



**ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ VE
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ KULLANILARAK
ERZURUM İLİ MERKEZ İLÇELERİ İÇİN
ALTERNATİF KATI ATIK DEPOLAMA
ALANLARININ BELİRLENMESİ**

Mustafa Furkan ÖZKAN

Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği

Ana Bilim Dalı

Doç. Dr. Ümit YILDIRIM

2025

(Her Hakkı Saklıdır)

T.C.
BAYBURT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ
KULLANILARAK ERZURUM İLİ MERKEZ İLÇELERİ İÇİN ALTERNATİF
KATI ATIK DEPOLAMA ALANLARININ BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa Furkan ÖZKAN

Danışman: Doç. Dr. Ümit YILDIRIM

BAYBURT - 2025

KABUL VE ONAY

Doç. Dr. Ümit YILDIRIM danışmanlığında, Mustafa Furkan ÖZKAN tarafından hazırlanan “Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi ve Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Erzurum İli Merkez İlçeleri İçin Alternatif Katı Atık Depolama Alanlarının Belirlenmesi” başlıklı bu çalışma, 14.01.2025 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Ümit YILDIRIM

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ruşen SINIR

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Yusuf KAYA

Bu tezin kabulü Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/...../20... tarih ve 20...../.....-..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Bünyamin ALIM

Enstitü Müdürü

BEYANNAME

Bayburt Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Doç. Dr. Ümit YILDIRIM danışmanlığında hazırlamış olduğum “Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi ve Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Erzurum İli Merkez İlçeleri İçin Alternatif Katı Atık Depolama Alanlarının Belirlenmesi” başlıklı yüksek lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

14.01.2025

Mustafa Furkan ÖZKAN



ÖN SÖZ

Tez çalışmamda bana her anlamda yardımcı olan desteklerini esirgemeyen, bütün bilgi, birikim ve tecrübelerini benimle paylaşan, sabır ve saygıyla beni doğruya yönlendiren tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Ümit YILDIRIM'a, gerek ders aşamamda gerekse yazım sürecimde her daim benimle ilgilenen ve çalışmamda büyük emeği olan Sayın Öğretim Görevlisi Onur GÜVEN'e, veri hazırlama aşamasında destek olan doktora öğrencisi Sayın Aslı Tekli ŞEN'e, çalışma arkadaşlarım Harita Mühendisi Sabahattin GÜL'e, Mimar Mevlana BAHŞI'ye, İnşaat Mühendisi Murat TOPCU'ya, Maden Mühendisi İsmail EKEN'E ve başından sonuna kadar bana güvenen eşim Hüsna Gizem ÖZKAN'a ve aileme teşekkürlerimi sunarım.

Mustafa Furkan ÖZKAN

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ KULLANILARAK ERZURUM İLİ MERKEZ İLÇELERİ İÇİN ALTERNATİF KATI ATIK DEPOLAMA ALANLARININ BELİRLENMESİ

Mustafa Furkan ÖZKAN

Bayburt Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ümit YILDIRIM

Bayburt-2025, Sayfa: 52

İnsan nüfusunun hızla artması ile birlikte atık miktarında da artışlar meydana gelmektedir. Zamanla artan bu atıkların çevreye vereceği zararları (kötü koku, görüntü kirliliği vb.) ile insan ve hayvanlara vereceği hastalıkların ortadan kaldırılması için bertaraf edilmesi kaçınılmaz bir gerçektir. Bu nedenle düzenli katı atık depolama tesislerinin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Yapılan bu tez çalışması, Erzurum ilinde hali hazırda bulunan katı atık depolama tesisinin ömrünü beş yıl sonra tamamlayacak olması nedeniyle alternatif katı atık depolama alanlarının tespiti amacıyla hazırlanmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri kullanılarak bu amacın gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır. Bu çalışmada CBS ile Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi kullanılarak en uygun alan seçimi gerçekleştirilmiştir. Erzurum ili Pasinler, Palandöken, Yakutiye ve Aziziye ilçelerini kapsayacak şekilde gerçekleştirilen çalışmada kriterler belirlenmiş, kriterlere ait veriler toplanarak ArcGIS 10.4 yazılımı kullanılarak sayısallaştırılmıştır. Öklid mesafesi yöntemi ve bindirme analizleri ile uygunluk haritası oluşturulmuştur. Buna göre uygun alanlar, uygun olmayan alanlar ve beş adet alternatif alan belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi bilgi sistemi, katı atık depolama alanı, analitik hiyerarşi prosesi, en uygun yer seçimi.

ABSTRACT

M. SC. THESIS

DETERMINATION OF ALTERNATIVE SOLID WASTE DISPOSAL AREAS FOR ERZURUM PROVINCE CENTRAL DISTRICTS USING MULTI-CRITERIA DECISION MAKING METHOD AND GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

Mustafa Furkan ÖZKAN

Bayburt University

Institute of Graduate Studies

Department of Civil Engineering

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ümit YILDIRIM

Bayburt-2025, Pages: 52

The amount of waste also increases with the rapid increase in the human population. It is an inevitable fact that these wastes, which increase over time, must be disposed of to eliminate the damage they will cause to the environment (bad smell, visual pollution, etc.) and the diseases they will cause to humans and animals. For this reason, the importance of regular solid waste storage facilities is increasing daily. This thesis study was prepared to determine alternative solid waste storage areas due to the fact that the current solid waste storage facility in Erzurum province will complete its life in five years. This purpose is achieved by using Geographic Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making Methods. This study selected the most suitable area using GIS and the Analytical Hierarchy Process from Multi-Criteria Decision-Making Methods. In the study carried out to cover the districts of Erzurum province, Pasinler, Palandöken, Yakutiye and Aziziye, the criteria were determined, and the data belonging to the criteria were collected and digitized using ArcGIS 10.4 software. A suitability map was created using the Euclidean distance method and overlapping analyses. Accordingly, suitable areas, unsuitable areas and five alternative areas were determined.

Keywords: Geographic information system (gis), solid waste landfill, analytic hierarchy process, optimal site selection.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	II
BEYANNAME	III
ÖN SÖZ	IV
ÖZET	V
ABSTRACT	VI
İÇİNDEKİLER	VII
TABLOLAR.....	IX
ŞEKİLLER.....	X
KISALTMALAR	XI
SİMGELER.....	XI
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM	3
1. COĞRAFI DURUM.....	3
1.1. MORFOLOJİ	4
1.2. İKLİM VE BİTKİ ÖRTÜSÜ	5
1.3. YERLEŞİM VE EKONOMİK DURUM	6
1.4. ULAŞIM	6
1.5. KULLANIMDA OLAN KATI ATIK DEPOLAMA TESİSİ.....	6
İKİNCİ BÖLÜM.....	8
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	8
2.1. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ (CBS) TEKNOLOJİSİ.....	8
2.1.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanım Alanları	8
2.1.2. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Veri Yapısı	10
2.1.2.1. Vektör veri yapısı	11
2.1.2.2. Raster veri yapısı	11
2.1.2.3. Açıklayıcı veriler	12
2.2. ÇOK KRİTERLİ KARA VERME YÖNTEMİ - ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ YÖNTEMİ.....	12
2.3. ÇALIŞMA ALANININ GENEL JEOLojİSİ	13
2.4. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	14
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	17
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	17
3.1. MATERYAL	17
3.2. YÖNTEM	21
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	26
4. BULGULAR.....	26
4.1. KRİTERLERİN ÖNEM AĞIRLIKLARININ BELİRLENMESİ VE KATMANLARIN OLUŞUMU	26
4.1.1. Yüzey Sularından Uzaklık	26
4.1.2. Arazi Kullanımı.....	27
4.1.3. Bakı	28
4.1.4. Eğim	30
4.1.5. Faylardan Uzaklık	31

4.1.6. Heyelan Alanlarından Uzaklık.....	32
4.1.7. Litoloji	33
4.1.8. Yerleşim Yerlerine Uzaklık	34
4.1.9. Yollara Uzaklık	36
4.1.10. Demiryollarına Uzaklık	37
4.1.11. Havalimanına Uzaklık	38
4.1.12. Toprak Sınıfı Katmanı	40
4.2. NORMALİZE AĞIRLIK DEĞERLERİ VE UYGUNLUK HARİTASININ OLUŞTURULMASI.....	41
SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER	47
KAYNAKÇA.....	48
ÖZ GEÇMİŞ	52



