendislik Uygulamaları	Sızıntı Suyu Yönetimi	Atık Gaz Yönetimi
Yarı-kontrollü depolama (<i>Semi-controlled dump</i>)	* Atıkların belli prensiplerde mühendislik prensiplerine bağlı kalınmaksızın depolanması	Sızıntı suyu kontrolü yok	Yok
Kontrollü depolama (<i>Engineering landfill</i>)	* Atıkların sıkıştırılarak ve belli mühendislik prensiplerine göre depolanması. * Alıcı ortamlarda izleme yapılması	Sızıntı suyu arıtması ve azaltılması uygulamaları	Pasif kontrol
Düzenli depolama (<i>Sanitary landfill</i>)	* Atıkların sıkıştırılarak ve belli mühendislik prensiplerine bağlı depolanması ve günlük olarak örtülmesi * Depolama alanı ve çevresinin faaliyet zamanı ve sonrasında izlenmesi	Sızıntı suyu arıtması ve azaltılması uygulamaları (biyolojik ve fiziko-kimyasal)	Aktif kontrol ve gerekirse enerji üretimi

Düzenli depolama alanları tasarlanırken atık, atığın depolanacağı alanda bulunan jeolojik birimler ve geçirimsizlik sağlayan yapay ve/veya doğal örtü malzemesi koruyucu bir bariyer görevi görür.

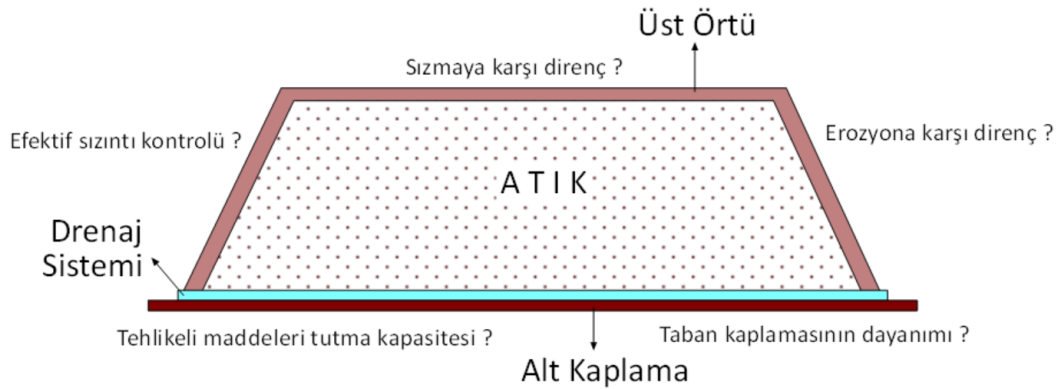
Bu nedenle; (1) atığın kendisi, (2) atığın üzerinde depolandığı jeolojik ortamın (jeolojik bariyer) ve (3) atık ile jeolojik ortam arasında geçirimsizliği sağlayan yapay (sentetik) veya kil malzemesinin (jeoteknik bariyer) mühendislik özellikleri bir bütün olarak düşünülüp ele alınmalı ve detaylı olarak ortaya koyulmalıdır (Langer, 1995). Bariyer sistemlerinin iyi şekilde çalışması ve kirliliğe en düşük seviyede tutması için yapılması gereken çalışmalar Tablo 3'te özetlenmiştir.

Atık bariyeri, atığın kendisinden oluşur ve özellikle bertaraf yönteminin seçiminde en önemli parametre atık kompozisyonu ve miktarıdır. Düzenli depolama sahasına gelen atığın üreteceği sızıntı suyu ve gazın miktarı da doğrudan atık bileşiminden etkilenir ve bu durum arıtma tesislerinin tasarımında büyük önem taşır. Atığın kendisi kirlilik kontrolü için en önemli bariyerdir. Bu nedenle özellikle kaynağında atık ayrımının yapılması atık bariyerinin kirlilik kontrol görevini yapması için büyük önem taşır.

Tablo 3. Düzenli depolama alanının tasarlanması için gerekli olan çalışmalar (Ersoy ve Bulut, 2013).

Atığın Kendisi	Atık Yönetim Gereksinimleri
	<ul style="list-style-type: none"> • Atık miktarı ve bileşiminin belirlenmeli, • Alternatif bertaraf ve atık üretimini azaltma yöntemlerinin değerlendirilmesi • Arıtma teknolojilerinin araştırılması • Su, zemin ve hava kirliliğinin takip edilmesi
Jeoteknik Bariyer	Kaplama ve drenaj sistemi (jeoteknik bariyer) yönetimi gereksinimleri
	<ul style="list-style-type: none"> • Örtü/kaplama sisteminin planlanması • Depolama alanında oluşan sızıntı suyu miktarının tahmini • Sızıntı suyu arıtma tesisi planı • Gaz toplama sistemlerinin planlanması
Jeolojik Bariyer	Jeolojik ortam gereksinimleri
	<ul style="list-style-type: none"> • Litoloji • Farklı derinlikler için geçirimsizlik tespiti • Kalınlık ve homojenlik • Yeraltı suyu konumu ve hareketi • Şişme potansiyeli • Zemin/Kaya taşıma gücü, oturma miktarı • Şev stabilitesi • Kazılabilirlik • Süreksizlik analizi

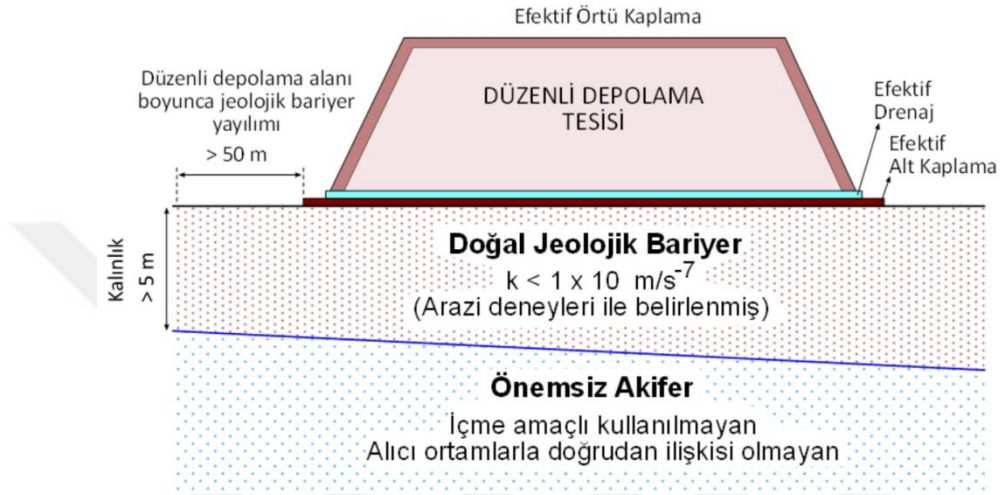
Günümüzde atıkların depolandığı jeolojik ortam ile atık arasında serilen jeosentetik malzemeler (jeoteknik bariyer) neredeyse geçirimsiz olarak dizayn edilmektedir. Geçmişte bu tür sentetik malzemelerle ilgili birçok problem yaşansa da, mineral ve plastik bazlı malzemeler güncel düzenli depolama sahalarında başarıyla kullanılmaktadır. Jeoteknik bariyerler çoğunlukla sızıntı suyunun alıcı ortamlara doğru düşey hareketini engellemek ve atık ile toprak, yüzey ve yeraltı suyu arasında bir geçirimsiz seviye oluşturmak amaçlı inşa edilen yüksek yoğunlukta polietilen (plastığe benzer) malzemelerdir. Bununla birlikte farklı sahalardan temin edilen ve mühendislik özellikleri belirlenmiş killerde bu amaçla kullanılmaktadır. Bu tür yapay ve/veya yarı doğal malzemelerin kullanılmasındaki bir diğer neden ise geçirimsizliği sağlayacak jeolojik ortamın bulunmasındaki güçluktur. Her ne kadar jeoteknik bariyerler çevre kirliliğinin önlenmesine yönelik en uygun malzemeler olarak görülse de Şekil 10'da görülen birtakım gereksinimleri karşılaması gerekmektedir.



Şekil 10. Jeoteknik bariyerler gereksinimleri

Jeoteknik bariyerlerin dizaynı çok detaylı hidrojeolojik ve jeoteknik araştırmalar sonucunda tasarlanır. Ancak düzenli depolama alanının ömrü düşünüldüğünde, jeoteknik bariyerlerin uzun-dönem yüksek performansla çalışması gerekmektedir (Dörhöfer and Siebert, 1997). Düzenli depolama alanlarında özellikle jeoteknik bariyerlerde uzun dönemler sonucunda karşılaşılan problemler, jeoteknik bariyerlerin de kirliliği tam olarak engelleyemediğini göstermektedir. Bu durumda jeolojik bariyer kavramı ortaya çıkmıştır. Uygun jeolojik bariyerlerin seçilmesi durumunda katı atık depolama alanlarından kaynaklanacak kirliliğin en düşük seviyede kaldığı birçok düzenli depolama alanında yapılan izleme çalışmalarında teyit edilmiştir.

Diğer bariyerlerde olduğu gibi jeolojik bariyerlerin uygun niteliklerde olabilmesi için bazı standartları sağlaması gerekmektedir. Bunlar; (1) düşük geçirgenlik, (2) düşük efektif porozite, (3) yeterli kalınlık, (4) tehlikeli maddelere karşı yüksek tutma kapasitesi şeklinde sıralanabilir (Şekil 11). Bu özelliklerden biri bile sağlanamaz ise düzenli depolama alanı kontrolü sadece atık ve jeoteknik bariyere bağımlı kalacaktır.



Şekil 11. Düzenli depolama alanı tabanında bulunan jeolojik bariyerin genel özellikleri

Bu nedenle düzenli depolama alanları üzerine çalışan hidrojeoloji uzmanların ortak görüşü bir katı atık depolama alanının çevreye uyumlu çalışması için özellikle jeolojik bariyerin düşük geçirgenliğe sahip ve kalın olması gerektiğidir. Genel olarak ortamın permeabilite değerinin 10^{-7} m/s'den küçük olması istenir. Bu özelliğe sahip jeolojik bariyerin yanal devamlılığının düzenli depolama sahası kenarından itibaren en az 50 metre, düşey devamlılığının ise en az 5 metre olması gerekmektedir. Jeoloji bariyer hacminin fazla olması, kirlilik yayılma olasılığını belirleyici en önemli etkidir.

Birçok mühendislik projesinin aksine, katı atık düzenli depolama alanı projelerinde ayrışma derecesi yüksek, özellikle şişme potansiyeli yüksek kil mineralleri içeren homojen ve kalın kayalar uygun jeolojik bariyer niteliğindedir. Özellikle marnlar, kil içeriği yüksek kalkarenit veya kalsirüditler, ayrılmış piroklastik kayalar ve süreksizlikleri dolgululu asidik volkanik kayalar düzenli depolama alanları için uygundur.

1.7. Literatür Özeti

Ersoy (2007) tarafından yapılan çalışmada Trabzon ili katı atıkları için farklı bertaraf yöntemlerinin uygunluğu araştırılmış, önerilen düzenli depolama alanı jeoteknik açıdan değerlendirilmiştir. Çalışmada, Trabzon İli katı atıklarının çevreye zarar vermeyecek şekilde depolanması için önerilen Düzyurt düzenli depolama sahasının jeoteknik açıdan uygun ve Trabzon İli'nde 20 yıl süre ile üretilecek katı atıkları depolayacak hacimsel kapasitede olduğu sonucuna varılmıştır.

Tay (2005) Isparta ilinde düzenli depolama alanı için uygun kriterleri kullanarak tematik haritalar oluşturulmuş ve sentez haritasında kriterlere uygun 3 alan içinden Eğirdir gölü su toplama havzası dışında yer alan Çatma Mevkii en uygun depolama yeri olarak seçilmiştir. Uygun alanda mühendislik jeolojisi haritası yapılmış, alanda yüzeyleme veren killerin fiziko-mekanik özellikleri belirlenmiş ve killerin sızdırmazlığını belirlemek için permeabilite deneyi yapılarak permeabilite katsayısının 10^{-10} m/s olarak bulunmuştur.

Kanbur (2006) Isparta ili Şarkikaraağaç ilçesine ait olacak katı atık düzenli depolama yer seçimi için en uygun alan belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma alanı için bölge özellikleri kendi içinde değerlendirilmiş ve katı atık düzenli depolama yer seçimi cetveli oluşturularak üç alternatif alan bu cetvele göre değerlendirilmiştir. Bunun sonucunda Köprüköy ve Arslandoğmuş arasında kalan alan depolama alanı olarak önerilmiştir. Önerilen uygun alanda depolama alanı için tesis yapılmasına karar verildiğinde ÇED raporu ve ayrıntılı zemin etütlerinin yapılması gerektiği vurgulanmıştır.

Karaca (2008) Mersin ilinin nüfusu ve sanayi potansiyeli yüksek olması sebebiyle mevcut düzenli depolama alanının yetersiz kalması ve bunun neticesinde yeni düzenli depolama alanına ihtiyaç duyulması sebebiyle yapılan araştırmada 4 alternatif alan yer seçimi için önemli olan kriterlerle değerlendirilmiş ve uygun alan seçilerek projelendirmeye geçilmiştir.

Küçükönder ve Karabulut (2007), yapmış oldukları çalışma ile Kahramanmaraş ilinin düzeli katı atık depolama yeri sorunun çözmeye çalışmışlardır. Kahramanmaraş ili için yapılan nüfusu artışı hesaplamalarında yıllık nüfus artış hızının %35,75 olduğu hesaplanmıştır. Nüfustaki bu artış hızı dikkate alınarak 2026 yılına kadar ilin nüfusunun 800 bin civarında olacağı ön görülmüştür. Nüfustaki Artış hızı dikkate alındığında mevcut sahanın gelecekte yetersiz olacağı kaantine varılmıştır. Hali hazırda mevcut depolama alanının yanında alternatif bir sahanın olmaması nedeni ile Kahramanmaraş Belediyesi ve

diğer kurumlar tarafından Kahramanmaraş şehri ve yakın çevresinde alternatif alanlar için çalışmalar yapılmış ve veriler toplanmıştır. Belediye ve diğer kurumların çalışmaları sonucu elde edilen veriler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknolojileri kullanılarak çok kriterli analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Çoklu kriter metodu ile hazırlana 10 veri katmanı Ağırlıklı Doğrusal Kombinasyon yöntemi yardımıyla analiz edilmiştir. Belirlene bu kriterler; toprak, arazi kullanımı, jeoloji, heyelan, fay, yol, akarsu, su yüzeyleri, yerleşim alanları ve topografyadır. Analizlerde her bir kriter için 1–10 ölçeği oluşturulmuştur. 1 uygun olmayan alanlar için ve 10 ise en uygun alanları belirtmek için tam sayı değerleri kullanılarak sınıflama işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan bütün analizler sonucunda 4 adet uygun saha tespit edilmiştir. Tespit edilen bu sahaların toplam alanı 685 hektardır.

Ersoy vd (2009) yapmış oldukları çalışmada Trabzon ili katı atıkları için uygun düzenli depolama alanı yeri seçiminde puanlama esasına dayanan matris yöntemini kullanmışlar, bölge için katı atık düzenli depolama yeri seçimine etki eden kriterleri istatistiksel olarak değerlendirmişlerdir. Coğrafi bilgi sistemlerinin konumsal analiz tekniklerinden ve analitik hiyerarşi yönteminden yararlanarak il için katı atık düzenli depolama uygunluk haritası hazırlanmıştır.

Uzun vd (2010), yapmış olduğu çalışma kapsamında düzce ili için gerekli olan en uygun düzenli katı atık depolama alanı tespiti için ön çalışma yapılmıştır. Çalışmada düzce belediyesi tarafından daha önceden seçimi yapılan Yeşilyayla, Deredibi, Kurtsuyu ve Esençam mevkiindeki 4 alternatif alanın yer aldığı alanlar Coğrafi Bilgi Sistemleri programlarından ArcGIS 9.3 kullanılarak alanlar için puanlar hesaplanmış ve böylece düzenli katı atık depolama için en uygun alan tespit edilmiştir. Katı atıkların bertaraf edilmesinde yakma, kompostlaştırma ve düzenli depolama gibi yöntemler uygulanmaktadır. Bu yöntemlerden düzenli depolama için yer seçimi oldukça önemli olup sadece tek bir disiplinin değil multidisipliner bir çalışma sonucu alanın tespit edilmesi gerekmektedir. Yer seçiminde mevcut kriterlerin yanında doğal ve kültürel peyzaja ilişkin kriterlerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Çalışma yönteminde toplamda 28 adet kriter dikkate alınmıştır bu kriterler; çevresel kriterler, planlama kriterleri, politik ve yasal kriterler, doğal ve peyzaj kriterler, finansal ve ekonomik kriterlerdir. 28 adet kriter dikkate alınarak 4 alan için puanlar hesaplanmış ve en uygun alan için ön çalışma yapılmıştır. 28 adet kriterin değerlendirmesi sonucunda alternatif alanlar sırasıyla Kurtsuyu 91, Esençam 80, Yeşilyayla 79 ve Deredibi 71 puan almışlardır.