TABLÖLAR

Tablo 1: Erzurum İli Aylara Göre Ortalama Yağış ve Sıcaklık Değerleri (1929-2022).....	5
Tablo 2: AHP ile İkili Karşılaştırma Matrisi	22
Tablo 3: AHP Önem Dereceleri.....	23
Tablo 4: Rastgele Tutarlılık İndeksi.....	25
Tablo 5: Yüzey Sularından Uzaklık Kriteri İkili Karşılaştırma Matrisi	26
Tablo 6: Arazi Kullanım Kriteri İkili Karşılaştırma Matrisi	27
Tablo 7: Erzurum İli Yıllık Ortalama Hakim Rüzgar Yönü	28
Tablo 8: Bakı Kriteri İkili Karşılaştırma Matrisi	29
Tablo 9: Eğim Kriteri İkili Karşılaştırma Matrisi	30
Tablo 10: Fay Kriteri İkili Karşılaştırma Matrisi.....	31
Tablo 11: Heyelan Alanlarından Uzaklık Kriteri İkili Karşılaştırma Matrisi	32
Tablo 12: Litoloji Kriteri İkili Karşılaştırma Matrisi.....	33
Tablo 13: Yerleşim Yerlerinden Uzaklık Kriteri İkili Karşılaştırma Matrisi.....	35
Tablo 14: Yollara Uzaklık Kriteri İkili Karşılaştırma Matrisi.....	36
Tablo 15: Demiryollarına Uzaklık Kriteri İkili Karşılaştırma Matrisi.....	38
Tablo 16: Havalimanına Uzaklık Kriteri İkili Karşılaştırma Matrisi.....	39
Tablo 17: Toprak Kriteri İkili Karşılaştırma Matrisi	40
Tablo 18: Ana Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisi	42
Tablo 19: Ana Kriter ve Alt Kriterlerin Ağırlık ve Normalize Ağırlık Değerleri	43
Tablo 20: Alternatif Alanların Özellikleri.....	45

ŞEKİLLER

Şekil 1: Çalışma Alanının Yer Bulduru Haritası.....	3
Şekil 2: Çalışma Alanının Sayısal Yükseklik Modeli	4
Şekil 3: Erzurum Mevcut Katı Atık Depolama Alanı Uydu Görüntüsü.....	7
Şekil 4: Vektör Veri Yapısı.....	11
Şekil 5: Raster Veri Modellenmesi	12
Şekil 6: Çalışma Alanının Jeoloji Haritası	14
Şekil 7: Çalışma Alanının Bakı Haritası.....	17
Şekil 8: Çalışma Alanının Eğim Haritası.....	18
Şekil 9: Çalışma Alanının Arazi Kullanım Örtüsü.....	19
Şekil 10: Çalışma Alanının Toprak Yapısı	20
Şekil 11: Çalışma Alanının Heyelan Haritası	20
Şekil 12: Analitik Hiyarşi Yöntemi Hiyerarşik Yapı	22
Şekil 13: Çalışma Alanının Ağırlıklandırılmış Yüzey Sularından Uzaklık Katmanı	27
Şekil 14: Çalışma Alanının Ağırlıklandırılmış Arazi Kullanım Katmanı	28
Şekil 15: Çalışma Alanının Ağırlıklandırılmış Bakı Katmanı	29
Şekil 16: Çalışma Alanının Ağırlıklandırılmış Eğim Katmanı	31
Şekil 17: Çalışma Alanının Ağırlıklandırılmış Faylardan Uzaklık Katmanı.....	32
Şekil 18: Çalışma Alanının Ağırlıklandırılmış Heyelan Alanlarından Uzaklık Katmanı	33
Şekil 19: Çalışma Alanının Ağırlıklandırılmış Litoloji Katmanı.....	34
Şekil 20: Çalışma Alanının Ağırlıklandırılmış Yerleşim Yerlerine Uzaklık Katmanı.....	36
Şekil 21: Çalışma Alanının Ağırlıklandırılmış Yollara Uzaklık Katmanı.....	37
Şekil 22: Çalışma Alanının Ağırlıklandırılmış Demiryollarına Uzaklık Katmanı.....	38
Şekil 23: Çalışma Alanının Ağırlıklandırılmış Havalimanına Uzaklık Katmanı	39
Şekil 24: Çalışma Alanının Ağırlıklandırılmış Toprak Sınıfı Katmanı.....	41
Şekil 25: Çalışma Alanının Katı Atık Depolama Alanı Uygunluk Haritası	45

KISALTMALAR

KAKY	: Katı Atıkların Korunması Yönetmeliği
AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
TO	: Tutarlılık Oranı
Tİ	: Tutarlılık İndeksi
Rİ	: Rassallık İndeksi
WNW	: Batı-Kuzeybatı
WSW	: Batı-Güneybatı
SW	: Güneybatı
S	: Güney
SE	: Güneydoğu
E	: Doğu
SSW	: Güney-Güneybatı
SSE	: Güney-Güneydoğu
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
DEM	: Sayısal Yükseklik Modeli
MTA	: Maden Tetki ve Arama Genel Müdürlüğü
KHGM	: Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü

SİMGELER

m³	: metreküp
kg	: kilogram
km	: kilometre
m	: metre
km²	: kilometrekare
mm	: milimetre
m²	: metrekare
λ_{max}	: en büyük özdeğer

GİRİŞ

Günümüzde hızla artan insan nüfusu ile birlikte gelişen faaliyetler sonucunda atık miktarında önemli artışlar meydana gelmektedir (Alakaş vd., 2018). Bu artışın insan sağlığı ve çevre üzerinde ciddi olumsuz etkileri bulunmaktadır. Çevresel problemlerin acil çözümü son yıllarda daha çok anlaşılmıştır ve sorunlara gerçekçi çözümler üretebilmek için fazlaca çaba sarf edilmektedir. Maddi odaklı düşüncelerin yerine çok kriterli yöntemleri içeren çalışmalar görülmektedir (Hokkanen & Salminen, 1997). Gelişmekte olan ülkelerde insan nüfusunun ve ilişkili olarak insan kökenli aktivitelerin artışı kentleşmeyi hızlandırmıştır (Sumathi vd., 2008). Artan nüfus, tüketim modellerinin değişmesi, ekonomik büyüme, kazancın değişmesi, kentleşme ve endüstrileşmenin sonucunda, katı atık üretimi ve çeşitliliği artış göstermiştir (Ngoc & Schnitzer, 2009).

Su kaynaklarına zarar veren sızıntı sularını, katı atıklardaki organik bileşenler zamanla yer altına sızarak oluşturmaktadır. Bununla birlikte, atıklardan yayılan kokular ve gazlar atmosfere geçerek çevre kirliliğine neden olmaktadır. Atık maddelerdeki tehlikelerden biri ise atık maddelerin zamanla çürümesi sonucunda çıkan gazların içten yanmasıyla oluşan patlamalardır (Işıldar, 2018). Yayılan kötü kokular, patlamalar ve görsel kirlilik atıkların düzenli depolanması veya bertarafının gerekliliğini gözler önüne sermektedir. Uygunsuz ve düzensiz bir şekilde yapılan atık yönetimi, hastalıkları beraberinde getirerek geniş kitlelere zarar verebilmektedir (Themelis, 2002). ‘Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği’ Türkiye’de atık depolama alanları için yer seçiminde dikkate alınmaktadır (KAKY, 1991).

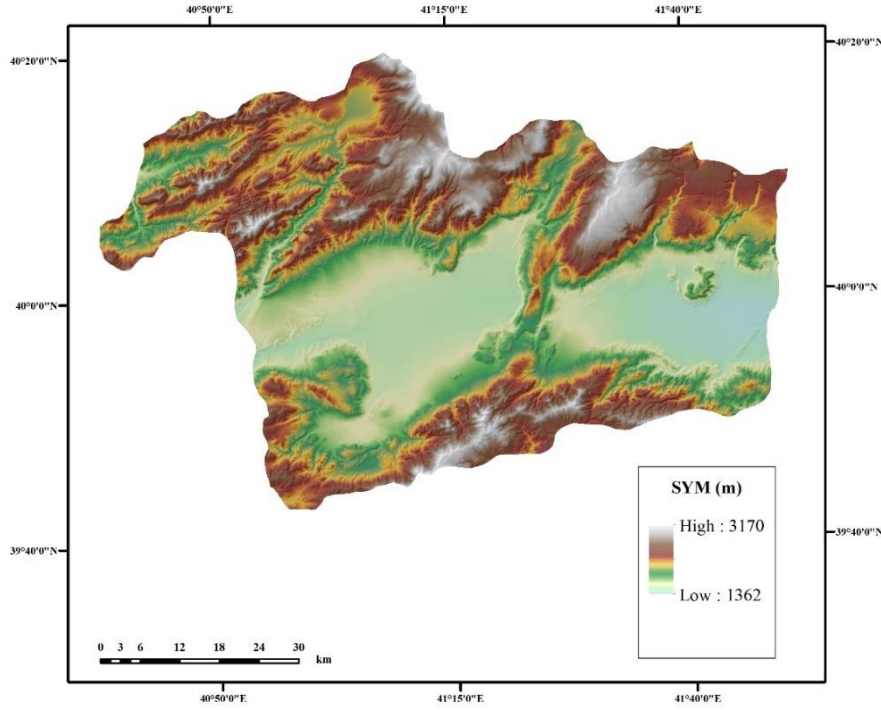
Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından son hesaplanan 2022 yılı verilerine göre Türkiye’de atık hizmeti verilen belediye sayısının 1389 olduğu görülmektedir. Tez çalışmasına konu olan Erzurum ilinde ise bu sayı 21 olarak hesaplanmıştır. Ülkemizde son verilere göre toplanan belediye atık miktarı yılda 30.283.757 Erzurum ilinde ise 231.819 olduğu görülmektedir. Günde kişi başına düşen atık miktarı Türkiye’de 1,03 kg, Erzurum’da ise 0,9 kg olmaktadır. Atıkların bertaraf işlemleri atık yönetiminin en önemli kısmını oluşturmaktadır. Bu konudaki istatistikler incelendiğinde Türkiye’de atıkları belediye çöplüğünde depolayan 553 belediye yıllık 4.092.721 ton atığı kendi çöplüklerinde, 1.002 belediye yıllık 26.016.988 ton atığı lisanslı firmalara göndererek, 49 belediye ise yıllık 174.048 ton atığı diğer yöntemlerle bertaraf ettiği görülmektedir (TÜİK, 2022).

Erzurum ilinde ise 16 belediye yıllık 87.862 ton atığı kendi çöplüklerinde, 4 belediye yıllık 113.717 ton atığı lisanslı firmalara göndererek, 6 belediye ise yıllık 30.240 ton atığı diğer yöntemleri kullanarak bertaraf ettikleri görülmektedir.

Katı atıkların yönetilmesi ve depolanması için en uygun alanın seçilmesi bu işle sorumlu kişiler açısından zorlu ve karmaşık bir süreç içermektedir (Küçükönder & Karabulut, 2007). Katı atık depolama alanları için en uygun yerin belirlenmesi birçok farklı mekânsal verinin ve çeşitli kriterlerin bir araya gelerek işlenmesi sonucunda ortaya çıkarılmaktadır. Baran (1995) yaptığı çalışmada katı atık depolama alanı seçiminde ulaşım, meteorolojik, jeomorfolojik, jeolojik-hidrojeolojik ve jeoteknik durumların dikkate alınması gerektiğini belirtmiştir. Detaylı bir araştırma ve değerlendirme süreci gerektiren katı atık depolama tesislerinde maliyetlerde gözönünde bulundurularak kriterler belirlenmelidir (Dipanjan vd., 1997).

Bu kriterler; toprak yapısı, arazi kullanım örtüsü, eğim/bakı durumu, yüzey suları, yerleşim alanları, ana arterler, iklimsel şartlar gibi birçok sınırlayıcı etmenden oluşabilmektedir. Çalışmayı hazırlayacak uzman kişi tarafından kriter seçimleri bölge coğrafyası da dikkate alınarak belirlenmektedir (Küçükönder & Karabulut, 2007).

Bu tez çalışmasında Erzurum ilinde yer alan Palandöken, Yakutiye, Aziziye ve Pasinler ilçelerinde katı atık depolama alanları için en uygun yer seçimi Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanılarak belirlenmiştir.



Şekil 2: Çalışma Alanının Sayısal Yükseklik Modeli

1.1. MORFOLOJİ

Erzurum ili genel olarak yüksek arazilerden oluşmaktadır. İlin güneyinde Palandöken Dağları bulunurken kuzeyinde Kargapazarı dağları bulunmaktadır. Dumlu, Güvercin ve Mescit Dağları ise ili çevreleyen diğer dağlardır. Yaklaşık 1900 m rakıma sahip olan Erzurum ili Türkiye'nin en yüksek illeri arasındadır. Basra Körfezine dökülen Fırat Nehrinin bir kolu olan Karasu, Karadeniz'e dökülen Çoruh Nehri ve Hazar Gölü'ne dökülen Aras Nehri şehrin en önemli akarsularını oluşturmaktadır. Şehir yüksekte olmasına karşın kuzey bölgesi hariç düz bir araziye (ova ve plato) sahiptir. En büyük ovaları Pasinler Ovası, Erzurum Ovası ve Güzelova'dır (Daphan ovası).

Kabaca kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanan Erzurum Ovası, güneybatıya doğru iki ana kola ayrılır. Aziziye'den batıya doğru uzanan kola Daphan, güneybatıya yönelen kola ise Dereboğazı-Sakalikesik Ovası adı verilmektedir. Aziziye ile doğudaki Dumlu arasındaki bölgeye ise Erzurum Ovası denir. Erzurum Ovası'nın merkezi bölümünde yükseklik yaklaşık 1800-1850 metre olup, kenarlara doğru kademeli olarak yükselerek 2000 metreye ulaşır. Ovanın en alçak bölgesi, batıda Aziziye civarında 1740-1750 metre, doğuda ise Müdürge Bataklığı ve Kan Sazlığı çevresinde 1754 metre civarındadır. Dumlu çevresinde ise yükseklik 1800 metreye ulaşmaktadır. Doğuda Dumlu ile batıda Aziziye arasında uzanan ovanın eğimi ise on binde 7 dolaylarındadır. Dağ eteklerinden ovaya doğru binlerce metre boyunca uzanan birikinti yelpazeleri bulunmaktadır. Palandöken'in eteklerinden ovaya doğru uzanan bu

yelpazenin uzunluğu 8 kilometreye ulaşırken, kalınlığı ise ortalama 200 metredir. Ovanın kuzeyinde, Dumlu Dağı'nın güney eteklerinden ovaya doğru birkaç kilometre boyunca uzanan birikinti konileri ve yelpazeleri yaygın bir şekilde görülmektedir. Kuzey ve kuzeybatıdaki alanlar, özellikle Daphan Ovası'nda, Karasu'ya karışan akarsuların etkisiyle parçalanmıştır. Batı kesimlerde ise Pliyokuvaterner dolgu tabakaları yer yer aşınmış olup, bu sayede fosil yüzeyler şeklinde volkanik temele ait fay diklikleri ortaya çıkmıştır.

1.2. İKLİM VE BİTKİ ÖRTÜSÜ

Çalışma alanına konu olan Erzurum ilinde yükseltinin de etkisiyle nadir görülen sert karasal iklim görülmektedir. Gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkı oldukça fazladır. Bu fark fiziksel (mekanik) çözülmenin fazla olmasına neden olmaktadır. Kışlar çok soğuk ve uzundur.

Karla kaplı gün sayısı yaklaşık 150 gündür. Yazlar ise kısa ve kurak geçmektedir. Tablo 1'de görüldüğü gibi çalışma alanında 1929 ile 2022 yılları baz alındığında yıllık ortalama sıcaklık 5,8 °C, en yüksek ortalama sıcaklık 12,0 °C olmuştur (MGM, 2025). En düşük ortalama sıcaklık -0.5 °C iken güneşlenme süresi ortalama yıllık 7 saat olarak ölçülmüştür (MGM, 2025).

Yıllık toplam yağışlı gün sayısı ortalama 121 gündür. Bir yıl içinde ortalama 429 mm yağış alan Erzurum'da ölçülen en yüksek sıcaklık 11 Ağustos 2006 tarihinde 36.5 °C olarak ölçülürken en düşük sıcaklık 28 Aralık 2002 tarihinde -37.2 °C olarak kayıt altına alınmıştır (MGM, 2025).

Tablo 1: Erzurum İli Aylara Göre Ortalama Yağış ve Sıcaklık Değerleri (1929-2022) (MGM, 2025)

Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	-9.1	-7.6	-2.4	5.4	10.7	14.9	19.2	19.5	14.8	8.2	1.2	-5.8	5.8
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	-4.0	-2.3	2.6	11.0	16.9	21.8	26.6	27.3	22.7	15.2	6.9	-0.9	12.0
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-13.9	-12.5	-7.1	0.0	4.3	7.3	11.1	11.2	6.4	1.7	-3.8	-10	-0.5
Ortalama Güneşlenme Süresi (Saat)	3.3	4.4	5.2	6.4	8.0	10.2	11.3	10.7	9.1	6.9	4.9	3.2	7.0

Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.09	11.02	12.4	13.7	16.0	10.9	6.66	5.24	5.13	9.53	9.19	10.3	121
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	21.6	25.9	35.4	54.5	72.6	48.5	26.8	17.9	24.2	47.1	32.9	21.9	429

Çalışma alanının bitki örtüsü incelendiğinde;

- 2000 metreye kadar Çayır-Step Formasyonu,
- 2500-2600 metreler arasında Yüksek Plato Stepleri,
- 2600-2700 metrelerin üzerinde kalan yüksek kesimlerde Subalpin-Alpin Formasyonu,
- 1800-2000 ile 2500-2600 metreler arasında Orman Formasyonu da yayılım göstermektedir (Sevindi, 2023).

1.3. YERLEŞİM VE EKONOMİK DURUM

Çalışma alanı Erzurum ili; Palandöken, Yakutiye, Aziziye ve Pasinleri ilçelerini kapsamaktadır. Bu ilçelerde özellikle Pasinler ve Aziziye ilçelerinde köy nüfusu fazladır. Merkez ilçeleri Palandöken ve Yakutiye ilçeleri temsil etmektedir. 2024 Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemine göre Pasinler ilçesine kayıtlı 26.041, Aziziye ilçesine kayıtlı 70.032, Palandöken ilçesine kayıtlı 179.286 ve çalışma alanının en fazla nüfusa sahip ilçesi olan Yakutiye ilçesine kayıtlı 191.228 kişi bulunmaktadır (TÜİK, 2024).