Balaban ve Baki (2010), çok kriterli karar verme yöntemi olan Analitik Ağ Süreci (AAS) yöntemini kullanarak Trabzon'un düzenli katı atık depolama yeri seçimi için ön bir çalışma yaparak en uygun yeri tespit etmişlerdir. Bu amaçla belirlenen 5 kriterler dikkate alınarak ve Super Decisions yazılımı yardımıyla gerekli çalışma yapılmıştır. Çalışmada kullanılan 5 kriter ise şöyledir; finansal, çevresel olabilirlik, personel yönetimi, toplum algısı ve teknolojidir. Ayrıca, kriterler arasındaki ilişkiler belirlenerek bir ağ modeli de ortaya konmuştur. Uygun yer seçiminin yanı sıra trabzon için katı atıkların Düzenli depolama; Düzenli depolama-kompostlama; Düzenli depolama-kompostlama-yakma yöntemlerinden hangisinin daha uygun olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, en uygun seçenek olarak Düzenli depolama-kompostlama - yakma şeklinin uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Nas ve diğ. (2010) CBS ve multi-criteria evaluation (çok kriterli değerlendirme, MCE) yöntemleri kullanılarak Konya ili Cumra ilçesinin katı atık depolama aday alanları değerlendirilmiştir. Kentsel ve yöresel su kuyularına ve sulama kanallarına yakınlık, ulaşım yollarına ve tren hatlarına olan mesafe, arkeolojik alanlara olan mesafe, kentsel alanlara olan mesafe, arazi örtüsü/arazi kullanımı ve arazi eğimi olmak üzere sekiz adet harita katmanı CBS analizlerinde kullanılmış ve bölgenin uygunluk haritası hazırlanmıştır. Üretilen haritaya göre çalışma alanının %6.8'i çok uygun, %15.7'si uygun, %10.4'ü orta derecede uygun, %25.8 düşük derecede uygun ve %41.3'ü uygun olmayan alan olarak belirlenmiştir. Analizler sonucunda 3 adet aday bölge tespit edilmiştir.

Şener ve diğ. (2011) Senirkent-Uluborlu (Isparta) Havzası'nın katı atık depolama alanı seçimi coğrafi bilgi sistemleri ve analitik hiyerarşi yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Litoloji, yüzey suyu, akifer, yeraltı suyu, arazi kullanımı, ayırt edici özellikler (? – lineaments), baki, kot, eğim ve yollara uzaklık gibi 10 farklı kriter katı atık depolama yer seçiminde değerlendirilmiştir. Her bir kriter analitik hiyerarşi yöntemiyle tanımlanmış ve ağırlıklandırılmıştır. Daha sonra her bir kriter CBS yöntemleriyle haritalanmış ve uygunluk haritası oluşturulmuştur. Çalışmalar sonucunda alanın %96.3'ünün uygun olmadığı, %1.6'sının orta derecede ve %2.1'inin ise yüksek derecede uyumlu olduğu belirlenmiştir. Son olarak uygun yerler arazide kontrol edilmiş ve bu bölgelerin katı atık depolama için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Şener vd. (2011), Türkiye'nin en büyük tatlısu gölü ve içme suyu kaynağı olan Beyşehir Gölü havzasında Çok Kriterli Karar Analizi ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak düzenli depolama alanı için uygun depolama yer seçimi analizi yapmışlardır.

Çalışma bu havza için oldukça önem arz etmektedir çünkü göl havzası içerisinde katı atıklar için düzenli depolama alanı bulunmamaktadır. Bu nedenle, havza için uygun depolama yer seçiminin yapılması zorunlu bir hal almıştır. Bu denli önemli bir alanda bu tür çalışmalarda detaylı araştırmalar sonucunda kriterler tespit edilmeli, her türlü olumsuz sonuç önceden tespit edilmeli ve puanlama çok hassas yapılmalıdır. Çalışmada, depolama alanı yer tespiti için yüzey sularından uzaklık, koruma alanlarından uzaklık (ekolojik, bilimsel ve tarihi), jeoloji / hidrojeoloji, arazi kullanımı, yollarda uzaklık, eğim ve bakı gibi kriterler kullanılmıştır. Çok Kriterli Karar Analizi kullanılarak her bir kriterin göreceli önem dereceleri belirlenmiş ve her bir kriter için harita CBS programı yardımıyla çizilmiştir. Oluşturulan her bir kritere ait haritalar overlay analizi yapılarak sonuç haritaları elde edilmiştir.

Vasiljevic ve diğ. (2011) jeolojik, çevresel, sosyal ve tekno-ekonomik 17 adet faktör CBS ve AHP yöntemleriyle değerlendirilerek Sırbistan'ın Srem bölgesinde katı atık depolama yeri seçimi değerlendirmesi yapılmıştır. Bu 17 faktörün ağırlıklandırılmasıyla elde edilen konumsal katmanlar birleştirilerek katı atık depolama alanı uygunluk haritası elde edilmiş, bu harita daha sonra 4 adet kısıtlayıcı harita ile kesiştirilerek nihai uygunluk haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan haritaya göre çalışma alanının %82.65'i katı depolamasına uygun değilken, en uygun alanlar %9.14, uygun alanlar %5.24, az uygun alanlar %2.21 ve çok az uygun alanlar %0.76 olarak belirlenmiştir.

Yıldırım (2012) literatürde yapılan katı atık yer seçimi çalışmaları incelenmiş; yer seçimini etkileyen ve çalışmalarda en çok ve en az kullanılan parametreler belirlenmiştir. Bu parametreler CBS yöntemleriyle ağırlıklandırılmış ve konumsal bir veri tabanı oluşturulmuştur. Elde edilen veri tabanı Trabzon iline uygulanmış ve elde edilen potansiyel depolama alanları var olan alanlarla karşılaştırılmıştır. Önerilen yöntemin katı atık depolama yeri seçimi için daha doğru sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Alavi ve diğ. (2012) CBS ve AHP yöntemleri kullanılarak en uygun katı atık depolama yeri belirlenmeye çalışılmıştır. En önemli parametreler yüzey suyu, hassas ekosistemler, arazi örtüsü, kırsal ve kentsel alanlar, arazi kullanımı, yollara uzaklık, eğim ve arazi türü olarak belirlenmiş; bu parametreler ağırlıklandırılarak yapısal hiyerarşi oluşturulmuştur. Analizler sonucunda çalışma alanının %18.6'sının yüksek, %20.3'ünün orta, %1.6'sının düşük ve %0.8'inin çok düşük seviyede katı atık depolamaya uygun olduğu, kalan %58.7'lik kısmın ise hiç uygun olmadığı belirlenmiştir.

Yıldırım (2012) çalışmasında CBS Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi kullanılarak Isparta ili için katı atık düzenli depolama yeri seçimi için 3 alternatif alan belirlenmiştir. Seçilen alanlar nihai alan olmayıp yerinde detaylı araştırma ve deneylerin yapılması gerektiği ayrıca katı atık düzenli depolama alanı seçiminde o çevrede yaşayan yerel halkın da düşüncelerine yer verilmesinin gerekliliğini ortaya koymuştur.

Güler (2016) yapılan çalışmada İstanbul ilinin mevcut katı atık düzenli depolama sahalarının yerlerinin uygunluğu irdelenmiş ve AHY ile ağırlıkları hesaplanan kriterlerin İstanbul iline ait veri katmanları CBS’nde konumsal analiz yapılarak alternatif yeni düzenli depolama sahaları için önerilerde bulunulmuştur. Ayrıca bundan sonra yapılacak çalışmalara yardımcı olmak için dijital harita altlıkları oluşturulmuştur.

Eskandari ve diğ. (2016) yüksek heyelan riski taşıyan dağlık bir bölgede CBS ve AHP yöntemleri kullanılarak katı atık depolama yeri seçimi yapılmıştır. Çalışma alanında önceden gerçekleşmiş heyelan verileri değerlendirilerek heyelana neden olan önemli faktörler belirlenmiş ve bu faktörler AHP ile ağırlıklandırılmıştır. Elde edilen veriler ışığında bölgenin heyelan duyarlılık haritaları oluşturulmuş ve CBS ortamında heyelana duyarlı alanlar ‘Boolean’ yöntemiyle genişletilerek potansiyel depolama alanları belirlenmiştir. Saha incelemeleri ile 9 alternatif bölge değerlendirilmiş ve sonuçlar AHP ile önceliklendirilmiştir. 17 adet çevresel, ekonomik ve sosyal parametre değerlendirilmiş ve bu parametrelerin ağırlıklarına göre belirlenen alternatiflerin duraylılıkları hassasiyet analizleri (sensitivity analyses) ile incelenmiştir. Analizler sonucunda çalışma alanının %36’sının heyelana duyarlı bölge olduğu, %11’inin ise depolama alanı potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir.

Yıldırım vd (2017) tarafından yapılan ve Kalkınma Bakanlığı Doğu Karadeniz Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı (DOKAP) Çevre ve Turizm Koordinatörlüğü tarafından desteklenen çalışmada Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi’nde bulunan 6 il için mevcut atık yönetim stratejileri değerlendirilmiş, uygun düzenli depolama alanları CBS ve AHP yöntemleri kullanılarak belirlenmiş, bu alanlarda detaylı mühendislik jeolojisi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada Trabzon ili için en uygun alanın Araklı ilçesi Taşönü mevkiinde bulunan eski bir çimento hammadde ocağı olduğu belirlenmiştir.

Wang ve diğ (2018) yapmış oldukları çalışmada günümüzde katı atık depolama yeri seçimi çalışmalarında kullanılan uzaklığa bağlı ağırlıklandırma yönteminden farklı olarak bulanık üçgen metodunu temel alan bir yöntem kullanılarak yeraltı suyu kirlenme tehlikesi araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan bulanık üçgen yöntemiyle kirletici, konsantrasyon,

ağırlık ve su girişi gibi parametrelerdeki belirsizlikler azaltılmış, böylece potansiyel depolama alanlarının insan sağlığı üzerindeki etkileri daha bilimsel bir şekilde ortaya konulmuştur. Kullanılan yöntemle hem alternatif sahalar arasında insan sağlığına en az veren bölgeler daha doğru bir biçimde tahmin edilmiş hem de yeraltı suyu kirlilik riski daha doğru bir şekilde hesaplanabilmiştir.

Karadağ A.A. (2019), çalışma kapsamında Katı Atık Depolama Tesisi Yer Seçimi için Birleştirilmiş Hedef Programlama ve Analitik Hiyerarşi Prosesini kullanarak Ankara ilinde gelecekte ihtiyaç olacağı düşünülen 2 adet düzenli depolama alanına ek olarak üçüncü düzenli depolama tesisinin yerinin tespiti yapılmıştır. Çalışmada etkili kriterlerin belirlenmesi, kriter ağırlıklarının puanlanması ve alternatiflerin uygunluk derecelerinin sıralanması ve gerçekçi kısıtlar dikkate alınarak en uygun yer seçiminin yapılmıştır. Çalışma için kullanılan 4 kriterler şöyledir; çevresel kriterler, ekonomik kriterler, sosyal ve zeminsel kriterlerdir. Ana kriterler altında kırık sekiz adet alt kriterlerde belirlenerek geniş bir hiyerarşik yapı oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda en uygun düzenli depolama tesis kurulum yeri sırasıyla Gölbaşı (0.317), Ayaş (0.258), Akyurt (0.219) ve Bala (0.206) ilçeleri olarak belirlenmiştir. Çevresel, ekonomik ve sosyal ana kriterler açısından en uygun düzenli depolama tesis yeri, Gölbaşı, zeminsel ana kriterler açısından ise Ayaş ilçesi olarak tespit edilmiştir.

Çilek vd. (2019), yapmış olduğu çalışma ile Adana ili seçilmiş olan mevcut düzenli katı atık toplama tesisinin uygunluğu Konumsa Bilgi Teknolojileri kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışma üç aşamada gerçekleştirilmiştir aşamalara sırası ile şöyledir; İlk aşamada öncelikle depolama sahası uygunluk kriterleri literatür araştırması ile tespit edilmiş, İkinci aşamada her kriter için katmanlar belirlenerek ve uygun ve uygun olmayan alanlar Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında analiz edilmiştir. Üçüncü ve son aşamada ise kriterlerin değer aralıkları fuzzy (bulanık mantık) yöntemiyle standardize edilmiştir. Son olarak standardize edilen katmanlar çakıştırılarak uygunluk haritaları üretilmiştir. Kriterler çevresel ve sosyoekonomik olmak üzere iki faktör grubu altında toplanmıştır, 8 ana grup ve 14 kriter depolama alanını değerlendirmek için belirlenmiştir. Çevresel faktörler jeoloji, hidroloji, hava, toprak ve alan kullanımı ana kriterlerinden oluşmakta iken, sosyoekonomik faktörler sosyal ve teknoekonomik ana kriterlerinden oluşturmaktadır. Çevresel faktörler katı atık toplama alanlarının çevreye minimum zarar vermeyi hedeflemekte iken, sosyoekonomik faktörler ise katı atık toplama alanlarının hem yapım hem de işletme aşamasındaki maliyetlerini en az düzeyde olmasını sağlayacak kriterlerden oluşacak

şekilde seçilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda Adana’da yer alan mevcut katı atık entegre tesisi yerleşim alanı içerisinde kalmış, artan katı atık üretimini karşılamakta kapasite olarak yetersiz kalarak gerek çevre gerekse sosyal yaşam üzerinde olumsuz etkilerini hissettirmiştir. Bütün bu belirlemeler doğrultusunda Adana’da ikinci bir katı atık entegre tesisi inşaatını gerekli olduğu tespit edilmiştir. Bu sebepten mevcut katı atık sahasının yer seçim uygunluğu incelenmiş ve yeni planlanan alanlarda benzer sorunlardan kaçınmak amacıyla pek çok farklı unsurun göz önünde bulundurulduğu çalışma metodolojisi oluşturulmuştur.

Ertunç vd. (2019), yapmış olduğu çalışma kapsamında Coğrafi Bilgi Sistemi yardımıyla Niğde ili için düzenli katı atık depolama yeri tespiti yapılmıştır. Analizlerde arazi kullanım, eğim, görünürlük, konumsa mesafeler dikkate alınarak yapılmıştır. Çalışmalarda tüm kriterler göz önüne alınarak Niğde ili için en uygun depolama alanının tespit edilmiştir. Tespit edilen alanın 20 yıllık ihtiyaca cevap vereceği tahmin edilmektedir.

Kerem ve Soyaslan (2019), yapmış oldukları çalışma ile Burdur ilinde yaygın olarak bulunan mermer ocaklarında çıkan katı atıkların depolanması için uygun alanlar Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak tespit edilmiştir. Mermerin ocaktan çıkarılması ve fabrikada işlenmesi sonucunda, elde edilen ana ürün mermer dışında kalan bütün mermer parça ve tozları katı atık olarak kabul edilmektedir. Bu mermer atıklarının düzenli olarak depolanması işletmeler açısından önemli bir sorundur. Mermer atık sahası yer seçiminde karar verme kriterleri olarak: Yerleşim birimleri, yollar, Akarsular, kuyular, su depoları, mermer ocakları, mermer fabrikaları, eğim, arazi kullanımı ve jeoloji parametreleri kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda en önemli kriterin jeoloji olduğu tespit edilmiştir. Bu analiz sonucunda, çalışma sahasında “çok uygun” olarak nitelendirilebilecek alanların tüm çalışma alanı içerisinde sadece %3,2’lik bir alanı kapladığı belirlenmiştir. Tüm katmanların CBS ortamında yapılan ağırlıklı çakıştırma analizi sonucunda ise çalışma sahasının depolama açısından %68’lik oranda uygun olmadığı, çok uygun alanların ise %2.3 olduğu belirlenmiştir. Bu oran, çalışma sahası içerisinde 26.9 km² ’lik bir bölgeye karşılık gelmektedir. Yapılan analizler sonucunda en uygun şartları sağlayan bir bölge ise belirlenememiştir.

Ciriteci ve Türk (2019), yapmış oldukları çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) kullanılarak, Sivas ili Merkez ilçesi için alternatif katı atık depolama alanları, geliştirilen kullanıcı arayüz programı yardımıyla otomatik olarak belirlemiştir. Analitik Hiyerarşi

Süreci ile belirlenen ölçütlerin ağırlıklı puanları hesaplanmış ve Sivas ili Merkez ilçesine ait veriler CBS'nin olanak tanıdığı coğrafi analizler yardımıyla sonuçlar ortaya konmuştur. Elde edilen bu sonuçlar doğrultusunda alternatif katı atık depolama sahaları önerilmiş ve mevcut katı atık depolama sahasının yerinin uygun olup olmadığı değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında çevresel ve ekonomik olmak üzere iki farklı kategoriye ait toplam 11 adet etki faktörü belirlenerek bu kriterler kullanılmıştır. Çevresel kriterler; arazi kullanımı, jeoloji, yerleşim alanları, yüzey suları (göl, baraj), havaalanı, bina, imar planı ve korunan alanlardır. Ekonomik kriterler ise eğim ve karayollarıdır. Faktörlere ait alt ölçütler derecelendirilmiş ve AHS ile hesaplanan ağırlıklarla çarpılarak bütün ölçütlerin çalışmada kullanılan son ağırlıklı puanları hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda Sivas ili Merkez ilçesi için alternatif sahalara tespit edilmiştir ayrıca imar sahası içerisinde yer alan Sivas il merkezindeki Seyfebeli Çöp Depolama Merkezinin uygun olmayan alan içerisinde olduğu tespit edilmiştir.