1.4. ULAŞIM

İnceleme alanının ulaşım imkânları incelendiğinde coğrafi yapının verdiği imkânla demiryolu, havaalanı ve otoyollarla ulaşım sağlanmaktadır (Şekil 1). İlin kuzey bölgesi hariç ova ve plato üzerine kurulduğundan ulaşımında kolaylık sağlamaktadır.

1.5. KULLANIMDA OLAN KATI ATIK DEPOLAMA TESİSİ

Erzurum Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlığı tarafından Erzurum-Bingöl karayolu üzerindeki Adaçay Mahallesi'nde gerçekleştiren Katı Atık Depolama Tesisi Erzurum'da hâlihazırda kullanılan depolama tesisidir (Şekil 3).

Tesiste 1000 m³'lük sızıntı havuzu sayesinde depolama alanının tabanında biriken sızıntı suları bertaraf edilebilmektedir. 550 dönümlük arazi üzerine kurulu tesiste yaklaşık 500 ton atık işlenip ayrıştırılmaktadır (Erzurum Büyükşehir Belediyesi, 2017). Tesis 3 etap olarak

planlanmış olup 3. etabın yapımına henüz başlanmamıştır. 1. etap kapasitesini doldurmuş, 2. etabın kapasitesini doldurması ise 2029 yılı olarak planlanmıştır.



şekil 3: Erzurum Mevcut Katı Atık Depolama Alanı Uydu Görüntüsü

İKİNCİ BÖLÜM

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ (CBS) TEKNOLOJİSİ

Teknolojik gelişmeler sayesinde verilerin bilgisayar ortamında depolanması ve saklanması kolaylaşmış ve bu verilerin bilgi yönetimiyle işlenmesi ihtiyacı önem kazanmıştır. Bu ihtiyaç ‘bilgi sistemleri’ olarak adlandırılan sistemlerin geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Bu sistemlerin amacı elde edilen verilerin sistematik biçimde toplanarak işlenmesi ve anlamlı bilgiye dönüştürmektir (Tanyeri, 2023).

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), belirlenen bir problemin çözüme kavuşturulması için tasarlanan, konumu belirlenmiş verilerin yönetilmesi, işlenmesi, analiz edilmesi ve son olarak modellenerek görüntülenmesini sağlayan yazılım ve yöntemler sistemidir. Farklı disiplinler tarafından kullanılması sebebiyle CBS’nin tanımları da değişmektedir. Peyzaj mimarları açısından CBS peyzaj planlaması şeklinde karşımıza çıkarken ziraat mühendisleri için rekolte hesabı veya bir maden mühendisi için rezerv hesabı anlamına gelmektedir (Töreyn vd., 2010).

Bilgiyi anlamlı şekilde kullanmak günümüzde hemen her sektörde çok önemlidir. Bu nedenle elde edilen bilgilerin CBS ile kullanılması zaman, emek ve erişim açısından büyük kolaylık sağlamaktadır. Bu süreçte belirli özellikler içeren haritalar tercih edilmektedir (Karabaş, 2019).

CBS’nin tarihsel gelişimi, araştırmacıların tematik haritalar, grafik ve şemalar gibi görsel öğelere olan ihtiyaçlarının ortaya çıkmasıyla başlamıştır. 18. ve 19. yüzyıllarda dünyanın birçok yerinde, belirlenen sorunların çözüme kavuşturulması için öncü çalışmalar yürütülmüştür. Louis Alexandre Berthier’in 1781 Yorktown Savaş Hareketi Haritası, bu çalışmaların başında yer almaktadır. Yine Charles Dupin’in 1819 Fransa Nüfus Yoğunluğu ve Suç Haritaları bu alanın öncüleri arasında bulunmaktadır (Tanyeri, 2023).

2.1.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanım Alanları

Coğrafi Bilgi Sistemleri coğrafi yapıya sahip problemlere ve kompleks yapıdaki problemlere çözüm arayabilmektedir. CBS, teknolojik ilerlemelerle birlikte içerisinde çeşitli uygulamalar barındıran bir sistem olup, yerel yöneticiler için iş ve hizmetlerin tıkanma noktasına geldiği durumlarda en çok önerilen çözüm yöntemi olarak öne çıkmaktadır. Belediye ve yerel yönetimlerde, CBS çeşitli görevlerde kullanılmaktadır. Bunlar arasında çevre yönetimi, havza yönetimi, ulaşım planlaması, uygun alan seçimi, çok kriterli karar verme, kazı-dolgu çalışmaları, akıllı harita oluşturma, alan planlama, envanter çalışmaları, senaryo ve trend

analizleri, kirlilik modellemesi, üç boyutlu arazi modelleme, araç takibi, deprem hasar analizleri, vergi izleme gibi birçok farklı kullanım alanı bulunmaktadır. Ancak CBS'nin etki alanı yalnızca bu örneklerle sınırlı değildir. Çevre yönetimi, doğal kaynak yönetimi, idari yönetim, bayındırlık hizmetleri, eğitim, sağlık hizmetleri, ulaşım hizmetleri, belediye faaliyetleri, turizm, orman, savunma ve güvenlik gibi alanlar örnek verilebilir (Töreay vd., 2010).

- Çevre Yönetimi: Çevre düzeni planları, çevre koruma bölgeleri, Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) raporu hazırlama, göllerin ve göletlerin belirlenmesi, sulak alanların tespiti, çevresel izleme, hava ve gürültü kirliliği, kıyı yönetimi, meteoroloji, hidroloji gibi konular CBS'nin kullanıldığı çevre yönetimi alanları arasındadır.
- Doğal Kaynak Yönetimi: Toprak yapıları, su kaynakları, nehirler, havza analizleri, vahşi yaşam, yer altı ve yer üstü doğal kaynakların yönetimi, madenler, petrol kaynakları gibi konular, Coğrafi Bilgi Sistemlerinin kullanıldığı doğal kaynak yönetimi alanlarından birkaçıdır.
- İdari Yönetim: Tapu ve kadastro işlemleri, vergilendirme faaliyetleri, seçmen tespiti, nüfus sayımları, kentsel ve kırsal yerleşimler, kıyı sınırları, idari sınırlar, tapu bilgileri, mücavir alan dışında kalan bölgelerin yönetimi, uygulama imar planları gibi konular da Coğrafi Bilgi Sistemlerinin kullanım alanlarına örnek olarak verilebilir.
- Bayındırlık Hizmetleri: İmar çalışmaları, otoyol ve devlet yollarının planlaması, demiryolu ön etütleri, deprem bölgeleri ve risk analizleri, afet yönetimi, bina hasar tespitleri, binaların türlerine göre dağılımı, bölgesel kalkınma planlaması gibi konular da Coğrafi Bilgi Sistemlerinin kullanım alanlarına örnek teşkil eder.
- Eğitim: Eğitim kurumlarının kapasiteleri, öğrenci ve öğretmen sayıları, ihtiyaç duyulan alanların tesbiti gibi alanlar Coğrafi Bilgi Sistemlerinin kullanıldığı eğitim alanlarına dahildir.
- Sağlık Hizmetleri: Sağlık ve coğrafya arasındaki ilişki, sağlık birimlerinin coğrafi dağılımı, personel yönetimi, hastane ve diğer sağlık birimlerinin kapasiteleri, bölgesel hastalık analizleri, sağlık tarama faaliyetleri ve ambulans hizmetleri gibi konular da Coğrafi Bilgi Sistemlerinin kullanım alanlarına örnek olarak verilebilir.
- Ulaşım Hizmetleri: Kara, hava ve deniz ulaşım ağları, doğal gaz boru hatları, iletişim istasyonları, yer seçimi, enerji nakil hatları ve ulaşım haritaları gibi konular da Coğrafi Bilgi Sistemlerinin kullanım alanlarına örnektir.
- Belediye Hizmetleri: Kentsel faaliyetler, imar düzenlemeleri, emlak vergisi tahsilatı, çevre düzenlemeleri, park ve bahçelerin yönetimi, fen işleri, su, kanalizasyon ve doğal

gaz tesisatı, televizyon kablolama işleri, uygulama imar planları, nazım imar planları, hâlihazır haritalar, altyapı çalışmaları, ulaştırma planları, toplu taşıma sistemleri, belediye yolları ve diğer tesisler gibi konular da CBS'nin kullanım alanlarına örnek olarak verilebilir.

- Turizm: Turizm bölgeleri ve merkezlerinin belirlenmesi, turizm amaçlı uygulama imar planlarının oluşturulması, turizm tesislerinin yerleri ve kapasitelerinin belirlenmesi, arkeolojik çalışmalar gibi konular da CBS'nin kullanıldığı alanlardan bazılarıdır.
- Savunma ve Güvenlik: Askeri tesislerin belirlenmesi, tatbikat ve atış alanlarının planlanması, yasak bölgelerin tanımlanması, sivil savunma çalışmaları, emniyet faaliyetleri, suç analizleri, suç haritaları, araç takibi, trafik sistemlerinin yönetimi, acil durum müdahale planlarının oluşturulması gibi konular da CBS kullanım alanları arasında yer alır.
- Orman ve Tarım: Eğim ve bakı hesaplamaları, orman amenajman haritaları, orman sınırlarının belirlenmesi, peyzaj planlaması, milli parkların yönetimi, orman kadastrosu çalışmaları, arazi örtüsü analizleri, toprak haritaları gibi konular da CBS'nin kullanıldığı alanlardan bazılarıdır.
- Ticaret ve Sanayi: Sanayi bölgelerinin planlanması, organize sanayi bölgelerinin yönetimi, serbest bölgelerin tanımlanması, bankacılık ve finans hizmetlerinin coğrafi analizleri, pazarlama stratejilerinin oluşturulması, sigorta sektörü için risk yönetimi, abone ve adres yönetimi gibi konular da CBS'nin kullanıldığı alanlardır (Töreay vd., 2010).

2.1.2. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Veri Yapısı

Coğrafi veriler, belirli bir yerle ilişkilendirilen bilgilerdir. Örneğin, ormanda bulunan ağaç sayısı veya bir şehirdeki nüfus gibi veriler coğrafi verilerdir. CBS'de temel öneme sahip olan şey, verilerin sürekli olarak belirli bir konumla ilişkilendirilmesi gerekliliğidir. Bu, her veri ögesinin mutlaka coğrafi bir konumu gösteren bir bileşenle ilişkilendirilmesini gerektirir. Bu işlem coğrafi kodlama veya geocoding olarak bilinir. Oluşturulacak her veri tabanında, her bir veri girdisi coğrafi konumu gösteren bir öge içermelidir. Bu öge genellikle harita koordinatlarıdır, ancak posta kodları ve adresler de kullanılabilir. Veri içinde coğrafi konumu tanımlayan bu ögeye coğrafi kod adı verilir. Bir verinin kullanılmak istenildiğinde, önce coğrafi konumu tanıtan bir öge ile uyumlu hale getirilmesi gerekir. Bu yapıldıktan sonra, veri CBS'de kullanılabilir hale gelir.

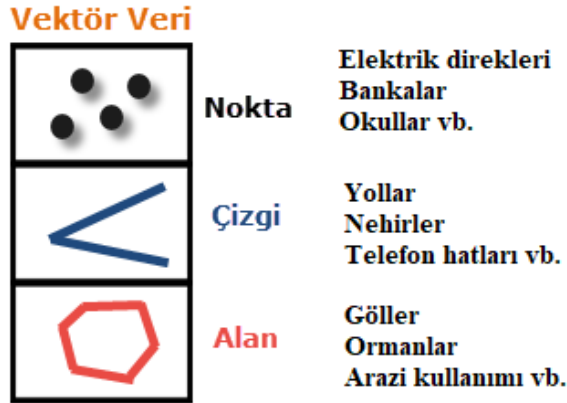
Kâğıt haritaların bilgisayar ortamına dönüştürülmesi sırasında, hataların oluşması muhtemeldir. Bu hatalar, verinin güvenilirliğini etkileyebilir ve yapılan analizlerin yanlış

sonuçlar vermesine yol açabilir. Örneğin, farklı ölçeklerdeki haritaların birleştirilmesi, yolların yanlış şekilde çizilmesi veya göllerin gerçek boyutlarının doğru bir şekilde temsil edilmemesi gibi sorunlar ortaya çıkabilir. Bu nedenle, harita sayısallaştırma sürecinde dikkatli olunması ve kalite kontrolünün sağlanması önemlidir.

2.1.2.1. Vektör veri yapısı

Nokta, çizgi ve poligon özelliklerine sahip nesneleri belirli bir koordinat sistemi içerisinde bilgisayar ortamında saklayan ve her bir nesneye ait öznitelik bilgilerini de içeren bir veri tabanıdır. Bu verilerin mantığı, nokta prensibine dayanır. Üç çeşit vektör verisi bulunur (Tecim, 2008) (Şekil 4):

- Nokta Veriler: Elektrik direklerinin konumları, şehirdeki bankalar ve okullar gibi tek bir varlığı temsil eden veriler coğrafya üzerinde bir nokta ile gösterilebilir.
- Çizgi Veriler: Elektrik hatları, telefon hatları, yollar, su ve kanalizasyon şebekeleri, nehirler gibi birden fazla noktanın birleşmesiyle oluşan veriler çizgi şeklinde ifade edilir.
- Poligon Veriler: Poligon verisi, kapalı bir alanı tanımlayan, birbirine bağlı birden fazla noktadan oluşan ve belirli bir şekli temsil eden verilerdir. Örneğin, arazi kullanımı, göller, ormanlık alan gibi alan özellikleri poligon verisi ile gösterilebilir.



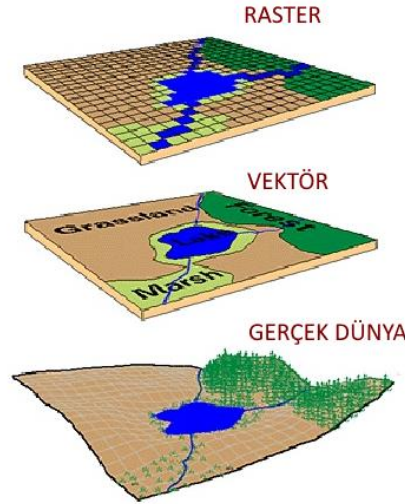
Şekil 4: Vektör Veri Yapısı

2.1.2.2. Raster veri yapısı

Görüntülerin küçük parçalara ayrılarak hücreler şeklinde saklandığı ve "Grid" olarak adlandırılan ızgaralarla temsil edildiği raster veri tabanı, CBS'nin diğer veri yapısını oluşturur. Bu veri yapısında, her hücre, temsil ettiği bölgenin özelliklerini gösteren tek bir değer içermektedir. Örneğin, yolları gösteren bir veri kümesinde, bir hücrenin değeri, o yolun şehirler arası bir otoyol olduğunu gösterebilir. Hücre sayısı, yolun uzunluğuyla doğru orantılıdır. Her

bir hücrenin boyutu birkaç metreyi ifade edebileceği gibi birkaç kilometreyi de gösterebilir. Bu da hücrelerin çözünürlüğüdür.

Yüksek çözünürlüklü Grid haritalarda, bölgeyi temsil etmek için daha fazla sayıda hücre gereklidir. Uydu görüntüleri, bu tür veri yapılarına örnek olarak verilebilir ve analiz amacıyla CBS veri tabanında kullanılmak üzere bu veriler koordinatlandırılır (Şekil 5) (Tecim, 2008).



Şekil 5: Raster Veri Modellenmesi

2.1.2.3. Açıklayıcı veriler

Açıklayıcı bilgiler, bir nesnenin özelliklerini detaylı bir şekilde ortaya koyan bilgilerdir. CBS’de, harita üzerindeki verilerin nitelikleriyle ilgili detaylar bulunmaktadır. Genellikle haritaların üstünde doğrudan anlaşılamayan bu bilgiler, binalar veya otoyollar gibi fiziksel objelerin yalnızca yerleşimlerinin anlam ifade etmediği durumlarda, bu nesneleri belirli kriterlere göre analiz edilebilir ve anlamlı hale getirilmesi için gereklidir. Örneğin, yalnızca il sınırlarını gösteren bir harita oluşturmak çok önemli olmayabilir. Ancak, her il sınırındaki belediyelerin hangi partiden başkan seçtiğini, milletvekili seçim sonuçlarını veya ilin ekonomik durumunu gösteren bilgiler açıklayıcı bilgilere örnek olarak verilebilir. Bu tür bilgiler, haritaların daha bilgilendirici ve kullanışlı olmasını sağlar (Tecim, 2008).

2.2. ÇOK KRİTERLİ KARA VERME YÖNTEMİ - ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ YÖNTEMİ

Karar verici kişilerin çeşitli kaynaklardan elde ettikleri birbirinden çeşitli verileri yeterli ve sistemli bir şekilde analiz edip değerlendirebilmeleri için geliştirilen yöntemlere genel olarak Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemi adı verilmektedir. ÇKKV, karar verme sürecini, söz konusu kriterlere göre analiz etmeyi ve analizler sonucunda alternatif modeller oluşturmayı hedeflemektedir. Tek kriterli problemler dikkate alındığında karar verme son derece

sezgiseldir. ÇKKV problemleriyle başa çıkabilmek için ilk adım problemde kaç özellik veya kriter olduğunu ve problemlerin yolunun nasıl kavranacağını (yani problemlerin tanımlanmasını) bulmaktır (Tzeng & Huang, 2011). ÇKKV hayatımızın her alanında her ölçekte kullandığımız bir yöntemdir. Ev ekonomisinden, işletme yer seçimine, devletlerin büyük yatırım projelerine kadar karar verirken kullanılan yöntemdir. Ev almayı planlayan aile fertleri arasında amaç, kriterler (maliyet, ulaşım, genişlik vs.) ve alternatifler belirlenip hepsi bir arada değerlendirilerek sonuca varılmaktadır. Ticari bir işletme ikinci bir şubesini açmayı düşünüyorsa amaç, işletmenin kriterleri (kira, ulaşım ve müşteri potansiyeli gibi) ile alternatifleri belirlendikten sonra hepsi bir arada değerlendirilip yeni şube için en uygun yer seçimi kararı verilmektedir (Ünaldık, 2013).