Tanrıverdi ve Ulutaş (2019), yapmış oldukları çalışmada geniş bir alan içinde düzenli katı atık depolama alanı olmaya uygun yerlerin tespiti, bunların depolama kapasitesinin belirlenmesi ve belirlenen uygun alanların haritalandırılması yapılmıştır. CBS ortamında çoklu kriter metodu kullanılarak hazırlanan 11 veri katmanı Ağırlıklı Doğrusal Kombinasyon yöntemiyle analiz edilmiştir. Analizlerin sonuçlarına göre alternatif düzenli katı atık depolama alanları ve en uygun yer seçimi yapılmıştır. Çalışma sonucunda 6 adet tespit edilmiş ve bazı kriterler tekrardan değerlendirilerek en uygun katı atık depolama alanı tespit edilmiştir.

Erdoğan (2019) Samsun ilinde katı atık depolama tesis alanı yer seçimi yapabilmek için CBS kullanılarak Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile analiz yapılmış ve konumsal analiz yaparak sonuç haritaları elde edilmiştir. Çalışmada Havza ve Ladik ilçelerinin katı atık düzenleme tesis alanları için uygun olduğu, Çarşamba ilçesindeki katı atık depolama tesis alanının yeri ile önerilen sahaların birbirleriyle uyuşmadıkları ve bu neticede Çarşamba ilçesinde herhangi bir alternatif saha tespitinin ortaya çıkmadığı görülmektedir. Çalışmanın amacı katı atık düzenli depolama tesisi yer seçiminde CBS'nin en etkili yöntemlerden birinin olduğunu vurgulamaktır.

Aksoy ve San (2019) günümüzde karşılaşılan katı atık depolama yeri seçimi problemlerinin gelecekte tekrar etmesini engellemek adına ileriye dönük araştırmalar yapılarak Antalya ilinde 35 yıllık bir zaman dilimi için uygun olacak bir katı atık depolama yeri belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında katı atık depolama yeri

seçimlerinde kullanılan 12 adet parametre belirlenmiş bu parametrelerin ağırlıkları AHP matrisleriyle belirlenmiştir. Daha sonra CBS analizleriyle potansiyel depolama alanları belirlenmiştir. Çalışmanın son aşamasında Antalya ilinin dinamik nüfus verisi kullanılarak gelecek 35 yılda üretilecek katı atık miktarı hesaplanarak muhtemel depolama alanları tekrar belirlenmiştir.

Rezaeisabzevar ve diğ. (2020) katı atık depolama yeri seçimi araştırmalarında en çok tercih edilen yöntemler olan ağırlıklı lineer kombinasyon, sıralı ağırlıklı ortalama, analitik hiyerarşi, bulanık analitik hiyerarşi, TODIM (tekrarlı çok kriterli karar verme analizi), bulanık TODIM, analitik ağ yöntemi, bulanık analitik ağ yöntemi ve gri sistemler teorisi yöntemleri incelenmiştir ve kıyaslanmıştır. Ayrıca bu yöntemlerle yapılan araştırmalarda en çok kullanılan parametreler de belirlenmiştir. Çalışma sonucunda yeterli zaman ve ekonomik kaynakların bulunması durumunda bulanık analitik ağ yönteminin en etkili sonuçları verdiği belirlenmiştir.

1.8. Trabzon İli Mevcut Katı Atık Yönetimi

1.8.1. Sürmene Kutlular Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi

Trabzon ve Rize illerinde katı yönetimi, Trabzon ve Rize İlleri Yerel Yönetimleri Katı Atık Tesisleri Yapma ve İşletme Birliği (TRAB-Rİ-KAB) tarafından yürütülen katı atık projesi kapsamında gerçekleştirilmekte olup, üretilen atıklar, Trabzon İli, Sürmene İlçesi, Çamburnu Mahallesiinde yaklaşık 171.000m²'lik bir sahada bulunan Kutlular Katı Atık Düzenli Depolama Tesisinde bertaraf edilmektedir. Depolama alanı, mevcut depolama sahası ile ek lot kısmından oluşmaktadır. Günümüzde alana günde yaklaşık 800 ton atık gelmekte olup, mevcut depolama alanı işlevini tamamlamıştır. Ek lotun ise 2020 yılı sonu itibariyle dolacağı öngörülmektedir.

1.8.2. Araklı Taşönü Katı Atık Gazlaştırma ve Düzenli Depolama Tesisi

Cumhurbaşkanlığının 10.10.2018 tarih ve 161 Sayılı kararı doğrultusunda Trabzon ve Rize İlleri Yerel Yönetimleri Katı Atık Tesisleri Yapma ve İşletme Birliği, Trabzon ve Rize illerinin katı atıklarının değerlendirilmesi amacıyla planlanan “Entegre Katı Atık

Değerlendirme ve Bertaraf Tesisi Projesi'nin Yap-İşlet-Devret modeli ile yapılabilmesi amacıyla yetkilendirilmiştir. Bu amaçla Trabzon ili Araklı ilçesi Taşönü Mahallesi sınırları içerisinde 243563,54 m² lik bir arazi TRAB-Rİ KAP'a devredilmiştir.

Yap-İşlet-Devret Modeli ile ihale edilerek katı atıkların, Ulusal ve AB katı atık mevzuatına uyumlu bir şekilde bertaraf edilmesi için kaynağında ayrıştırılarak toplanması ve transfer istasyonlarına taşınması, atıkların transfer istasyonlarından Entegre Tesisine nakli, ayrıştırma tesisi kurulması ve işletilmesi, atıkların geri kazanılması, atıklardan termal gazlaştırma yöntemi ile elektrik enerjisi üretilmesi, depolanacak atıkların azaltılması, geriye kalan atıkların düzenli depolanması, sızıntı sularının arıtılması ve depo gazlarının değerlendirilmesi, bertarafı, depolama sahasının işletilmesi ile tıbbi atıkların toplanması-taşınması-sterilizasyona tabi tutularak Entegre Tesiste bertaraf edilmesi amaçlanmış, aşağıda maddeler halinde verilen uygulamaların ihale kapsamında gerçekleştirilmesi planlanmıştır;

1. Mekanik Ayrıştırma Tesisi (geri kazanımı mümkün atıkların ayrıştırılması)
2. Gazlaştırma-Yakma Tesisi (sentez gazı üretimi)
3. Sentez Gazından Elektrik Enerjisi Üretimi Tesisi (ısı ve elektrik üretimi tesisi)
4. Düzenli Depolama Tesisi
5. Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi

Trabzon İli Araklı İlçesi Taşönü mevkiinde yer alan 243563,54 m² lik bir arazi TRAB-Rİ KAP'a devredilmeden önce Aşkale Çimento Fabrikasının kalker ocağı olarak faaliyet göstermiştir. İşletme sırasında 3 Ekim 2005, 20 Mart 2006 ve 19 Ekim 2006 tarihlerinde meydana gelen 3 büyük heyelan (düzlemsel kayma) sonucunda ise ocaktaki üretim bir süre durdurulmuştur. Sonrasında heyelanlı sahada bir çalışma yapılmadan hammadde ocağının aktif bir şekilde kullanılması devam etmiş ve bir süre sonra üretime son verilmiştir. Bu riskler dikkate alınarak, sahanın inşaata uygun hale getirilmesi amacıyla; Taşönü (Araklı, Trabzon) Entegre Katı Atık Değerlendirme ve Bertaraf Tesisinin kurulacağı alanın;

1. jeoteknik açıdan uygun olup olmadığı sondaj ve jeofizik çalışmaları, arazi gözlemleri ve ölçümleri ile bir bütün olarak değerlendirilmiş
2. proje sahasının dışında bulunan eski bir heyelanın proje için tehlike oluşturup oluşturmadığının tespit edilmiş
3. proje sahasında yüzeyleme veren jeolojik birimlerin karstik mağara içerip içermediğinin ortaya koyulmuş

4. mevcut proje sahasında taşıma gücü, oturma ve şev stabilite analizleri gerçekleştirilmiş
5. tüm riskleri içeren yerleşime uygunluğa yönelik 1/1000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası hazırlanmıştır.

Çalışmada, kaya kütlelerinin mühendislik özelliklerini belirlemek, jeoteknik birimleri tanımlamak, yanal ve düşey devamlılıklarını belirlemek amacıyla yüzey ve yeraltı çalışmaları gerçekleştirilmiş ve bunun sonucunda önerilen düzenli depolama alanının 1/1000 ölçekte mühendislik jeolojisi hazırlanmıştır. Çalışmada kaya ortamının yanal ve düşey devamlılığı ile fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla toplam 733 metre olmak üzere 20 farklı lokasyonda sondaj çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Litolojik ve morfolojik özellikler dikkate alınarak bazı kuyu derinlikleri 30 ve 40 metre olarak seçilmiştir. Proje sahasında 10 profilde sismik kırılma tomografisi, 10 profilde 2 boyutlu elektrik öz direnç tomografi yöntemiyle jeofizik ölçümler yapılmıştır. Ölçümler arazi yapısı dikkate alınarak en uygun hatlarda en derin seviyeleri görüntüleyebilecek şekilde gerçekleştirilmiştir.

2019 yılı itibariyle tamamlanan detaylı fizibilite çalışmalarından sonra inşaat başlanmış olup Kasım ayı içerisinde tamamlanacak tesis, Trabzon ve Rize illerinin atıklarını çevreye zarar vermeyecek şekilde depolamak üzere yüksek teknoloji kullanılarak tasarlanmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Analitik Hiyerarşi Yöntemi

Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) genel bir ölçme teoremi olup çok kriterli karar verme analizleri içinde en çok tercih edilen yöntemlerden biridir. Yöntem, ayırık ve devamlı ikili karşılaştırmaları çoklu hiyerarşik yapıda oranlayarak kullanır. Karşılaştırmalar, gerçek ölçmelerden elde edilebileceği gibi tercihlerin ve tecrübenin kuvvetliliğine göre temel ölçekte de elde edilebilirler. Yöntem, nicel ve nitel ölçmelere dayalı olarak sayısal ölçekte bir yaklaşım sağlar ve bu durumda 1 ile 9 arasında derecelendirme yapılarak karşılaştırma sağlanır. 1 iki farklı kriterin eşit önem derecesine sahip olduğunu gösterirken, 9 bir kriterin diğerine kıyasla çok daha fazla olduğunu göstermektedir. AHP ölçek esasları Tablo 4'te görülmektedir.

Tablo 4. AHP tercihleri için ikili karşılaştırma ölçeği

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	İki faaliyette hedefe eşit derecede katkı sağlıyor
3	Orta derecede önemli	Tecrübeler ve kanı bir faaliyeti diğerine nispeten tercih edilir kılıyor
5	Güçlü derecede önemli	Tecrübeler ve kanı bir faaliyeti diğerine kuvvetlice tercih edilir kılıyor
7	Çok güçlü derecede önemli	Bir faaliyet diğerine çok kuvvetlice üstün geliyor ve bu üstünlük pratikte görülebiliyor
9	Aşırı derece önemli	Bir faaliyetin diğerine olan üstünlüğünün kanıtı yüksek olasılıkla teyit edilebiliyor
2,4,6,8	Ara değerler	Faaliyetler iki ardışık önem arasında kaldığında kullanılıyor

Yöntemde aşağıda maddeler halinde sunulan aşamalar gerçekleştirilerek farklı kriterler arasındaki önem dereceleri ortaya koyulabilir;

1. Problemin tanımlanması ve hedefin belirlenmesi,
2. Hiyerarşinin en üst basamaktan başlanarak, hedef, kriter, alt kriter ve alternatifler olmak üzere farklı seviyelerde oluşturulması,
3. Karşılaştırma matrisinin ilgili bölümlerde oluşturulması,
4. En yüksek özdeğer vektörünün, tutarlılık göstergesinin, tutarlılık oranının ve her kriterin normalize değerlerinin bulunması,

5. Karar verme işleminin gerçekleştirilmesi

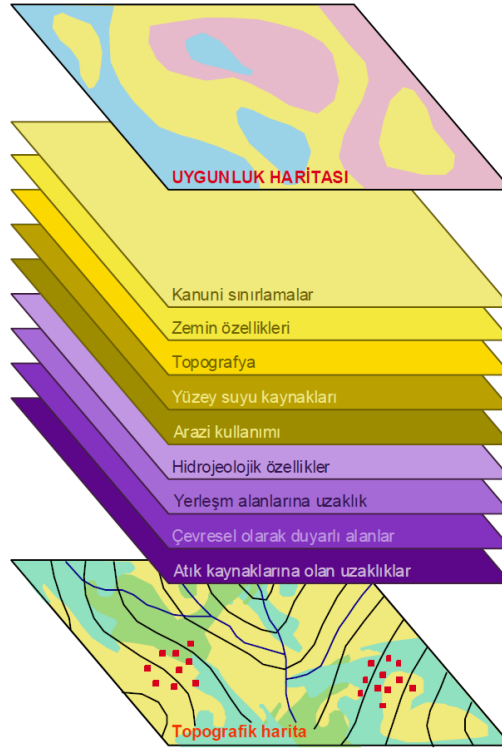
2.2. Konumsal Analiz Teknikleri

CBS uygulamalarında uygunluk haritası, oluşturulan tüm haritaların konumsal analiz modülleri yardımıyla çakıştırılması (overlay) sonucunda elde edilir (Şekil 9).

Bu çalışma kapsamında, çalışma bölgesine ait konumsal veriler; üretilen haritalar, HGK'nın ürettiği 1/25.000 ölçekli standart Topoğrafik Haritalar, Maden Tetkik Aramının (MTA) ürettiği 1/25.000 ölçekli Jeolojik haritalar, Tarım Bakanlığının ürettiği dijital toprak haritaları, 1/25.000 ölçekli arazi örtüsü haritası ile kamu kurumlarının ürettiği diğer haritalardan temin edilmiştir. Tüm veriler veri tabanında bütünleştirildikten sonra tek bir koordinat sisteminde analize sokabilmek üzere ARCGIS yazılımı kullanılarak coğrafi koordinat sistemine dönüştürülmesi gerçekleştirilmiştir

Bununla birlikte bir atık alanı seçerken özellikle EPA (1998, 2015) tarafından belirlenen minimum gereksinimler dikkate alınmalıdır. Bunlar genel olarak;

1. Bir depolama alanı 100 yıllık taşkın alanı sınırı içinde olamaz (belirlenmemişse akarsuya 100 m yakında).
2. heyelan alanlarına 100 metreden yakın olamaz
3. topografik eğim (kanyon yöntemi hariç) % 10'u geçmemelidir.
4. doğal park, tarihi alan, kültürel eser vb. gibi alanlara 250 metreden fazla yakın olamaz.
5. Her hangi bir konuta 250 metreden yakın olamaz (Katı atıkların kontrolü yönetmeliğine göre 1000 metre).
6. Faylı alanlara uzaklık 60 metreden fazla olamaz.
7. Hava alanına 3000 metreden yakın olamaz şeklinde sıralanabilir.



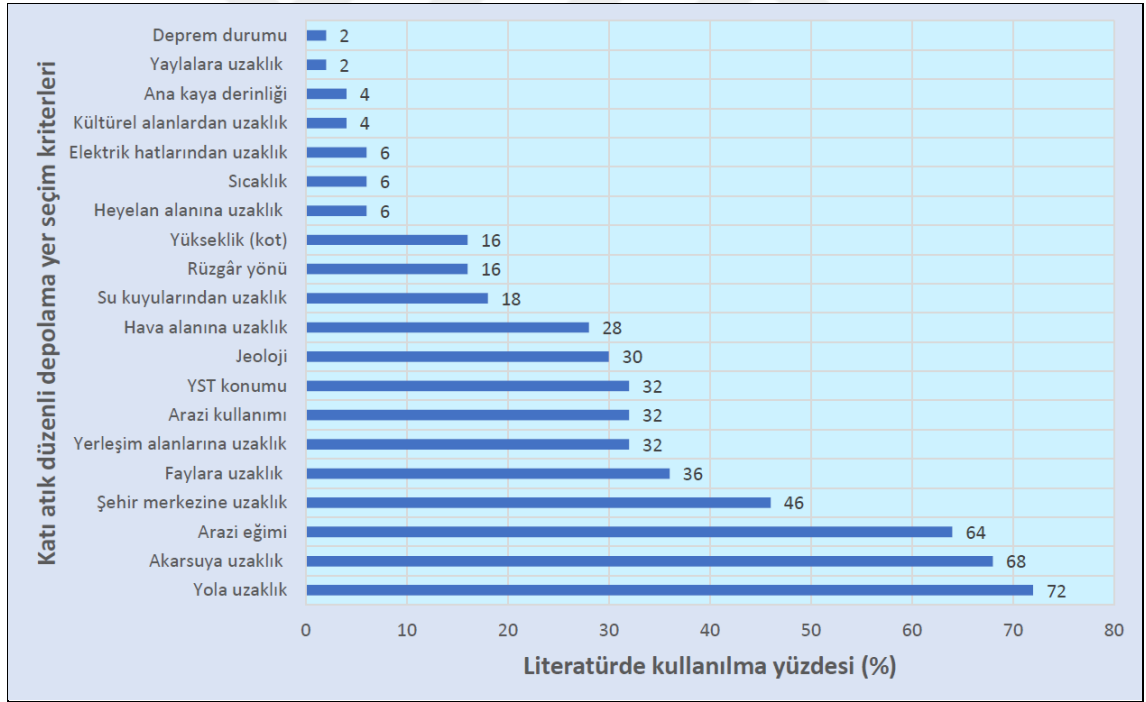
Şekil 12. Düzenli depolama yeri seçiminde üzerleme/çakıştırma yönteminin kullanılması (Ersoy, 2007).