ÇKKV yaklaşımları; çok ölçütlü karar verme ve çok amaçlı karar verme olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Eğer problem birtakım özelliklere puanlar verilerek alternatiflerin değerlendirilmesi ve en iyisinin seçilmesi esasına dayalı ise bu tip problemlere çok nitelikli karar verme problemi denmektedir. Birbiri ile çelişen amaçlara dayalı bir seçim yapılıyorsa, ÇKKV yaklaşımı kullanılmaktadır. Her iki problem tipinde de bir ya da birden fazla karar verici vardır (Avdan, 2018).

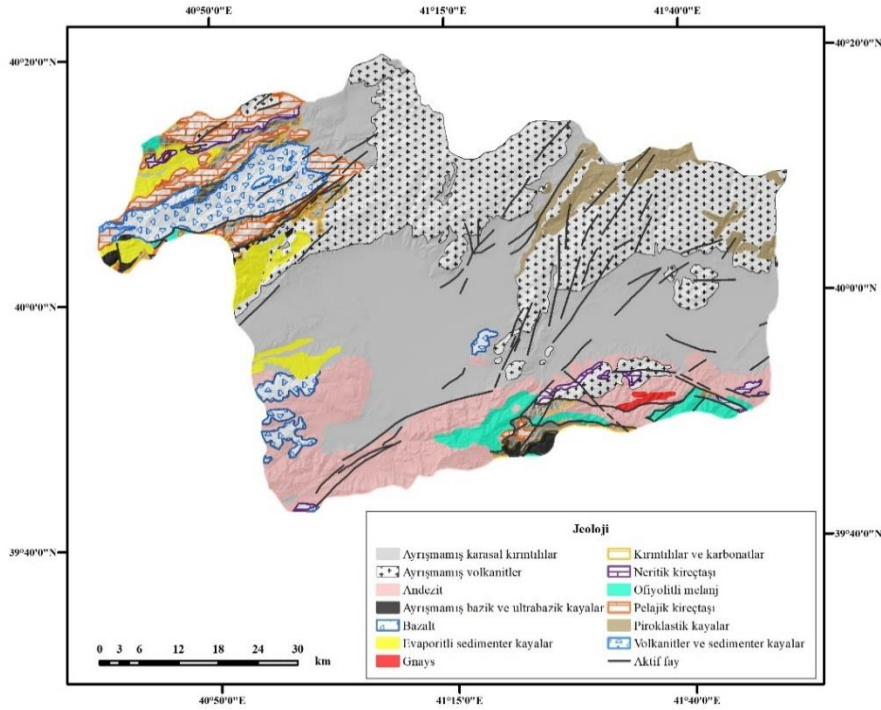
Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) 1971 yılında Thomas L. Saaty tarafından geliştirmiş çok kriterli karar verme yöntemidir (Wind & Saaty, 1980). AHP; karmaşıklığın hiyerarşik yapılandırılması, ikili karşılaştırma, ağırlıkları türetmede öz vektör (eigenvector) ve tutarlılığın ölçümü gibi daha önceden bilinen ayırık konsept ve teknikten oluşmaktadır.

Saaty bu konsept ve teknikleri bazı yeniliklerle birleştirerek parçalarının toplamından daha güçlü bir süreç oluşturmuştur (Dyer vd., 1990). AHP, karar vericinin karar alternatiflerini sıralaması ve onlardan en iyisini seçmesi için nicel bir metottur. AHP, “Hangisi ?” sorusuna cevap verir. Bir karar verme durumuyla karşı karşıya kalan insanoğlu geçmişte sezgileri ile hareket etmiştir. Bu yüzden problemlerin çözümü öznellik içermektedir (Güngör & İşler, 2005).

2.3. ÇALIŞMA ALANININ GENEL JEOLJİSİ

Çalışma alanının jeoloji haritası incelendiğinde, (Şekil 6) özellikle Pasinler ilçesinin güneyi, Palandöken ilçesinin merkezi ve Aziziye ilçesinin doğusunda ayrışmamış karasal kırıntılar görülmekle birlikte, çalışma alanının kuzey ve kuzeydoğu bölgesi genel itibariyle ayrışmamış volkanitlerden oluşmaktadır. Bu iki kayaç çeşidi bölgenin büyük çoğunluğuna hâkim durumdadır. Palandöken ilçesinin güneyinde ve Aziziye ilçesinin güneybatısında andezit kayaçlar bulunmaktadır. Aziziye ilçesi ayrışmamış volkanitler, ayrışmamış karasal kırıntılar, bazalt, evaporitli sedimanter kayalar, pelajik kireçtaşı, neritik kireçtaşı, ofiyolitli melanj gibi

birçok kayaç barındırmaktadır. Çalışma alanının aktif fay durumu incelendiğinde kuzeydoğu-güneybatı yönlü uzanan, Pasinler, Palandöken, Aziziye ve Yakutiye ilçelerinin tamamında bulunan faylar yer almaktadır.



Şekil 6: Çalışma Alanının Jeoloji Haritası

2.4. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

İstanbul ilinde yapılan çalışmada (Güler, 2016) ÇKKV'den AHP'yi kullanarak en uygun yer seçimini gerçekleştirmiştir. Çalışmada; arazi kullanımı, jeoloji, yerleşim alanlarına uzaklık, yüzey sularına uzaklık, nüfus yoğunluğu, havalimanlarına uzaklık, korunan alanlara uzaklık, eğim, katı atık aktarma istasyonlarına uzaklık, arazi değerleri ve karayollarına uzaklık kriterlerini AHP ile karşılaştırarak yer seçimi belirlenmiştir. Çalışma sonucunda belirlenen bölge için çevresel şartların uygun olması ve ana yollara yakınlığı nedeniyle maliyetin azalacağı belirtilmiştir.

Sivas ilinde yapılan çalışmada (Ciritci & Türk, 2019), eğim, jeoloji, arazi kullanımı ve yerleşim faktörlerini kullanarak AHP ile karşılaştırmalar sonucunda en uygun katı atık depolama alanı yer seçimini gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda uygun 9 adet alternatif katı atık depolama alanı belirlenmiş, belirlenen alanlardan havalimanı ve üniversite çevresinde olanlar öncelikli olarak kabul edilmemiştir.

Konya ilinde yapılan bir çalışmada (Şener vd., 2010), araştırmacı katı atık depolama alanı seçerken AHP kullanmış ve yol, eğim, arazi, jeoloji, yerleşim yeri, bakı, yüzey suyu,

korunması gereken alanlarını ana kriter olarak belirlemiş ardından kriterleri kullanarak AHP tabanlı CBS yöntemi ile ilin katı atık depolama uygunluğu haritasını üretmiştir.

Kahramanmaraş ilinde yapılan bir çalışmada araştırmacılar (Küçükönder & Karabulut, 2007) katı atık depolama alanı için en uygun yeri CBS yardımıyla tespit etmişlerdir. Yer seçimi uygulamasında; topografya, jeoloji, toprak, iklim, nüfus ve meteoroloji kriterlerini ÇKKV ile karşılaştırarak sonuca ulaşmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda 685 hektar alan uygun depolama sahası olarak belirlenmiştir. Ancak belirlenen alanlardan biri dışında kalanlar orman, tarım arazisi, kalker gibi Cudi formasyonuna denk geldiklerinden öncelikli olarak değerlendirilmemiştir.

Türe (2024), yüksek lisans çalışmasında ÇKKV'den 'Bulanık Analitik Hiyerarşi' yöntemini kullanarak belirlediği veri setlerinin önem derecelerini belirleyip birbirleri ile karşılaştırarak Sinop ili için en uygun katı atık depolama alanını tespit etmiştir. Çalışmada, yüzey suları, arazi kullanımı, bakı, eğim, diri faylara uzaklık, havalimanına uzaklık, jeolojik formasyon, kıyı çizgisi, korunan alanlar, toprak türleri, yerleşim alanları, yollar ve heyelan alanlarını önem derecelerine göre karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda yaklaşık 475 km² lik alan uygun, 818 km² lik alan ise çok uygun alan olarak belirlenmiştir. Uygun ve çok uygun alanlar çalışma alanının yüzölçümünün yaklaşık %22'sine denk gelmektedir.

Ordu ilinde katı atık depolama alanı tespiti için yapılan çalışmada (Karadağ, 2020), arazi kullanımı, jeoloji, yerleşim alanlarına uzaklık, yüzey sularına uzaklık, eğim, eğrilik, profil ve heyelan kriterlerini ArcGIS yazılımı ile karşılaştırarak en uygun alanı tespit etmiştir. Çalışma sonucunda üç adet alternatif katı atık depolama alanı belirlenmiş çevresel şartlar ve arazi kullanımı göz önüne alınarak bu sayı bire düşürülmüştür.

Mersin ili için yapılan çalışmada (Yıldırım, 2012), ÇKKV'den AHP kullanarak Mersin ili için beş adet alternatif katı atık depolama alanı belirlemiştir. Çalışmada yüzey sularına uzaklık, akifer çeşidi, arazi kullanımı durumu, bakı, yükseklik, eğim, faylardan uzaklık, heyelan bölgelerine uzaklık, litoloji, yerleşim alanlarına uzaklık ve yollara uzaklık kriterleri karşılaştırılmıştır. Belirlenen alanlardan jeolojik yapı ve şehrin gelişim yönü dikkate alınarak en uygun alternatif alan seçilmiştir.

Bakü ili için yapılan çalışmada, (Vahablı, Karlıkanovaite-Balıkcı & Aksu, 2024) kriter seçimi, veri hazırlama, kriter sınıflandırması, tampon bölge oluşturma, kriter ağırlığının belirlenmesi, uygunluk haritaları oluşturma ve sonuç uygunluk haritasını oluşturma aşamaları izlenerek katı atık depolama alanı için en uygun yer seçimi belirlenmiştir. Kriter seçiminde; yerleşim yerlerine uzaklık, göllere uzaklık, akarsu kütlelerine uzaklık, petrol kaynaklarına uzaklık, çamur volkanı alanlarına uzaklık, havalimanına uzaklık, endüstriyel alanlara uzaklık,

korunan alanlara uzaklık, parklara uzaklık, tarım alanlarına uzaklık, eğitim ve yollara uzaklık kriterleri seçilmiştir. Seçilen kriterlerin AHP ile kriter ağırlıkları belirlenmiş ve karşılaştırmalar yapılarak katı atık depolama alanı için uygun değil, uygun ve en uygun şeklinde kategorize edilmiştir.

Ghose vd., (2006) Hindistan'ın Batı Bengal eyaletinde gerçekleştirdiği çalışmada, atık durumu, yol durumu ve çöp taşıma araçları gibi parametreleri gözönüne alarak CBS tabanlı model üretmiştir.

Türkmen ve Tağa (2005) yaptığı bir çalışmada Diyarbakır ilinde hali hazırda kullanılan katı atık depolama alanını jeoloji, mühendislik jeolojisi ve hidrojeoloji bakımından değerlendirmiştir ve öneriler sunmuşlardır.



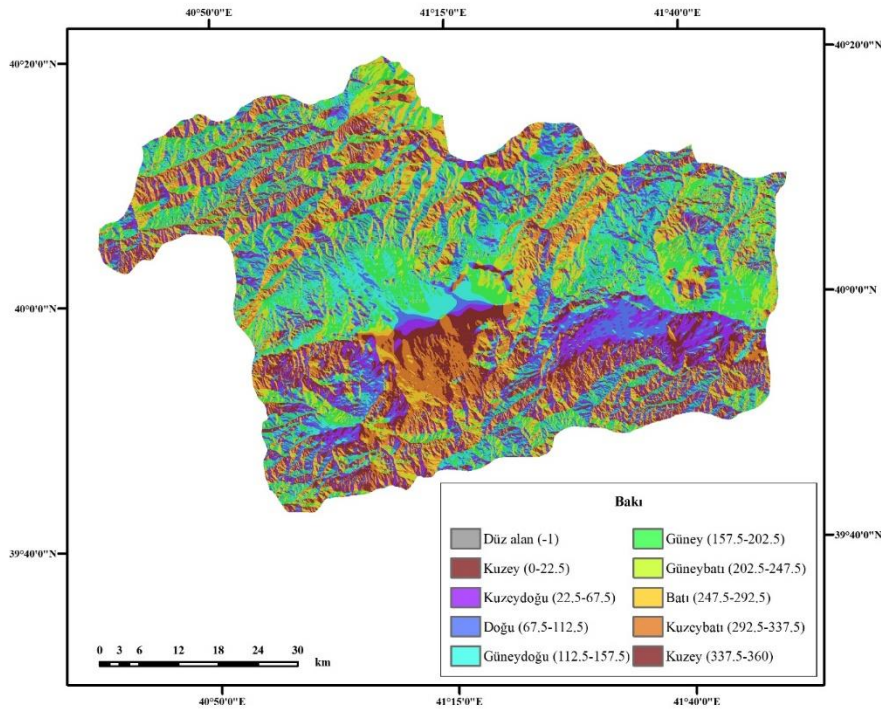
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. MATERYAL VE YÖNTEM

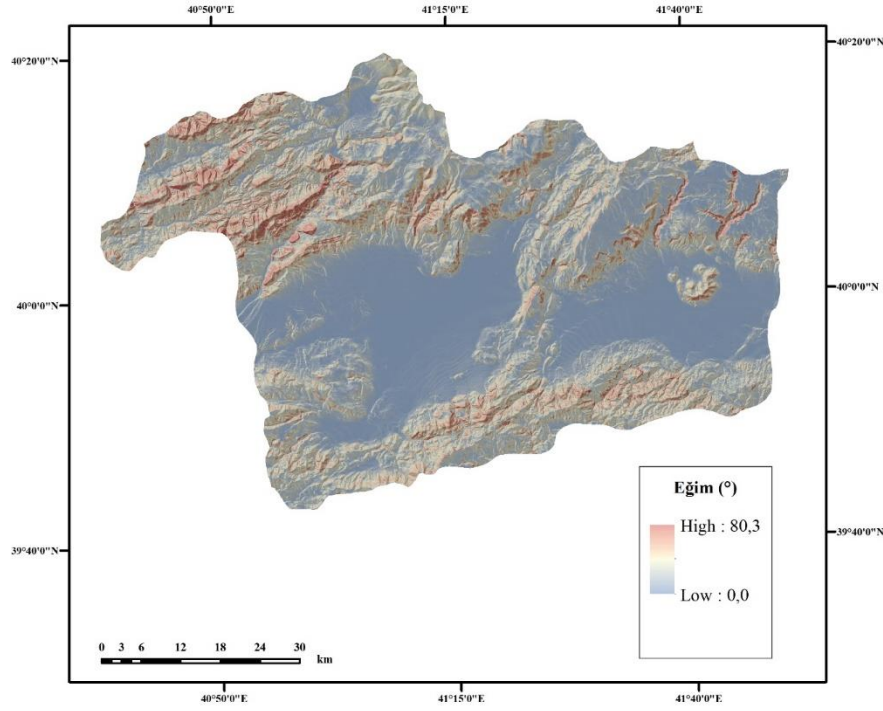
3.1. MATERYAL

Bu yüksek lisans tezinin hazırlanmasında kullanılan materyallerde, Erzurum ili Pasinler, Yakutiye, Aziziye ve Palandöken ilçelerinin topografyasını gösteren haritalar, jeolojik haritalar, heyelan riski haritaları, uydu görüntüleri ve bölgenin iklimi ile nüfus özelliklerini yansıtan istatistiksel veriler yer almaktadır. Çalışmada kullanılan haritalar çeşitli ölçeklerde olup H45, H46, H47, I45, I46, I47 paftalarına ait serileri kapsamaktadır. Çalışma alanının topoğrafik haritasında yer alan eş yükselti eğrileri, topoğrafik haritaların bilgisayar sistemine aktarılması ve ardından Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında dijitalleştirilmsiyle bölgeye ait sayısal yükseklik modeline (DEM) dönüştürülmüştür (Şekil 2). Oluşturulan DEM kullanılarak ArcGIS 10.4 programı içerisinde bulunan Mekânsal Analiz eklentisi ile çalışma alanının "Bakı" (Şekil 7), ve "Eğim" (Şekil 8) katmanları türetilmiştir.

Çalışma alanının bakı haritası incelendiğinde (Şekil 7) bölgenin kuzey kısmının güney ve güney batı yönlerinde yoğunlaştığı, güney kısmı incelendiğinde ise bakının kuzey ve kuzey batı yönlerinde olduğu söylenebilir. Bölgenin eğim haritası incelendiğinde (Şekil 8) morfoloji kısmında bahsedilen Erzurum Ovasını kapsayan bölgede eğim düşükken dağlık bölgelerde fazla olduğu görülmektedir. En büyük eğim $80,3^{\circ}$ olarak hesaplanmıştır.