Çalışmada, raster veri modeline dönüştürülen veri katmanlarının, Analitik Hiyerarşi Yöntemiyle oluşturulan model yardımıyla hem veri katmanı bazında hem de kriterler bazında ağırlıkları belirlenerek analizler yapılmıştır. Ağırlık değerlerinden büyük olanlar düzenli depolama yeri seçimine en çok etki eden kriterlerdir. Bu analizlerin temeli, her katmanda aynı bir poligonun alacağı özellik ile bunun matematiksel değeri ve uygunluk haritasındaki etkisini belirlemeye dayanmaktadır.

3. BULGULAR

3.1. Katı Atık Düzenli Depolama Yeri Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi

Katı atık düzenli depolama yeri seçimine etki eden birçok kriter bulunmaktadır. Bu kriterler bölgeden bölgeye farklılık göstermekte olup, eğim, jeoloji, akarsuya uzaklık, heyelanlı sahalara uzaklık vb gibi kriterler hemen hemen her çalışmada kullanılmaktadır. Ancak bu çalışmaların etki değerleri farklılık sunabilmektedir (Ersoy ve diğ. 2009, Rezaeisabzevar 2020). Bu nedenle bu çalışma kapsamında ilk olarak, literatür verileri değerlendirilerek, katı atık alanlarının belirlenmesinde etkili olan tüm kriterler değerlendirilmiş, bu kriterlerin literatürdeki kullanılma yüzdeleri belirlenmiştir (Şekil 13).



Şekil 13. Farklı katı atık düzenli depolama yer seçim kriterlerinin literatürde kullanılma yüzdeleri (Alavi, vd. 2013, Kara ve Doratlı 2012, De Feo ve De Gisi 2010, Vasiljević vd. 2013, Bahrani, vd.2016)

Şekil 14 değerlendirildiğinde, yola uzaklık, akarsuya uzaklık ve arazi eğimi gibi kriterlerin çalışmaların %50'sinden fazlasında kullanıldığı, şehir merkezine uzaklık, faylara uzaklık, yerleşim alanlarına uzaklık, yeraltı suyu konumu ve jeoloji gibi faktörlerin

çalışmaların %30-%50'sinde kullanıldığı görülmektedir. Diğer faktörlerin kullanımı ise genelde %20'yi geçmemektedir.

Tüm bu veriler, bölgede yapılan çalışmalar (Ersoy 2007, Ersoy ve diğ. 2009, Yıldırım 2012, Yıldırım ve diğ. 2017) ve bölgenin özellikleri birlikte değerlendirildiğinde aşağıda maddeler halinde yazılı kriterlerin bu çalışma kapsamında kullanılması uygun görülmüştür;

1. Jeoloji
2. Arazi eğimi
3. Şehir merkezine uzaklık
4. Yerleşim alanlarına uzaklık
5. Yola uzaklık
6. Yüzeysel sularına uzaklık
7. Faylara uzaklık
8. Heyelanlı alanlara uzaklık
9. Arazi kullanımı
10. Hava alanına uzaklık

Sınırlayıcı faktörler, belirtilen koşulun sağlanmaması durumunda diğer kriterlere bakılmaksızın, mevcut alanın uygun olmadığını ifade eden kriterlerdir. Sınırlayıcı faktörler, her seçim kriteri içinde mevcut olmayıp genel olarak yönetmelik veya uluslararası kabul gören kuruluşlar tarafından tanımlanmaktadır (Ersoy ve diğ. 2009). Bu faktörler ilgili mevcuatlara göre değişebilse de genel olarak tüm dünya tarafından kabul edilir ve uygulama aşamasında kullanılır.

Bu çalışmada gerek Trabzon ilinde yapılan çalışmalar gerekse literatür verileri birlikte değerlendirilerek sınırlayıcı faktörler, tampon zonları ve bu zonlara verilen puanlar belirlenmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Düzenli depolama yeri seçimine etkiyen kriterler

Yer Seçim Kriterleri	Sınırlama Faktörleri (Maskeler)	Tampon Zonları	Puan	Referanslar
Arazi eğimi (%)	Yok	0-5 5-10 10-15 15-20 20-	10 7 5 3 1	Chamchali, vd.(2019) Afzali, A., vd. (2014)
Yerleşim alanına uzaklık (m)	Yok	0-1000 1000-2000 2000-3000 3000-	1 4 7 10	Yıldırım, vd. (2016) Şener, vd. (2010) Alanbari, vd. (2012)
Yüzey sularına uzaklık (m)	Yok	0-500 500-1000 1000-1500 1500-2000 2000-	1 3 5 7 10	Karimi, H., vd.(2018) Barakat, vd.(2017)
Faylara uzaklık (m)	<60	0-60 60-300 300-500 500-	1 4 7 10	Afzali, A., vd.(2014) De Feo, vd.(2010)
Heyelanlara uzaklık (m)	<100	Yok		Abd-El Monsef, Hesham. (2015)
Şehir merkezine uzaklık (km)	< 30	Yok		Ersoy, H., & Bulut, F. (2009). Alanbari, vd. (2012)
Arazi kullanımı	Yok	Fundalık Fındıklık Sulu tarım Kuru tarım Kayalık Kentsel yerleşim Mera ve Orman	10 8 6 6 5 2 1	Vasiljević, vd. (2012) Santhosh, L. G., and G. L. Sivakumar Babu. (2018)
Hava alanına uzaklık (m)	>3000	Yok		Uyan, Mevlut. (2014) Vasiljević, vd. (2012)
Yola uzaklık (m)	Yok	0-200 200-400 400-700 700-1000 1000-	10 7 5 3 1	Yesilnacar, vd. (2012) Karsauliya, Shweta. (2013)
Jeoloji	Alüvyonlar	Yok		Bosompem, vd. (2009) Şener, Şehnaz, vd. (2010)

3.2. Düzenli Depolama Alanı Yeri Seçiminde CBS Kullanılması

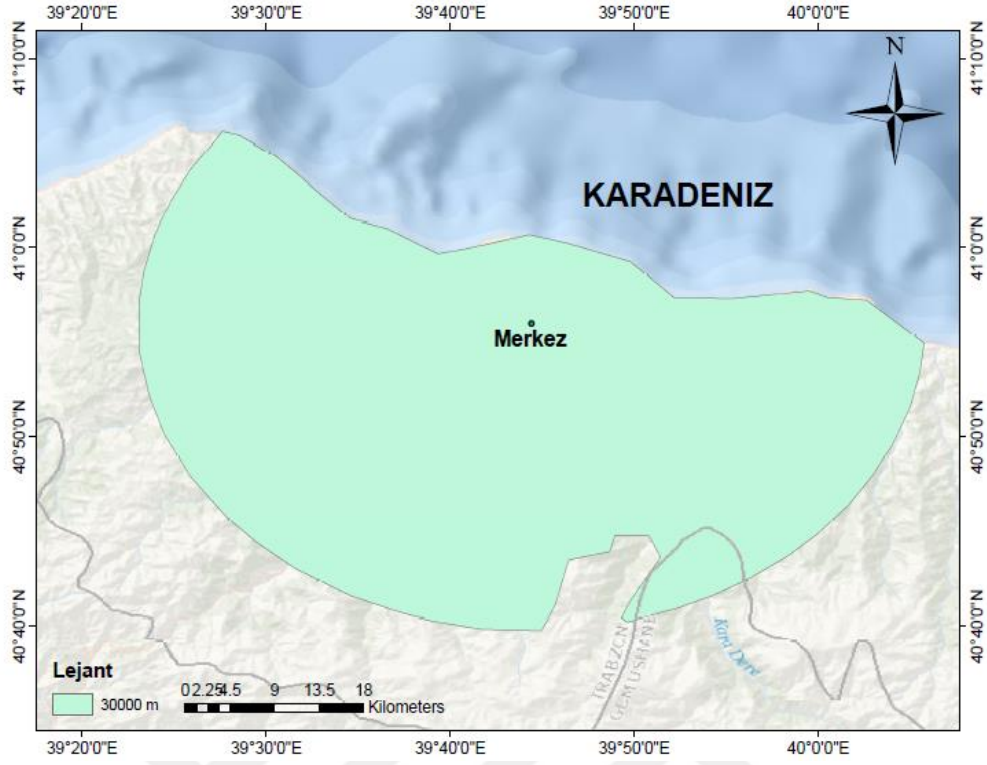
Coğrafi bilgi sistemleri, coğrafi bilgiyi toplamaya, saklamaya, işlemeye, oluşturmaya, güncellemeye, analiz etme ve göstermeye yarayan, içerisinde donanım, yazılım ve personel bulunduran sistem veya proje sürecini görsel olarak izlemeyi sağlayan, değerlendirme ve planlama süreçlerinin yönetilmesine yardım eden görsel karar destek sistemleri olarak tanımlanabilir (Uyguçgil, H.2011).

Genel olarak yer seçim çalışmalarında zamanın optimum şekilde değerlendirilmesi amacıyla coğrafi bilgi sistemlerinin konumsal analiz teknikleri sıkça kullanılmaktadır. Bu çalışmada da Tablo 6'da verilen kriterler kullanılarak CBS yardımıyla haritalar hazırlanmıştır. Tampon zonları puanlanırken 1-10 arasında değişen puanlama sistemi kullanılmıştır. 1 değerinden 10 değerine kadar en az uygun olan alandan en çok uygun olan alana doğru geçiş söz konusudur. Sınırlayıcı faktörler ise diğer kriterler hangi değeri alırsa alsın, o bölgenin "0" ile çarpılmasına olanak kılmaktadır (hiç uygun değil).

3.2.1. Sınırlayıcı Faktörler

3.2.1.1. Şehir Merkezine Uzaklık

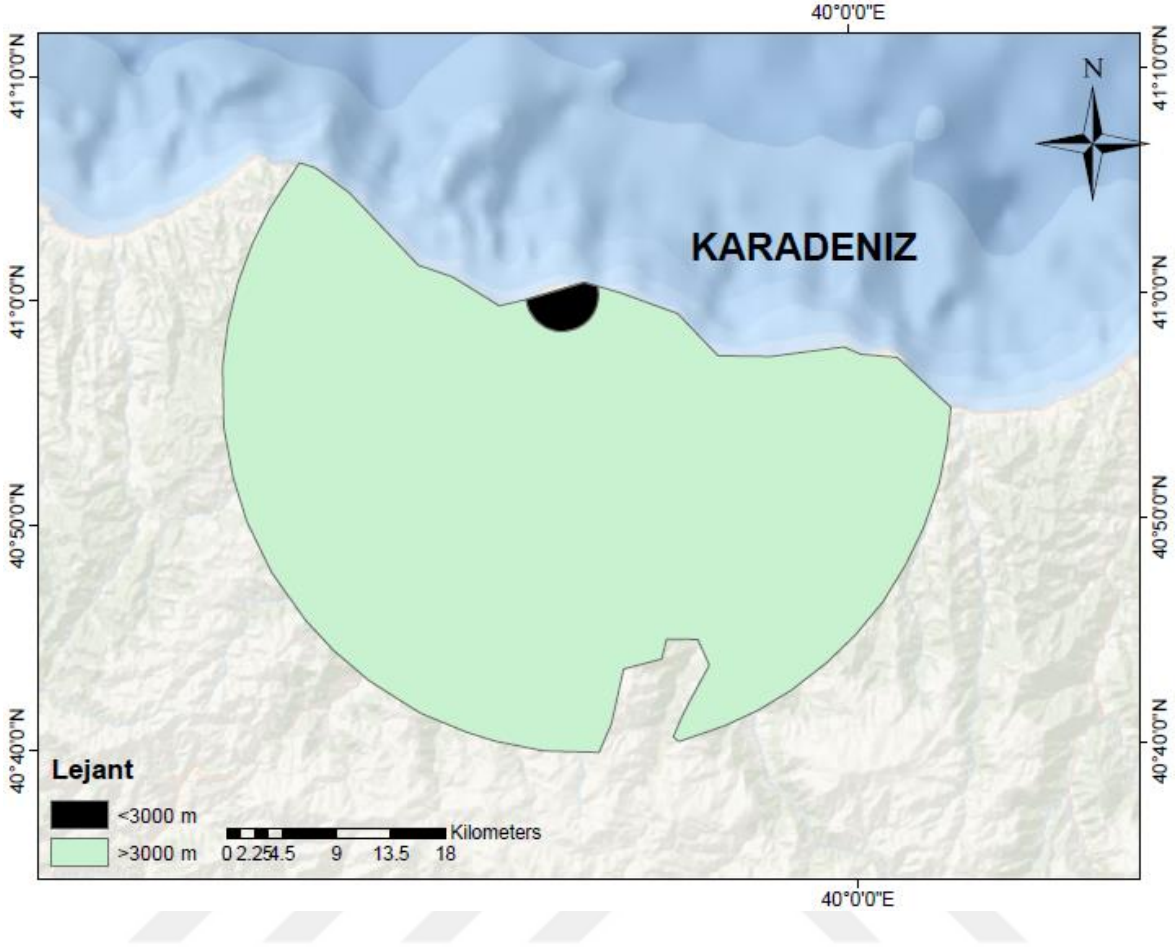
Düzenli depolama alanlarının seçiminde en önemli kriterlerden biri maliyettir. Katı atık yönetim sisteminde atık toplama maliyetinin %50'den fazla olduğu tahmin edilmektedir. Bu nedenle, kaynak alanlardan nihai depolama alanına taşıma mesafesinin 30 km'den az olması istenir (Allen vd., 2000; Gupta vd., 2003, Ersoy vd. 2009).



Şekil 14. Trabzon il merkezine uygulanan ve analizlerin gerçekleştirildiği 30 km çapındaki tampon bölge

3.2.1.2. Havaalanına Uzaklık

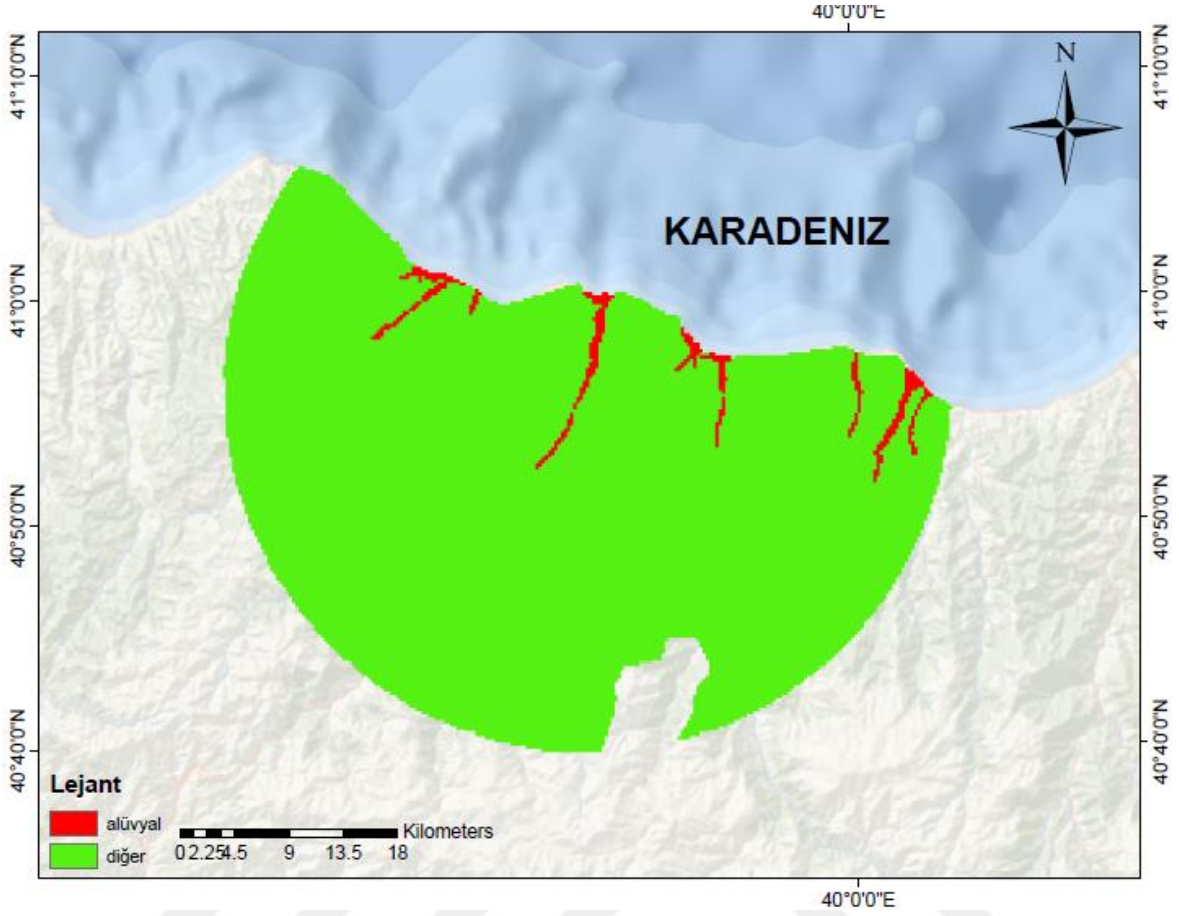
Özellikle katı atık depolama alanı uygunluk haritası oluşturulurken hava alanlarına 3000 metreden yakın olan alanlar uygun olmayan alanlar olarak değerlendirilir (Uyan ve Mevlut 2014; Motlagh, Z. K., & Sayadi, M. H. (2015)). Bu nedenle bu çalışma kapsamında hava alanı hattı boyunca 3000 metre uzaklıktaki alanı belirlemek için tampon bölge oluşturulmuştur (Şekil 15).



Şekil 15. Trabzon için havaalanına uzaklık haritası

3.2.1.3. Jeoloji

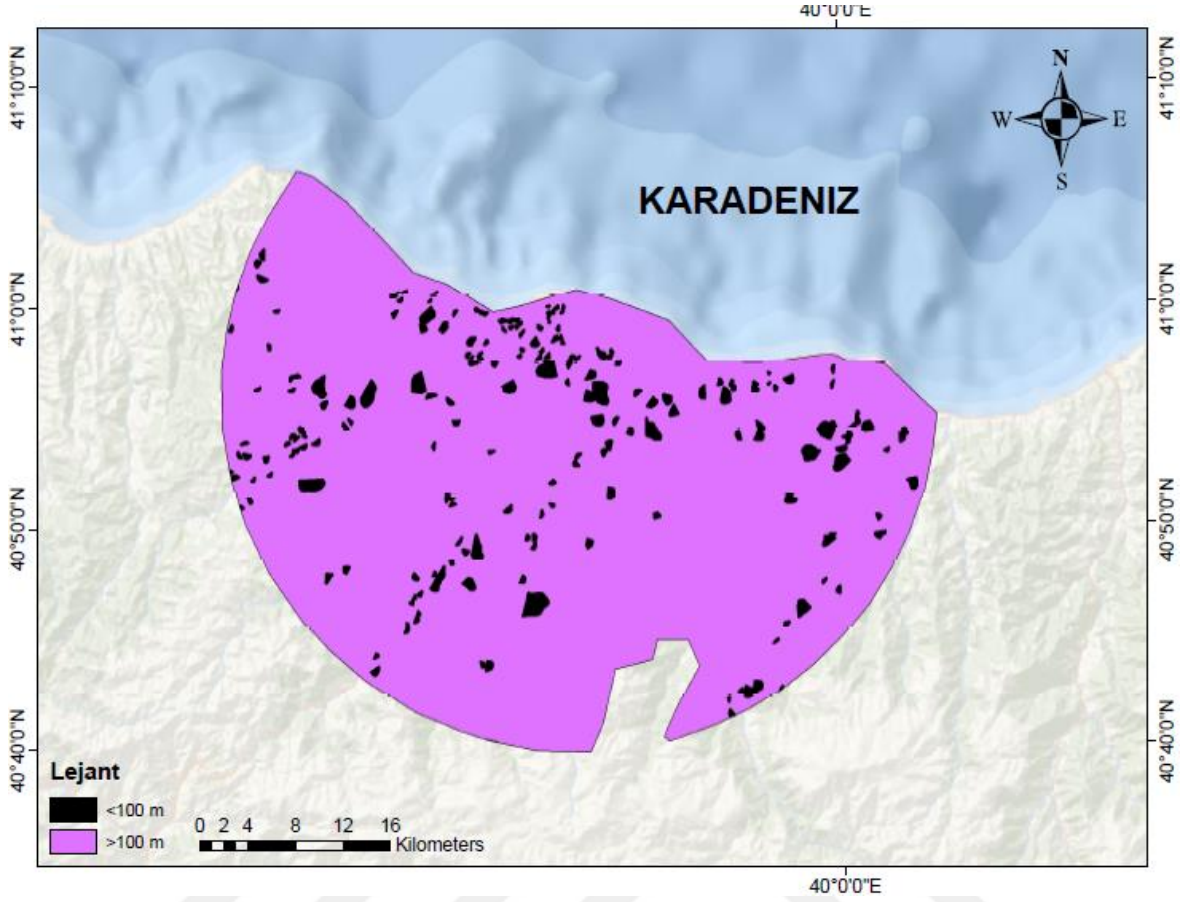
Katı atık depolama alanı seçiminde jeoloji önemli bir faktördür ve jeolojik bariyerin kalınlığı da sızıntı suyunun sızmasına izin vermemesi için önemlidir (Bosompem, vd. 2009, Şener, vd. 2010, Yıldırım, vd. 2016). Ancak jeolojik faktörlerin formasyon bazında haritalanması, düzenli depolama haritası hazırlanması açısından uygun değildir. Çünkü aynı formasyona ait birimlerde bile çok yakın alanlarda yerel jeolojik koşullar değişmektedir. Bu nedenle ayrıntılı jeolojik ve jeoteknik raporlar sondaj ve jeofizik ölçümlere dayandırılarak fizibilite çalışması sırasında gerçekleştirilmelidir. 1/25000 ölçekli haritaların kullanılmasında ise sadece alüvyonlar uygun olmayan alanlar olarak değerlendirilmiştir ve jeoloji haritası bu şekilde oluşturulmuştur (Şekil 16).



Şekil 16. Trabzon için jeolojik özelliklere dayalı sınırlama haritası

3.2.1.4. Heyelan Bölgelerinden Uzaklık

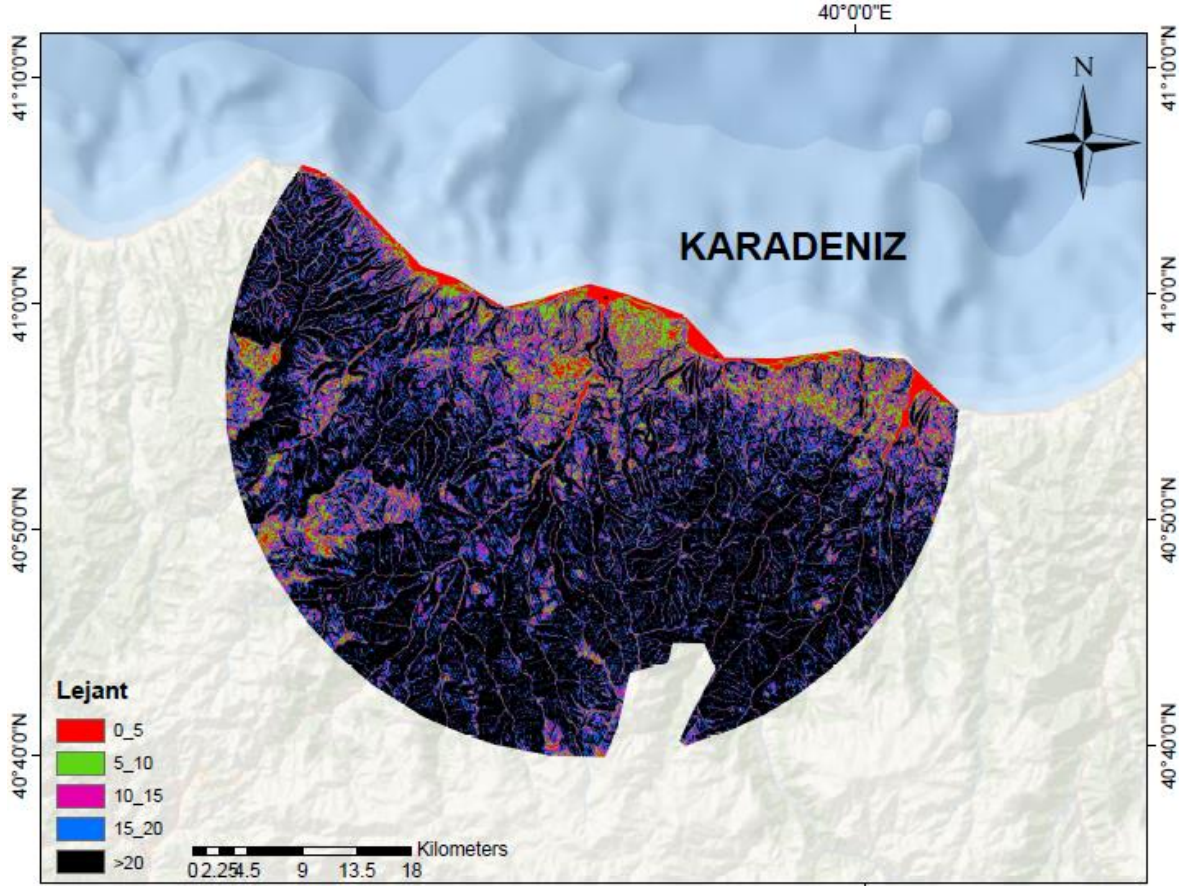
Aktif hareketler katı atık depolama alanlarında çeşitli stabilite sorunlarına neden olabilir. Bu nedenle depolama alanlarının seçiminde duraylı olan alanlar seçilmelidir. Katı atık depolama alanları seçilirken heyelanlı alanlara 100 metreden yakın olan alanlarda depolama yapılmaması gerektiği birçok kaynakta belirtilmiştir (Abd-El Monsef, vd. 2015), (Yıldırım, Ü., 2012), (Ersoy, H., 2007). Bu çalışmada ise hazırlanan haritada heyelan alanlarına 100 metre yakın mesafede tampon bölgeler oluşturulmuştur (Şekil 17).



Şekil 17. Trabzon için heyelan bölgelerinden uzaklık haritası

3.2.2. Arazi Eğimi

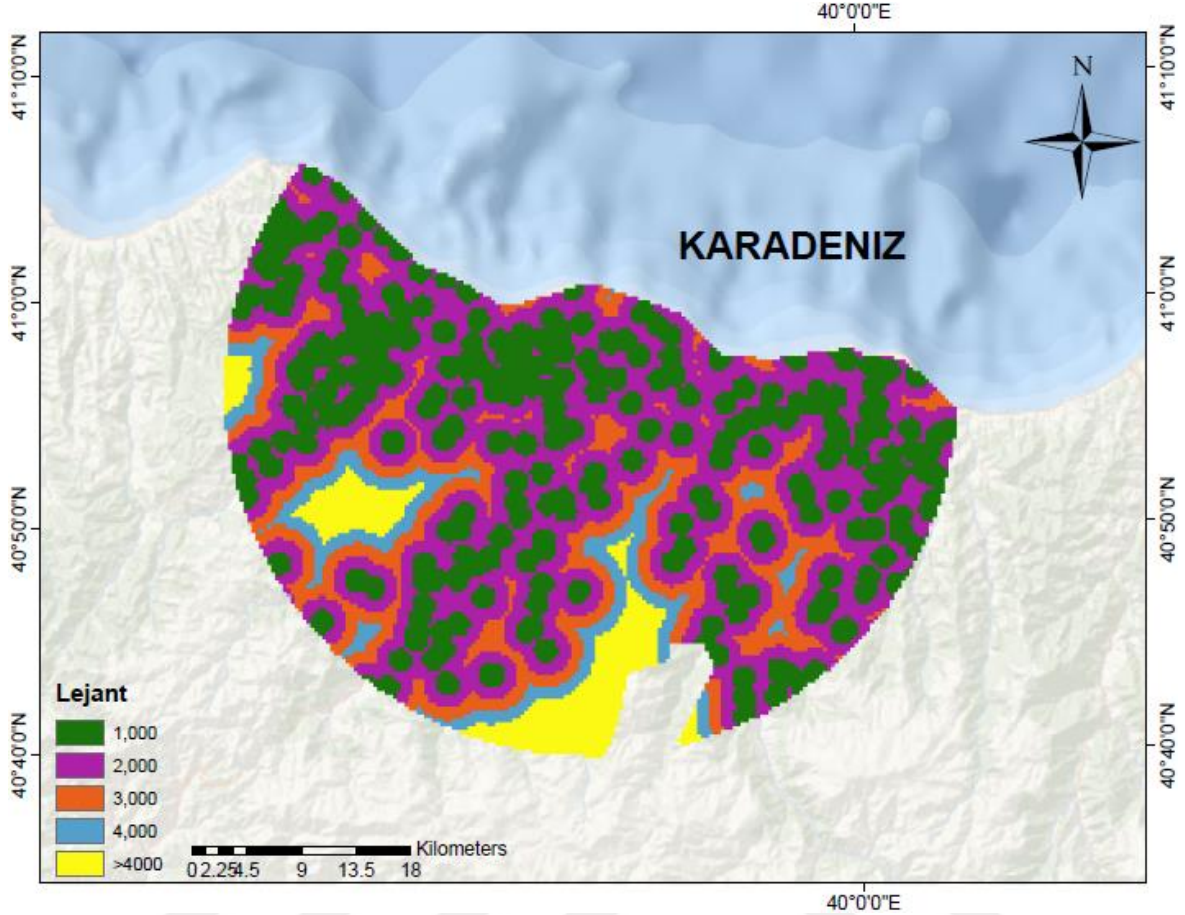
Katı atıklar için düzenli depolama yeri seçiminde arazi eğimi çok önemli bir kriterdir. Özellikle eğim derecesi fazla olan alanlarda yatırım maliyeti artmakta, ulaşım problemleri ortaya çıkmaktadır. Tartışmalara ve farklılıklara rağmen katı atık tesisleri için birçok kaynakta en uygun arazi eğimi 5 derece verilmekte 20 dereceden yüksek eğimli alanlar ise uygun olmayan alanlar olarak tanımlanmaktadır (Afzali vd.2014, Chamchali vd.2019), (Babalola, A., & Busu, I. 2011), (Al-Hanbali, A.,2011). Çalışmada da tüm bunlar dikkate alınarak eğim haritası oluşturulmuş ve farklı eğimlere ait bölgeler belirlenmiştir (Şekil 18).



Şekil 18. Çalışma alanına ait eğim haritası

3.2.3. Yerleşim Alanlarına Uzaklık

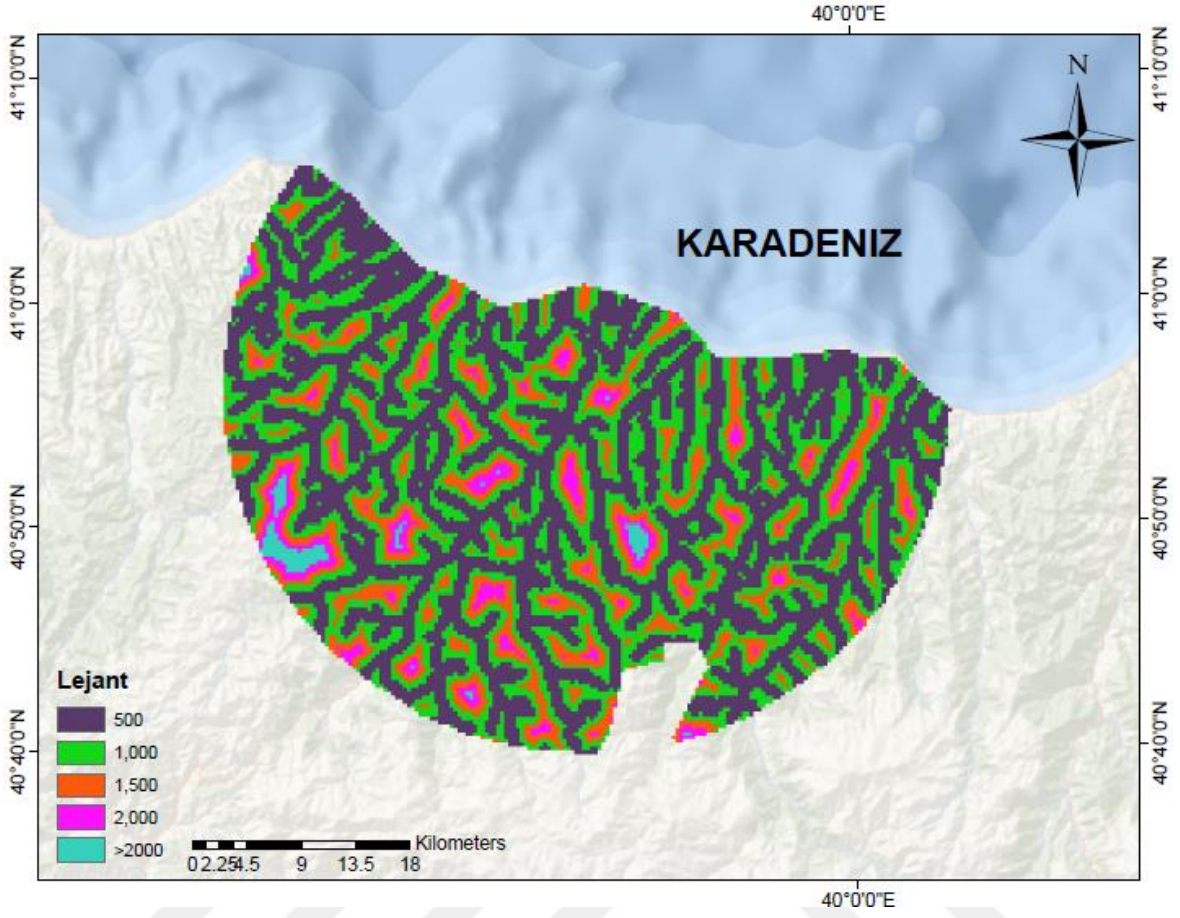
Düzenli depolama alanlarının seçimini etkileyen faktörlerden biri de çevresel etki, yani katı atıkların depolanacağı alandaki yerleşim alanlarına olan uzaklıktır. Çünkü kamu baskısı mühendislik projelerinin uygulanması aşamasında çok etkilidir. Bu nedenle katı atık depolama alanlarının yerleşim alanına olan mesafenin 1000 metreden az olduğu yerlerde inşa edilmesi yönetmeliklerle yasaklanmıştır. Ancak, bazı durumlarda, devlet onayı ile depolama tesisleri etrafında tepeler, yığınlar ve ağaçlandırma gibi engeller varsa, bu mesafenin daraltılması mümkün kılınmaktadır. Çalışmada bu değerler dikkate alınarak oluşturulan yerleşim alanına uzaklık haritası Şekil 19'de verilmiştir.



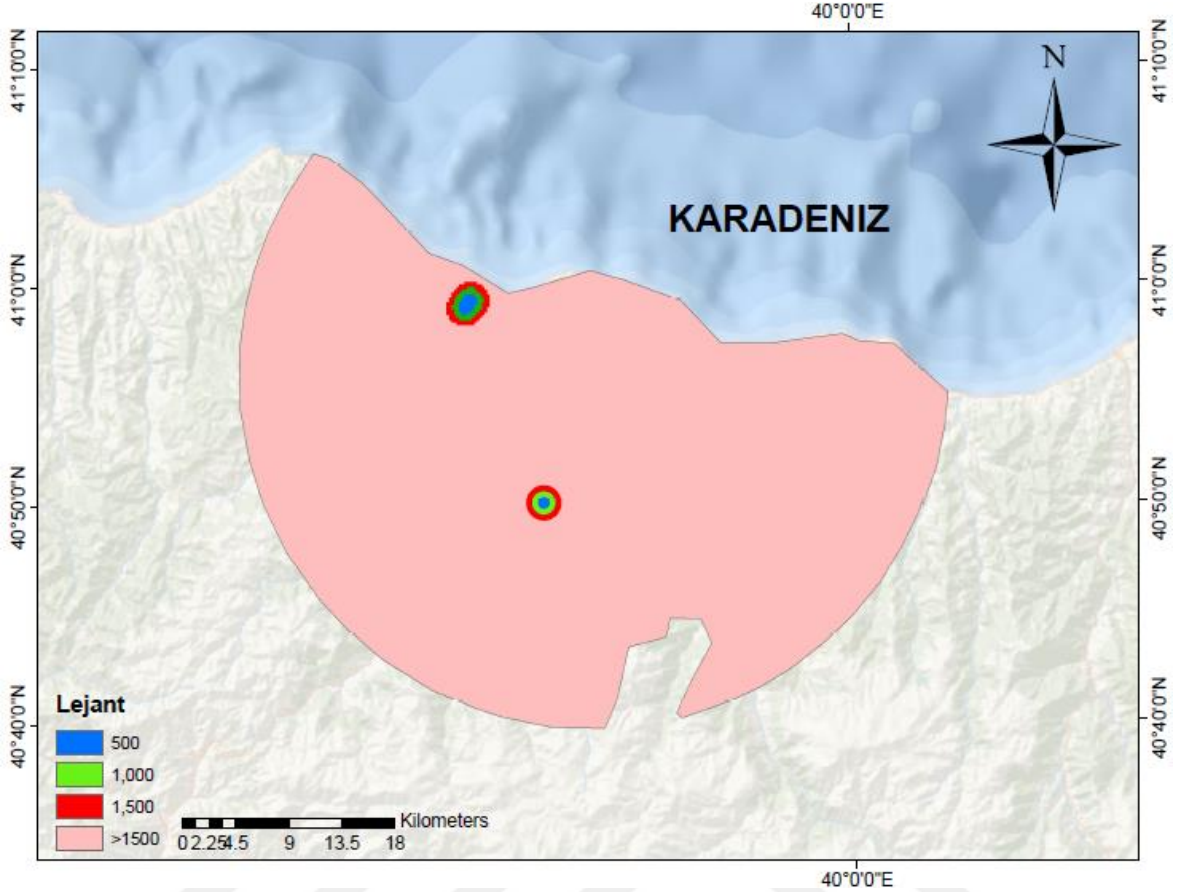
Şekil 19. Trabzon için Yerleşim alanlarına uzaklık haritası

3.2.4. YüzeY Suyu Kaynaklarına Uzaklık

Katı atıkların bertaraf edilmesi için uygun alan seçerken yüzeY suyuna olan uzaklık çok önemli bir faktördür (Karimi, vd. 2018). Özellikle taşkın riski, alıcı ortamların ve içme suyu kaynaklarının kirletilme durumu söz konusu olduğu için bertaraf tesislerinin yüzeY sularına yakın olması tercih edilmez (Barakat, vd. 2017). Çalışma kapsamında yüzeY suyu, akarsular ve göller olarak 2 başlık altında toplanmış ve yüzeY suyuna uzaklık haritaları hazırlanmıştır (Şekil 20 ve Şekil 21).



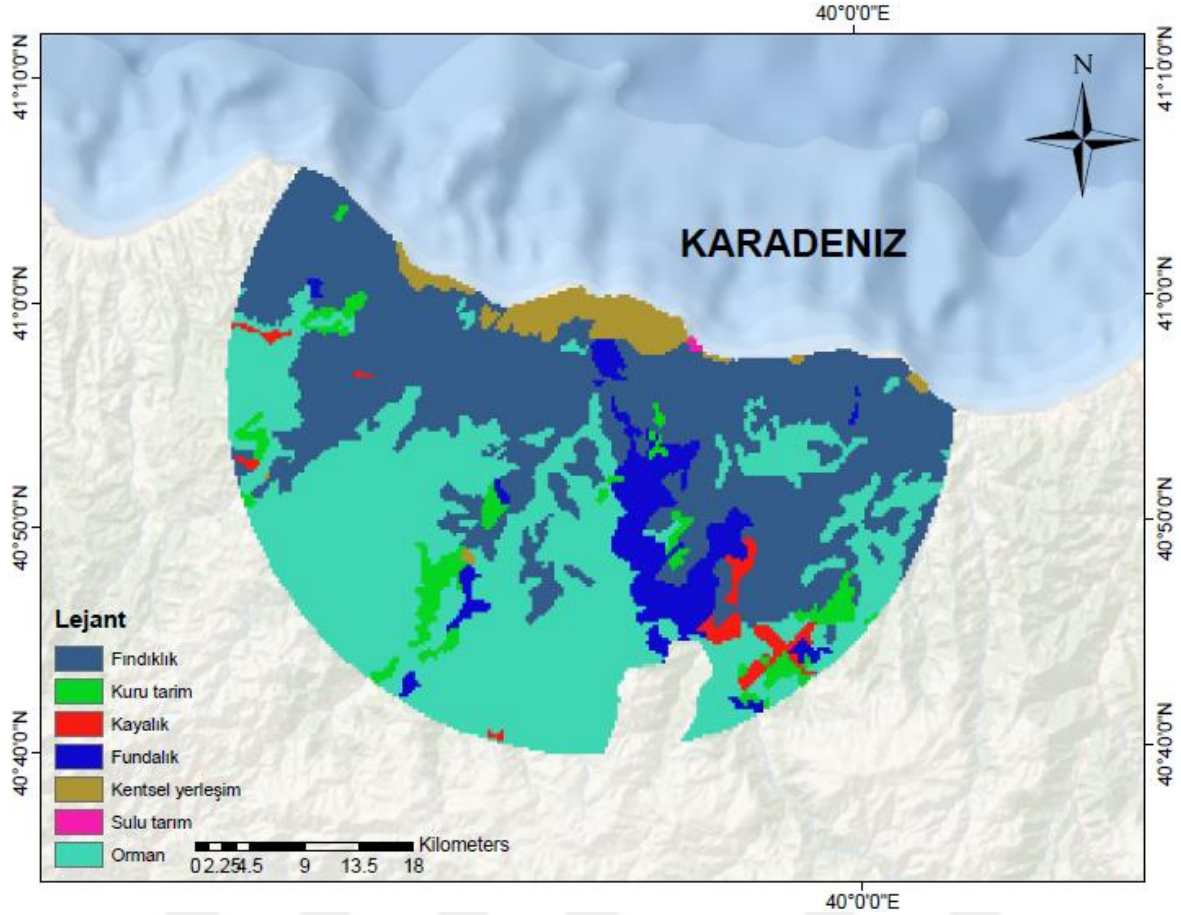
Şekil 20. Trabzon için Yüzeş suyuna ve doğaş kaynaşlara uzaklık sınıflandırma haritası



Şekil 21. Trabzon için göllerden uzaklık sınıflandırma haritası

3.2.5. Arazi Kullanımı

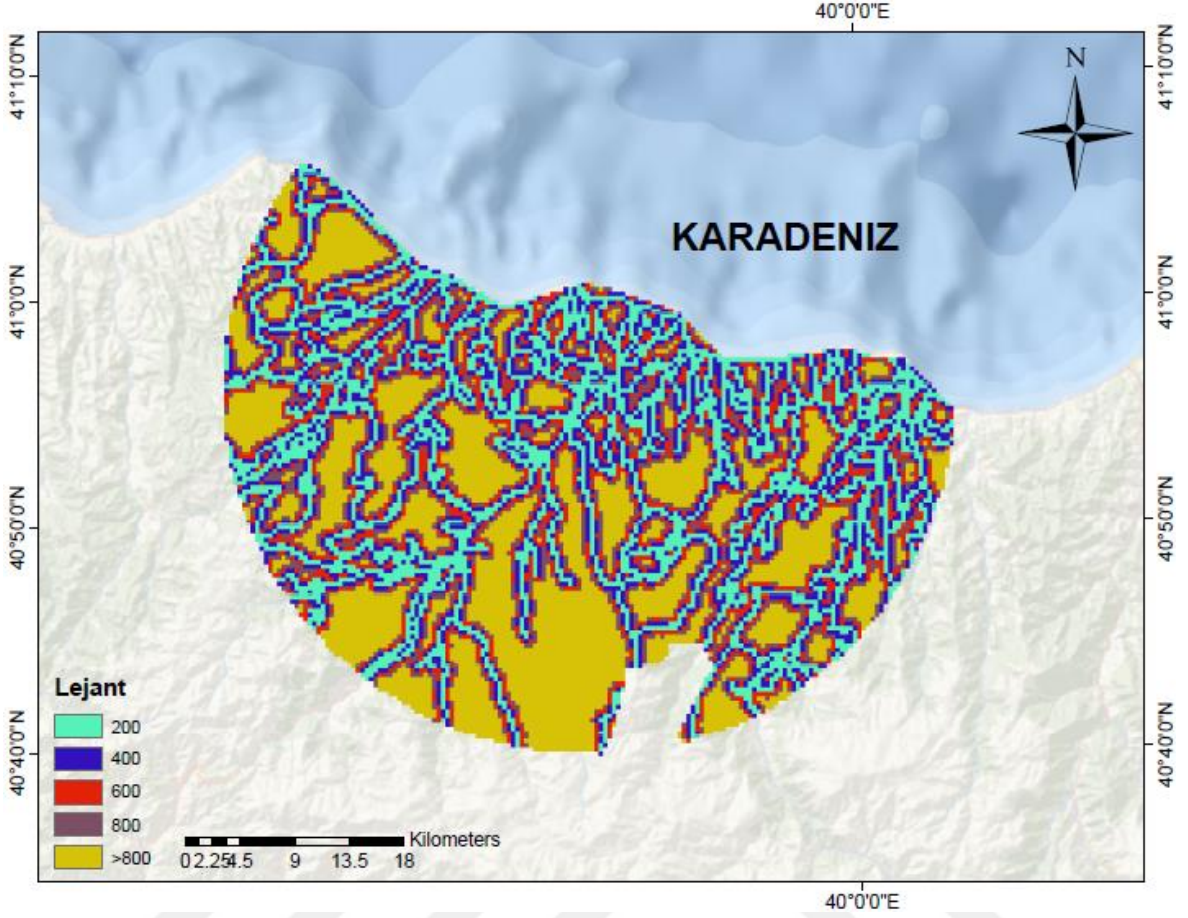
Düzenli depolama yeri seçiminde arazi kullanım haritalarının rolü büyüktür. Gerek ekonomik, gerekse kamu baskısı gibi faktörler nedeniyle, bugün ve gelecekteki arazi kullanım potansiyelinin bilinmesi, katı atık yönetim çalışmalarında önem taşır. Bir çok çalışmada orman, mera ve taşkın alanlarının düzenli depolama için uygun olmadığı ortak görüşü mevcuttur (Langer, 1995; Gupta vd., 2003, Abd-El Monsef, vd.2015). Bu çalışmada literatür verileri dikkate alınarak arazi kullanım sınıfları tanımlanmış ve Trabzon ili arazi kullanım haritası oluşturulmuştur (Şekil 22).



Şekil 22. Trabzon için Arazi kullanım haritası

3.2.6. Karayollarına Olan Uzaklık

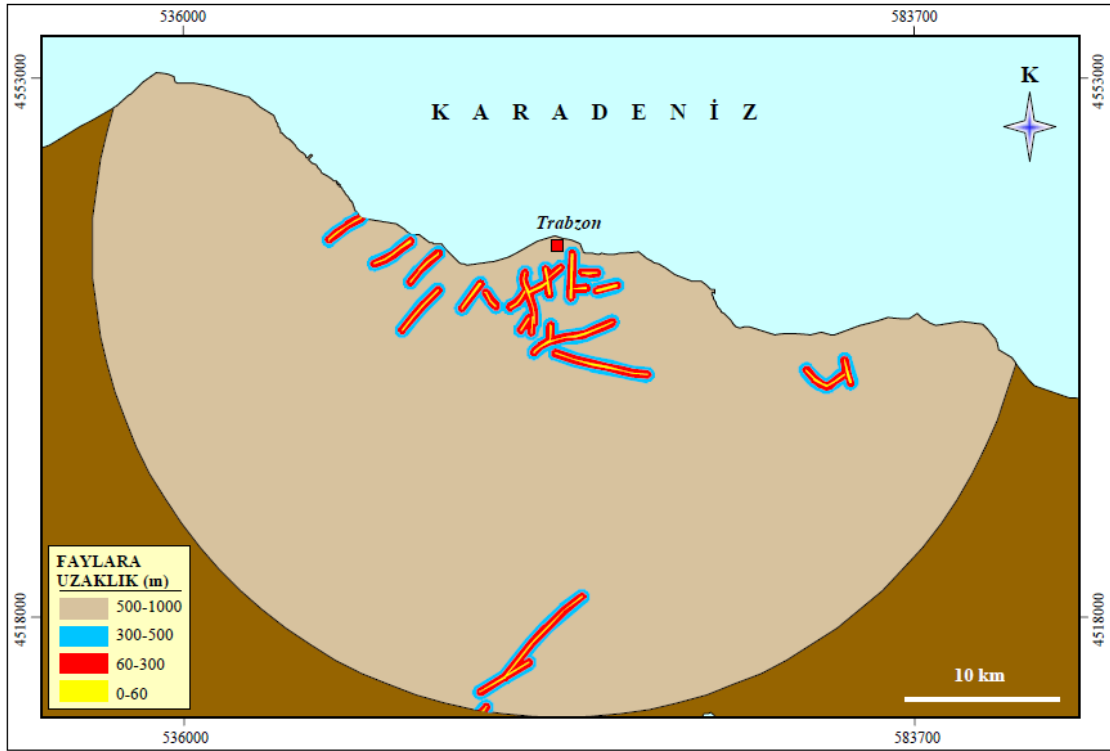
Karayollarına olan uzaklık katı atık depolama sahasının inşasında önemli faktörlerden biridir, çünkü doğrudan maliyet ile ilgilidir. Yeni yolların inşası istimlak problemini ortaya çıkardığı gibi kamu muhalefetini de beraberinde getirebilir. Bu nedenle birçok kaynakta tespit edilen alanın karayoluna 200 metreden yakın olması tercih edilir. 1 km den uzak alanlar ise genellikle tercih edilmezler (Yıldırım, vd.2016, Yesilnacar, vd.2012, Güler, D., 2016). Literatür verileri dikkate alınarak hazırlanan karayoluna olan uzaklık haritası Şekil 23'te verilmiştir.



Şekil 23. Trabzon için Karayollarına uzaklık Karayollarına olan uzaklık sınıflandırma haritası

3.2.7. Faylara Uzaklık

Kayaçların tektonik özellikleri, katı atıklar için düzenli depolama alanı seçerken önemli kriterlerden biridir. Kırık ve çatlaklı kayaçlar yüzey sularının ve çevreye taşınmasına katkıda bulunurlar (Afzali, vd). Bu nedenle, faylanmanın etkisinde olmayan ve faylanma ile oluşabilecek çatlakların çok az görüldüğü alanlar, depolama alanları için uygundur (Langer, 1995). Bu nedenle katı atık düzenli depolama yeri seçiminde hareketini tamamlamış aktif olmayan faylardan en az 60 metre uzaktaki alanlar tektonik açıdan uygun alan olarak nitelendirilirler (EPA, 1993; Jesus ve Costa, 1997; Krause, 1997, Lolos vd., 1997). Çalışmada literatür verileri değerlendirilerek oluşturulan faylara uzaklık haritası Şekil 24’te verilmiştir.



Şekil 24. Trabzon için faylara uzaklık haritası

3.4. Düzenli Depolama Alanı Seçimi İçin Hiyerarşinin Oluşturulması

Çalışmada, oluşturulan konumsal haritaların tanımlanması, puanlanması ve üst üste bindirme yöntemi kullanılarak uygunluk haritasının hazırlanması için, her bir kritere (katmana) ve katman içinde bulunan tampon zonlara ilgili puanların atanması gerekmektedir. Bu amaçla bu çalışmada analitik hiyerarşi yöntemi uygulanmış, ilk aşamasında, genel amaçlar, uygulama kriterleri ve kriterlerin konumsal analizlerde tanımlanması yapılmıştır. Düzenli depolama uygunluk haritasının oluşturulması için tasarlanan akış şeması Şekil 24'te verilmiştir. Bu akış şeması problemin hiyerarşisini vermekte ve ilk düzeyi genel amacın düzenli depolama yeri seçimi olduğunu göstermektedir. İkinci düzeydeki 10 adet kriter genel amaca ulaşmada katkıda bulunurken, üçüncü düzeydeki her bir karar alternatifi kriterler için ayrı ayrı değerlendirilmekte ve CBS ortamında oluşturulan tampon alanlar ve sınır faktörler belirlenmektedir.

Uygunluk haritası oluşturulurken, insan sağlığı açısından risk oluşturan, yasal olarak uygun olmayan, maliyet açısından riskli olan ve yerel olarak uygun görülmeyen alanlar, belirlenen ölçüler çerçevesinde CBS uygulamaları yardımıyla maskelenmiştir (bu

alanlar değerlendirme dışına atılmıştır) (Tablo 5). Sınırlama haritaları, her bir kriter için oluşturulmuş konumsal haritalar içerisinde altlık olarak kullanılmıştır (Ersoy 2007).

AHP kullanılarak CBS haritasının oluşturulmasında katman puanlarının belirlenmesi amacıyla karşılaştırmalar matrisi oluşturulmuş, satırlardaki ölçütle karşılaştırıldığında sütunlarda ölçütün göreceli önemini gösteren karşılaştırma matrisi Tablo 7’de verilmiştir. Tablo 6 oluşturulurken Tablo 4’te verilen tanımlama ve karşılaştırma ölçütleri kullanılmıştır. Ancak oluşturulan tabloda heyelanlara uzaklık, şehir merkezine uzaklık, hava alanına uzaklık ve jeoloji kriterleri sadece sınırlayıcı faktörler olduğu için, bu kriterler çıkarılarak ağırlık yüzdeleri tekrar oranlanmıştır (Tablo 7).

Tablo 6. Karşılaştırma matrisi ve önem ağırlığı

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Önem Derecesi
A	1.0	2	1.0	2	2	2	0.5	0.5	0.5	2	0.11
B	0.5	1.0	2	2	2	2	1.0	2	0.5	2	0.13
C	1.0	0.5	1.0	2	2	2	1.0	0.5	2	2	0.12
D	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	0.5	0.5	1.0	0.5	1.0	0.06
E	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	2	0.5	2	0.5	1.0	0.08
F	0.5	0.5	0.5	2.0	0.5	1.0	0.5	0.5	1.0	2	0.07
G	2.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	1.0	0.5	0.5	1.0	0.10
H	2.0	0.5	2.0	1.0	0.5	2.0	2.0	1.0	2	0.5	0.12
I	2.0	2.0	0.5	2.0	2.0	1.0	2.0	0.5	1.0	2	0.13
J	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	0.5	1.0	2.0	0.5	1.0	0.08

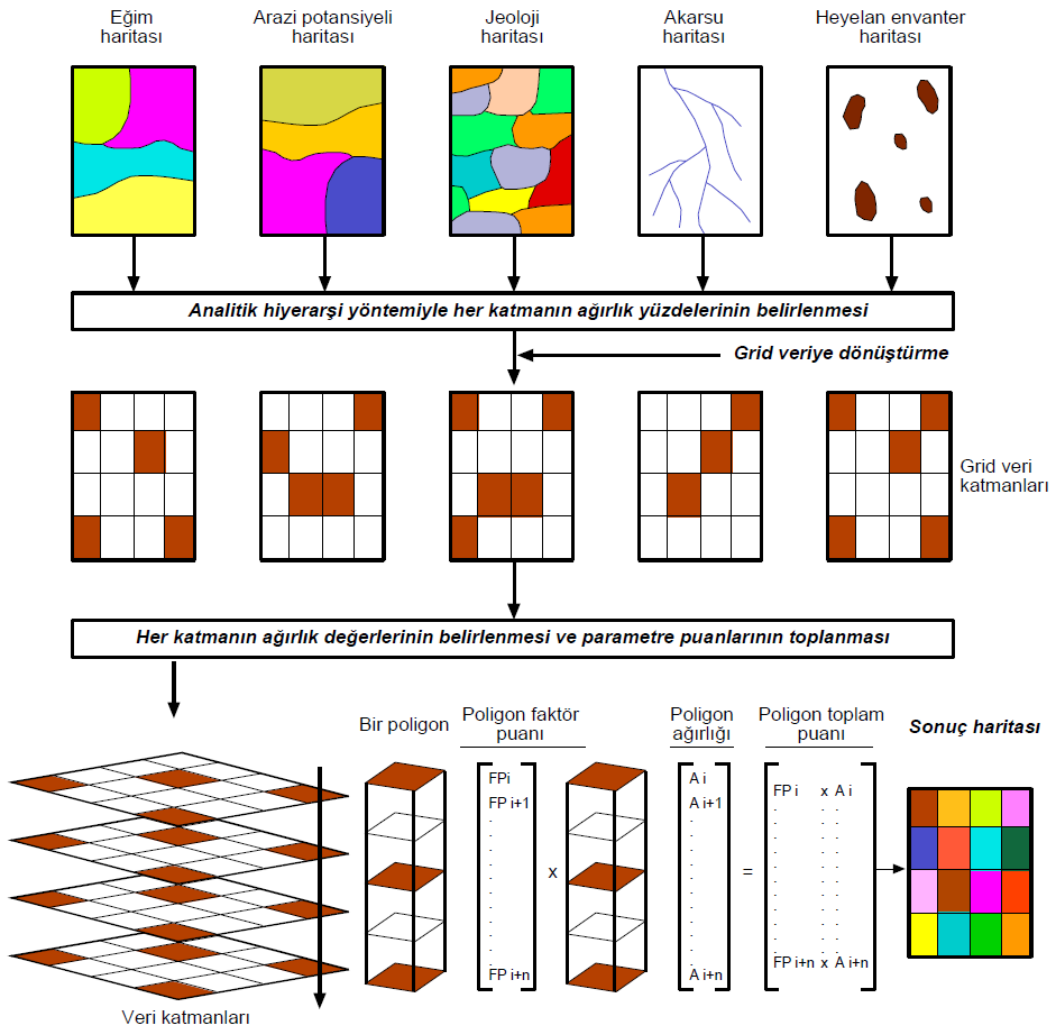
A: Arazi eğimi, B: Arazi kullanımı, C: Faylara uzaklık, D: Havaalanına uzaklık, E: Heyelanlara uzaklık, F: Jeoloji, G: Karayollarına uzaklık, H: Yerleşim alanlarına uzaklık, I: Yüzey sularına uzaklık, J: Şehir merkezine uzaklık.

Tablo 7. Sınırlama faktörlerinin çıkarılması durumunda oluşturulan katmanlara ait ağırlık yüzdeleri

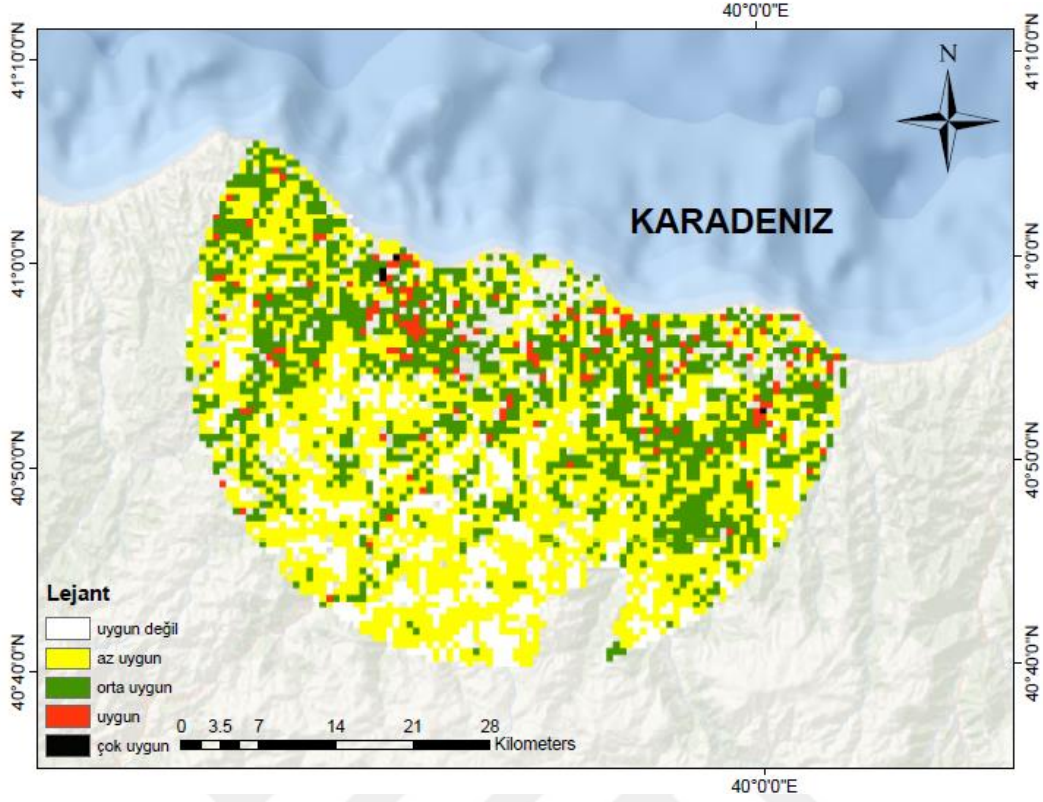
Katman	Ağırlık Yüzdesi (%)
Arazi eğimi	15
Arazi kullanımı	18
Faylara uzaklık	17
Karayollarına uzaklık	14
Yerleşim alanlarına uzaklık	17
Yüzey sularına uzaklık	18

3.5. Uygun Düzenli Depolama Alanı Seçimi Haritasının Oluşturulması

Bu çalışmada, düzenli depolama uygunluk haritalarının oluşturulmasına yönelik arazi ve büro çalışmaları sonucu elde edilmiş veriler yardımıyla konumsal veri tabanları oluşturulmuştur. Raster veri modeline dönüştürülen veri katmanlarının, daha önceki bölümlerde anlatılan Analitik Hiyerarşi Yöntemiyle oluşturulan model yardımıyla hem veri katmanı bazında hem de kriterler bazında ağırlıkları belirlenerek analizler yapılmıştır. Ağırlık değerlerinden büyük olanlar düzenli depolama yeri seçimine en çok etki eden kriterlerdir. Bu analizlerin temeli, her katmanda aynı bir poligonun alacağı özellik ile bunun matematiksel değeri ve uygunluk haritasındaki etkisini belirlemeye dayanmaktadır. CBS'nin bu işlem akışı Şekil 25'te verilmiştir. Akış şemasına göre hazırlanan uygunluk haritası ise Şekil 26'te verilmiştir.

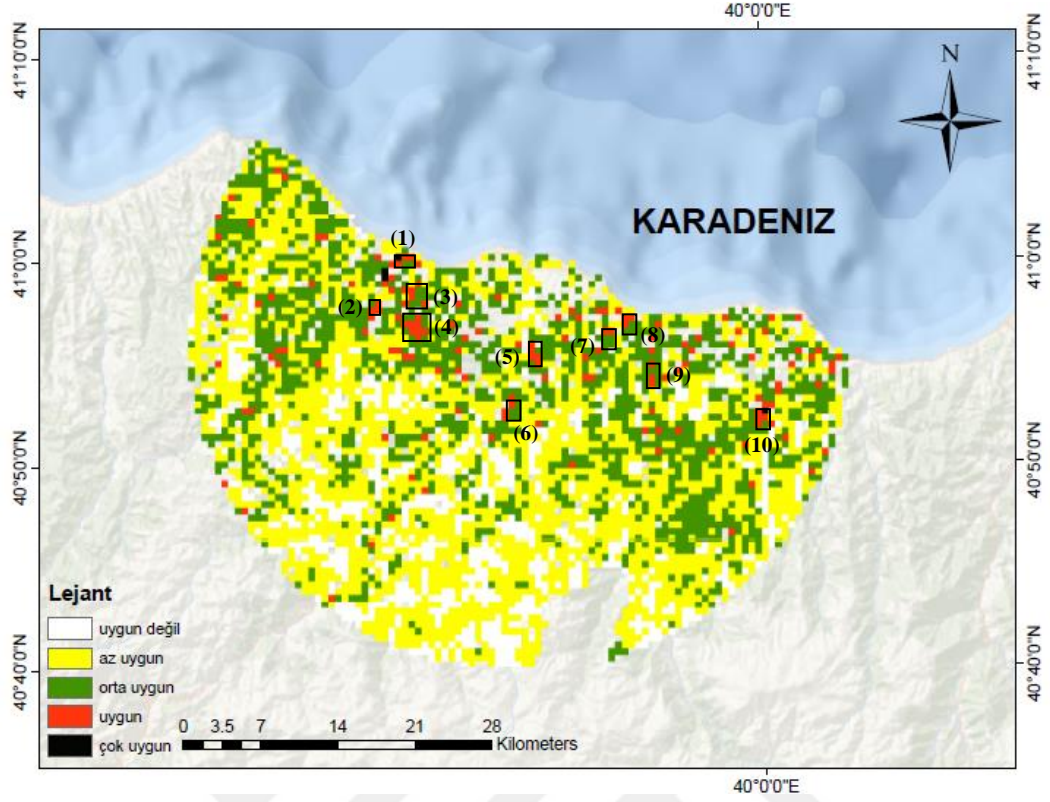


Şekil 25. CBS ve AHP'nin yer seçimi çalışmaları için uygulanması (Ersoy 2007).



Şekil 26. Trabzon katı atık düzenli depolama sahası uygunluk haritası

Hazırlanan Trabzon ili katı atık düzenli depolama uygunluk haritası değerlendirildiğinde çalışma alanının % 70'inin uygun olmayan ve az uygun alan sınıfında olduğu görülmektedir. Uygun ve çok uygun alanlar ise toplam çalışma alanının % 5'ine karşılık gelmektedir. Bu nedenle özellikle Trabzon ili için uygun düzenli depolama alanı belirlemenin çok zor bir uygulama olduğu görülmektedir. Uygun alanlar içinde yapılan değerlendirmelerde özellikle kamu tutumu şehir merkezine ve yerleşim alanlarına uzaklık gözetilerek 10 farklı alanın değerlendirmeye alınması gerekliliği ortaya koyulmuştur (Şekil 25).



Şekil 27. Trabzon katı atık düzenli depolama sahası uygunluk haritasına göre düzenli depolama için çalışılması önerilen alanlar (1: Helvacı-Akçaabat, 2: Kirazlık-Akçaabat, 3: Demirtaş-Akçaabat, 4: Fındıklı-Akçaabat, 5: Trabzon Merkez İlçe, 6: Alaçam-Maçka, 7: Kaşüstü-Yomra, 8: Çınarlı-Yomra, 9: Şanlı-Yomra, 10: Ayvadere-Araklı)

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Topografik, jeolojik ve iklimsel özelliklerinin yanı sıra yerleşimin dağınık ve kamu muhalefetine yüksek olduğu Doğu Karadeniz kıyı illerinde katı atık düzenli depolama alanı yeri seçimi uygulamaları maliyet faktörünün önüne geçmektedir. Özellikle atık bileşimi de dikkate alındığında nihai bertaraf yönteminin düzenli depolama olması zorunluluğu, bölgedeki en önemli çevre sorununun katı atık düzenli depolama yeri seçimi olmasına neden olmaktadır.

Doğu Karadeniz kıyı illerinden biri olan Trabzon ilinde ise günde 500 tondan fazla katı atık üretilmektedir. Bu kapsamda Trabzon ve Rize ilinin katı atıkları Trabzon İli, Sürmene İlçesi, Çamburnu Mahallesi'nde yaklaşık 171.000m²'lik bir sahada bulunan Kutlular Katı Atık Düzenli Depolama Tesisinde bertaraf edilmektedir. Tesisin kapasitesi nedeniyle depolama işleminin 2020 yılı sonu itibariyle tamamlanacağı ön görülmektedir. Bu nedenle Trabzon ili Araklı ilçesi Taşönü Mahallesi sınırları içerisinde 243563,54 m² lik bir arazi TRAB-Rİ KAP'a devredilmiş, bu alan Yap-İşlet-Devret Modeli ile ihale edilerek katı atıkların, Ulusal ve AB katı atık mevzuatına uyumlu bir şekilde bertaraf edilmesi planlanmıştır. Alanda 2019 yılı itibariyle fizibilite çalışmaları tamamlanmıştır. İnşaat uygulamalarının ise Kasım 2020'de tamamlanması planlanmaktadır. Tesis, Trabzon ve Rize illerinin atıklarını çevreye zarar vermeyecek şekilde depolamak üzere yüksek teknoloji kullanılarak tasarlanmıştır. Ancak yapılan çalışmalar da bu tesisin depolama ömrünün 10-15 yıl arasında değiştiği göstermektedir.

Tüm bu faktörler dikkate alınarak bu çalışma kapsamında Trabzon ili katı atıkları için uygun düzenli depolama alanları belirlenmeye çalışılmış, uygulamada coğrafi bilgi sistemlerinin konumsal analiz tekniklerinden ve çok kriterli karar verme analizlerinden biri olan analitik hiyerarşi yönteminden yararlanılmıştır. Tezin bir diğer amacında, mevcut bertaraf tesislerinin ömrünü tamamlamasından önce belirlenecek alanlarda fizibilite çalışmalarına imkan verecek şekilde zamanın optimum şekilde kullanılmasıdır. Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır;

1. Çalışmanın il aşamasında katı atık düzenli depolama yeri seçimi ile ilgili güncel literatür değerlendirilmiş ve bu çalışmalarda kullanılan yer seçim kriterlerinin kullanılma yüzdeleri ortaya koyulmuştur. Çalışmalarda genel olarak 20 farklı kriterin kullanıldığı belirlenmiş, bu kriterler içinde en çok tercih edilenlerin ise

arazi eğimi, yola ve akarsulara uzaklık olduğu, şehir merkezine, faylara uzaklık, jeoloji ve yeraltı suyu durumunun ise verilen ilk kriterlere göre daha az kullanıldığı anlaşılmıştır. Tüm bu veriler ve bölgenin özellikleri dikkate alındığında ise; (1) jeoloji, (2) arazi eğimi, (3) şehir merkezine uzaklık, (4) yerleşim alanlarına uzaklık, (5) yola uzaklık, (6) yüzey sularına uzaklık, (7) faylara uzaklık, (8) heyelanlı alanlara uzaklık, (9) arazi kullanımı ve (10) hava alanına uzaklık kriterlerinin Trabzon ili düzenli depola alanı seçiminde kullanılmasının uygun olduğu belirlenmiştir.

2. Bu kriterlerin içinde bazı koşulların sağlanamaması durumunda diğer koşullar ne kadar uygun olursa olsun, çalışılan bölgenin uygun olmadığı sonucuna varılır. Bu kriterler sınırlayıcı faktörler olarak tanımlanır ve yerel faktörler, yasal mevzuat vb gibi parametrelere bağlıdır. Bu çalışmada da, literatürde maliyet dikkate alınarak önerilen maksimum 30 km'lik taşıma mesafesi dikkate alınmış ve şehir merkezinden itibaren oluşturulan 30 km'lik tampon bölgede analizler gerçekleştirilmiştir.
3. Trabzon ilinde yapılan önceki çalışmalar ve literatür verileri değerlendirilerek, heyelanlara uzaklık (60 m'den yakın olan alanlar), hava alanına uzaklık (3000 metreden yakın olan alanlar) ve jeoloji (alüvyonlar) sınırlayıcı faktörler olarak kabul edilmiştir.
4. CBS nin konumsal analiz teknikleri uygulanarak sınırlayıcı faktörler ve (1) arazi eğimi, (2) yerleşim alanlarına uzaklık, (3) yola uzaklık, (4) yüzey sularına uzaklık, (5) faylara uzaklık, (6) arazi kullanımı katmanları ayrı ayrı oluşturulmuştur.
5. Farklı katmanların ağırlık yüzdeleri AHP verileri kullanılarak değerlendirilmiş, oluşturulan karşılaştırmalı matris sayesinde; arazi kullanımı ve yüzey sularına uzaklık katmanlarının ağırlık yüzdeleri %18, faylara uzaklık ve yerleşim alanlarına uzaklık katmanlarının ağırlık yüzdeleri %17, eğim katmanına ait ağırlık yüzdesi %15 ve karayoluna uzaklık katmanının ağırlık yüzdesi %14 olarak hesaplanmıştır.
6. Çalışmanın son aşamasında tüm veriler birlikte değerlendirilerek farklı katmanların ağırlık yüzdeleri değerleri kullanılmış ve Trabzon ili katı atık düzenli depolama uygunluk haritası hazırlanmıştır.

7. Hazırlanan haritada Trabzon ili için kullanılan 30 km çapındaki tampon bölgede alansal olarak %70'inin depolama için uygun olmadığı, ancak %5'lik bölümün uygun alan niteliğinde olduğu görülmüştür. Bu bölgelerde tam olarak 10 farklı bölge için fizibilite çalışmalarının yapılması önerilmiştir.
8. Uygunluk haritası kullanılarak belirlenen alanların jeoteknik açıdan uygun olup olmadığının belirlenmesi amacıyla, sondaja dayalı jeolojik-jeoteknik çalışmaların yapılması, zemin geçirimsizliğe yönelik veri elde edilmesi amacıyla yerinde arazi deneylerinin uygulanması önerilmektedir.



5. KAYNAKLAR

- Abd-El Monsef, H., Optimization of municipal landfill siting in the Red Sea coastal desert using geographic information system, remote sensing and an analytical hierarchy process, Environmental earth sciences, 74,3 (2015) 2283-2296.
- Afzali, A., Sabri, S., Rashid, M., Samani, J. M. V. ve Ludin, A. N. M., Inter-municipal landfill site selection using analytic network process, Water resources management, 28,8 (2014) 2179-2194.
- Aksoy, E., San, B. T., Geographical information systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) integration for sustainable landfill site selection considering dynamic data source, Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 78 (2019) 779-791.
- Alanbari, M. A. ve Jasim, H. K. Solid Waste Landfill Site Selection Using GIS and Multicriteria Decision Analysis: Case Study in Al-Hilla Qadaa, (2012).
- Alavi, N., Goudarzi, G., Babaei, A. A., Jaafarzadeh, N. ve Hosseinzadeh, M., Municipal solid waste landfill site selection with geographic information systems and analytical hierarchy process: a case study in Mahshahr County, Iran, Waste Management & Research, 31,1 (2013) 98-105.
- Al-Hanbali, A., Alsaaidh, B. ve Kondoh, A., Using GIS-based weighted linear combination analysis and remote sensing techniques to select optimum solid waste disposal sites within Mafraq City, Jordan, Journal of Geographic Information System, 3,4 (2011) 267.
- Allen, A.R., Dillon, A. ve O'Brien, M., Approaches to Landfill Site Selection in Analysis Using Fuzzy Relation for Landfill Siting, Journal of Urban Planning and and the Environment, Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5410 877 0 (2000) 1569-1574.
- Babalola, A., & Busu, I., Selection of landfill sites for solid waste treatment in Damaturu Town-using GIS techniques, Journal of Environmental Protection, 2(01), (2011). 1.
- Bahrani, S., Ebadi, T., Ehsani, H., Yousefi, H. ve Maknoon, R., Modeling landfill site selection by multi-criteria decision making and fuzzy functions in GIS, case study: Shabestar, Environmental Earth Sciences, Iran. 75.4 (2016) 337.
- Balaban, Y. ve Baki, B., Analitik Ağ Süreci Yaklaşımıyla En Uygun Katı Atık Bertaraf Sisteminin Belirlenmesi: Trabzon İli Örneği, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 24. 3 (2010) 183-193

- Barakat, A., Landfill site selection with GIS-based multi-criteria evaluation technique. A case study in Béni Mellal-Khouribga Region, Morocco, Environmental earth sciences, 76,12 (2017) 413.
- Bosompem, C., Stemn,E. ve Bernard, F., Multi-criteria GIS-based siting of transfer station for municipal solid waste: The case of Kumasi Metropolitan Area, Ghana, Waste Management & Research, 34,10
- Chamchali, Mortazavi,M., Tafreshi,A,M. ve Ghazaleh,T,M., Utilizing GIS linked to AHP for landfill site selection in Rudbar County of Iran." GeoJournal (2019) 1-21.
- Ciritci, D. ve Türk, T., Alternatif katı atık depolama alanlarının analitik hiyerarşi süreci ve coğrafi bilgi sistemleri ile otomatik olarak belirlenmesi: Sivas ili örneği, Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi, 6.1(2019) 61-74
- Coban, A., Firtina Ertis, İ., Ayvaz Cavdaroglu, N., Municipal solid waste management via multi-criteria decision making methods: A case study in Istanbul, Turkey,Journal of Cleaner Production, 180 (2018) 159-167.
- Çilek, M.Ü., Çilek, A. ve Güner, E.D., Adana Katı Atık Toplama Tesisinin Mevcut Yer Seçim Uygunluğunun Konumsal Bilgi Teknolojileri ile Değerlendirilmesi, Bilge International Journal of Science and Technology Research, 3, (2019) 89-105
- De Feo, G., & De Gisi, S., Using an innovative criteria weighting tool for stakeholders involvement to rank MSW facility sites with the AHP, Waste Management, 30,11 (2010) 2370-2382.
- Erdoğan, B., B., 2019. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi Yer Seçimi, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Ersoy, H., & Bulut, F., Spatial and multi-criteria decision analysis-based methodology for landfill site selection in growing urban regions, Waste Management and Research, 27,5 (2009) 489-500.
- Ersoy, H., 2007. Trabzon İli Katı Atıkları İçin Düzenli Depolama Yeri Seçimi ve Önerilen Düzyurt Düzenli Depolama Alanının Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ertunç, E., Bozdağ, A. ve Gökçek, Ö.B., Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Niğde Kentinde Katı Atık Depolama Alanı Yer Seçiminin İncelenmesi, Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7,4 (2019) 822-838
- Eskandari, M., Homae, M. ve Falamaki, A. Landfill site selection for municipal solid wastes in mountainous areas with landslide susceptibility. Environ Sci Pollut Res 23, 12423–12434 (2016). <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6459-x>

- Gupta, R., Kewalramani, M.A. ve Ralegaonkar, R.V., 2003. Environmental Impact Development, 129, 3, 121-139.
- Güler, D., 2016. Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Alternatif Katı Atık Düzenli Depolama Alanı Yer Seçimi: İstanbul İli Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hepdeniz, K. ve Soyaslan, İ.İ., CBS ve AHY Yöntemi Kullanılarak Bucak (Burdur/Türkiye) Mermer Atık Sahasının Belirlenmesi, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 17 (2019) 1045-1057.
- Jesus, C. ve Costa, C., 1997. Studies for Waste Disposal Landfills Installation and Rehabilitation in Hazardous Geological Environment, (in Portuguese), 6.Congresso Nacional de Geotecnia (no prelo), 13 pp.
- Kanbur, S., 2006. Isparta (Şarkikaraağaç) Havzasında Katı Atık Düzenli Depolama Yer Seçimine Yönelik Jeolojik-Jeoteknik İnceleme, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Kara, C. & Doratlı, N., Application of GIS/AHP in siting sanitary landfill: a case study in Northern Cyprus. Waste Management & Research, 30,9 (2012) 966-980.
- Karaca, C., 2008. Mersin Kenti İçin Alternatif Katı Atık Düzenli Depolama Alanlarının Araştırılması, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Karadağ, A. A., Katı Atık Depolama Tesisi Yer Seçimi için Birleştirilmiş Hedef Programlama ve AHP Yaklaşımı, Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, 11,1 (2019) 211-225
- Karimi, H., Integrating GIS and multi-criteria decision analysis for landfill site selection, case study: Javanrood County in Iran, International Journal of Environmental Science and Technology, (2018) 1-14.
- Karsauliya, S., Application of Remote Sensing and GIS in Solid Waste Management: A Case Study of Surroundings of River Yamuna, India, International Journal of Environmental Engineering and Management, 4,6 (2013) 2231-1319.
- Krause, A., J., 1997. Uses of Mines as Landfills and Repositories, Mining Environmental Handbook, Effects of Mining on The Environment and American Environment Controls of Mining, Imperial College Press, 618-629.
- Küçükönder, M. ve Karabulut, M., Çok Kriterli Analiz Yöntemi Kullanılarak Kahramanmaraş'ta Çöp Depolama Alanı Tespiti, Coğrafi Bilimler Dergisi, 5, 2 (2007) 55-76

- Langer, M., 1995. Criteria for Site Selection, Characterization, Evaluation; Principle of Safety Assessment and Special Purpose Mapping, Scientific Report and Recommendations of The IAEG Commission, No. 14, Bulletin of The International Association of Engineering Geology, 29 pp.
- Lolos, G., Lolos, T.H., Tsombanidis, C., Paschali, K., Stappas, N. ve Loizides, M., 1997. A Multicriteria Decision Support System for Landfill Site Selection, In Marinos, Koukis, Tsiambaos and Stournaras (eds), Engineering Geology and The Environment, Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5410 877 0. 1975-1981.
- Motlagh, Z. K., & Sayadi, M. H. Siting MSW landfills using MCE methodology in GIS environment Case study: Birjand plain, Iran, Waste management, 46 (2015) 322-337.
- Nas, B., Cay, T., Iscan, F. et al. Selection of MSW landfill site for Konya, Turkey using GIS and multi-criteria evaluation. *Environ Monit Assess* 160, 491 (2010). <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0713-8>
- Rezaeisabzevar, Y., Bazargan, A. ve Zohourian, B., Landfill site selection using multi criteria decision making: Focus on influential factors for comparing locations. Journal of Environmental Sciences, 93 (2020) 170-184.
- Santhosh, L. G., and G. L. Sivakumar Babu. "Landfill site selection based on reliability concepts using the DRASTIC method and AHP integrated with GIS—a case study of Bengaluru city, India." Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards 12.3 (2018) 234-252.
- Sener, S., Sener, E. ve Nas, B., Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Çok Kriterli Karar Analizleri Kullanılarak Beyşehir Göl Havzasında (Konya - Türkiye) Katı Atık Depolama Yer Seçimi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 1.3 (2011) 134-144
- Şener, Ş., Sener, E. ve Karagüzel, R. Solid waste disposal site selection with GIS and AHP methodology: a case study in Senirkent–Uluborlu (Isparta) Basin, Turkey. *Environ Monit Assess* 173, 533–554 (2011). <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1403-x>
- Şener, Şehnaz ., "Combining AHP with GIS for landfill site selection: a case study in the Lake Beyşehir catchment area (Konya, Turkey)." Waste management 30.11 (2010): 2037-2046.
- T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
- Tanrıverdi, A. ve Ulutaş, N., Konya İli Ilgın İlçesindeki Katı Atık Depolama Noktalarının Haritalandırılması, Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 1,1(2019) 66-86

- Tay, Ş., 2005. Senirkent-Uluborlu (Isparta) Havzasının Katı Atık Düzenli Depolama Yeri Seçimine Yönelik Jeolojik-Jeoteknik İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Uyan, Mevlut., MSW landfill site selection by combining AHP with GIS for Konya, Turkey, Environmental earth sciences 71.4 (2014) 1629-1639.
- Uyguçgil, H. (2011) "Coğrafi Bilgi Sistemlerine Giriş." (Edit. Çabuk, A.), Anadolu Üniversitesi. Açık Öğretim Fakültesi. Yayın No: 1214. Eskişehir.
- Uzun, O., Aksoy, N., ve Karagül, R., Düzce İli Olası Katı Atık Bertaraf Tesisi Sahalarının Yer Seçimi Kriterleri Açısından Değerlendirilmesi, Ormancılık Dergisi, 6, 2 (2010) 55-74
- Vasiljević, T. Z., Srdjević, Z., Bajčetić, R., & Miloradov, M. V. GIS and the analytic hierarchy process for regional landfill site selection in transitional countries: a case study from Serbia. Environmental management, 49(2), (2012) 445-458.
- Yesilnacar, M. Irfan., Municipal solid waste landfill site selection for the city of Şanlıurfa-Turkey: an example using MCDA integrated with GIS, International Journal of Digital Earth, 5,2 (2012) 147-164.
- Yıldırım, Ü., 2012. Mersin İli İçin Alternatif Katı Atık Depolama Alanlarının Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Coğrafi Bilgi Sistemi Yöntemleriyle Saptanması, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Yıldırım, Ümit, and Güler,C.,Identification of suitable future municipal solid waste disposal sites for the Metropolitan Mersin (SE Turkey) using AHP and GIS techniques, Environmental Earth Sciences ,75,2 (2016) 101.
- Yıldırım, V., Application of raster-based GIS techniques in the siting of landfills in Trabzon Province, Turkey: a case study, Waste Management and Research, 30 ,9 (2012)949-960.
- Yue Wang, Juan Li, Da An, Beidou Xi, Jun Tang, Yang Wang, Yang Yang, Site selection for municipal solid waste landfill considering environmental health risks. Resources, Conservation and Recycling, 138 (2018) 40-46.
- Zelenovic Vasiljevic, T., Srdjevic, Z., Bajcetic, R., Miloradov Vojinovic, M., GIS and the Analytic Hierarchy Process for Regional Landfill Site Selection in Transitional Countries: A Case Study From Serbia,Environmental Management, 49 (2011)445-458.

ÖZGEÇMİŞ

Ahmed Mahmoud ADAM IDRESS, 1990 yılında Sudan'ın Um Alqura şehrinde doğdu. 1998 yılında Ömer İbnual Katab Okulu'ndan mezun oldu. İlk ve lise hayatını Um Alqura şehrinde tamamladı. 2010 yılında Um Alqura Lisesi'nden mezun oldu. 2011 yılında girdiği üniversite sınavından Kızıldeniz Üniversitesi. Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nü kazanarak üniversite hayatına başladı. 2016 bahar dönemi Jeoloji Mühendisi olarak mezun oldu. 2018 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans yapmaya hak kazandı.

Ahmed Mahmoud ADAM Türkçe, Arapça ve İngilizce bilmektedir. 2016 tarihten itibaren Kızıldeniz Üniversitesinde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.