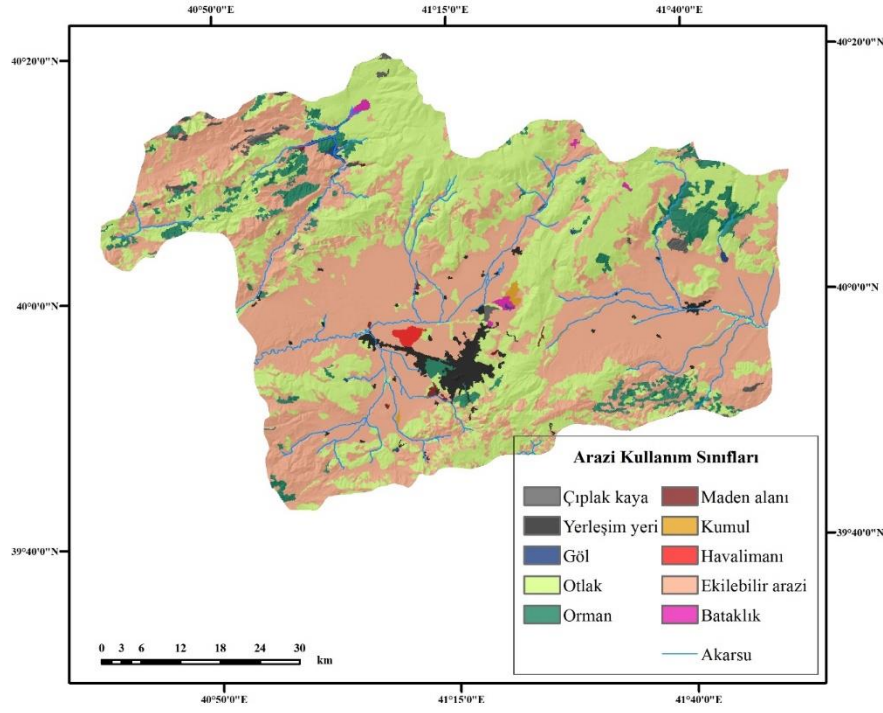


Şekil 7: Çalışma Alanının Bakı Haritası



Şekil 8: Çalışma Alanının Eğim Haritası

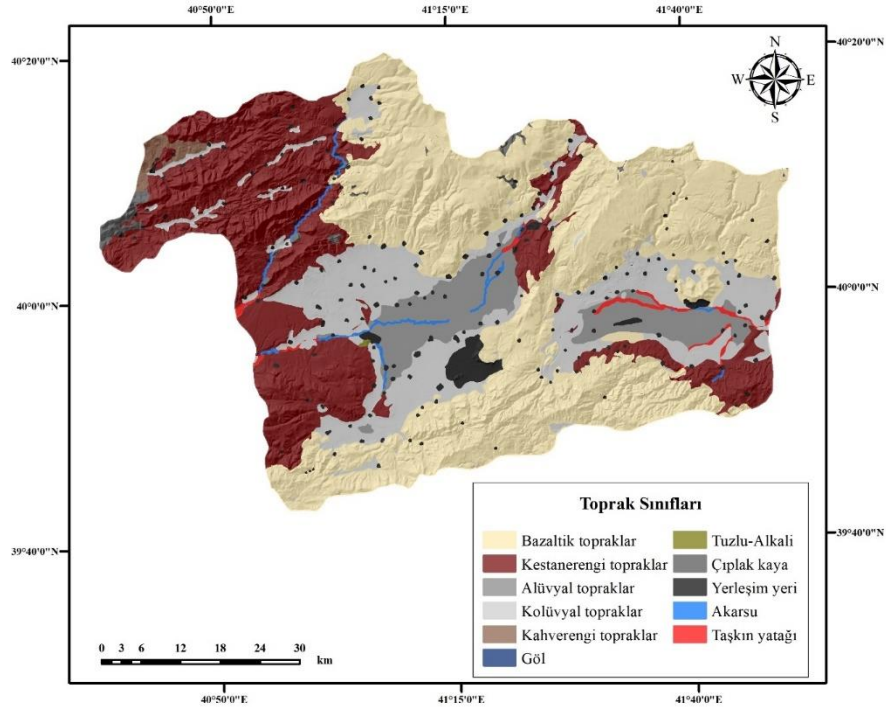
Çalışma alanına ait güncel uydu görüntüleri Google Earth yardımı ile alınmış ve CBS ortamında birleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu görüntüler Coğrafi Bilgi Sisteminde sayısallaştırılarak çalışma alanının ‘Yerleşim yerleri’, ‘Yollar’ ve ‘Yüzey suları’ (Şekil 1) verileri oluşturulmuştur. Çalışma alanının ‘Arazi kullanım sınıfları’ (Şekil 9) katmanı CORINE 2018 verileri kullanılarak üretilmiştir. Arazi kullanım haritası incelendiğinde (Şekil 9) on adet sınıf belirlenmiştir. Bu sınıflardan en yaygın olanı ekilebilir arazidir. Ekilebilir araziye otlaklar, ormanlar ve yerleşim yerleri takip etmektedir. Çalışma alanının geriye kalan kısmında çıplak kaya, göl, maden alanı, kumul, havalimanı, bataklık ve akarsu bulunmaktadır.



Şekil 9: Çalışma Alanının Arazi Kullanım Örtüsü

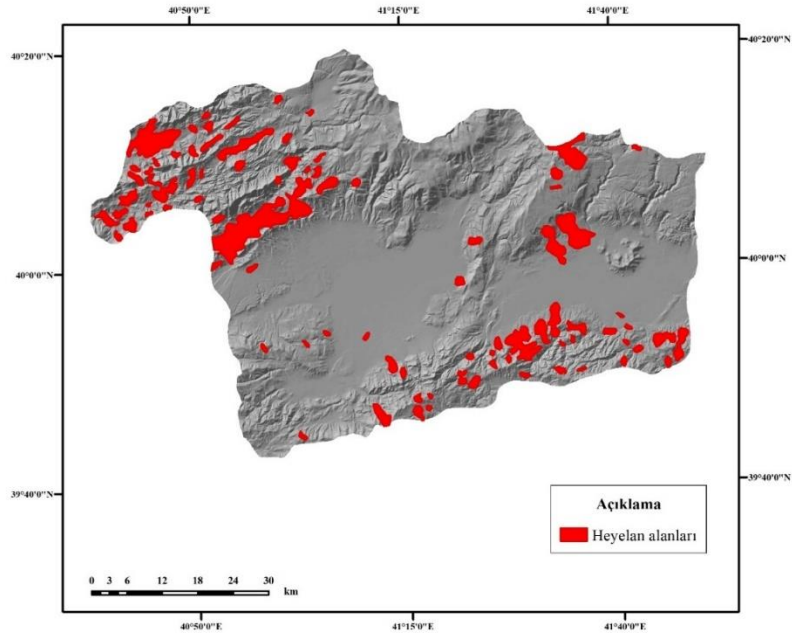
Çalışma alanının Jeoloji katmanı, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (M.T.A) tarafından hazırlanmış ölçeği 1/500.000 olan jeoloji haritalarının sayısallaştırılması ile elde edilmiştir. Elde edilen jeoloji haritası ile çalışma alanının ‘Litoloji’ ve ‘Faylardan uzaklık’ katmanları oluşturulmuştur (Şekil 6).

Google Earth programı kullanılarak demiryolu ve havalimanları “kml” uzantılı olarak sayısallaştırılmıştır. CBS ortamına aktarılan bu verilerden ‘Demiryollarından uzaklık’ ve ‘Havalimanından uzaklık’ katmanları oluşturulmuştur. Bölgenin toprak sınıfı haritası Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğünden (KHGM, 2001) temin edilen 1/25.000 ölçekli haritaların CBS ortamında sayısallaştırılmasıyla üretilmiştir (Şekil 10). Çalışma alanının toprak haritası incelendiğinde; Palandöken ilçesinin güneyi, Aziziye ilçesinin kuzeydoğusu ve Pasinler ilçesinin kuzey ve güney kesimlerinde bazaltik toprak varlığı görülmektedir. Bu toprak çeşidi çalışma alanında en yüksek paya sahip çeşit olmuştur. Bazaltik toprakları kestane rengi topraklar takip etmektedir. Özellikle Aziziye ilçesinin güneybatı ve kuzeydoğu bölgelerine hâkim olan kestane rengi topraklar, Pasinler ilçesinin güneydoğu bölgesinde ve Yakutiye ilçesinde de görülmektedir. Alüvyal topraklar Aziziye ilçesinin doğusunda, Yakutiye ilçesinin güney kesiminde, Palandöken ilçesinin kuzey kesiminde ve Pasinler ilçesinin orta kısmında yer almaktadır. Harita incelendiğinde bu toprak çeşitlerinin dışında kolüvyal topraklar, kahverengi topraklar, tuzlu-alkali topraklar, çıplak kaya ve taşkın yatakları da görülmektedir.



Şekil 10: Çalışma Alanının Toprak Yapısı

‘Heyelan alanlarından uzaklık’ katmanı MTA tarafından hazırlanmış heyelan haritaları kullanılarak CBS ortamında sayısallaştırma işlemi ile hazır hale getirilmiştir. Sonrasında çalışma alanının heyelan katmanı oluşturulmuştur (Şekil 11). Harita incelendiğinde heyelan alanları Aziziye ve Pasinler ilçesinin güneyinde dağlık alanları fazla olduğu bölgelerde toplandığı görülmektedir.



Şekil 11: Çalışma Alanının Heyelan Haritası

Çalışma alanının atık verileri, nüfus bilgileri ve yerleşim durumu Türkiye İstatistik Kurumu verileri baz alınarak hazırlanmıştır. Bölgenin morfolojik durumu T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı internet sitesinden elde edilirken iklim ve bitki örtüsü verileri T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Tüm katmanların üretilmesi ve analizlerin gerçekleştirilmesi işlemleri bir CBS yazılımı olan ArcGIS 10.4 programı ile yapılmıştır.

3.2. YÖNTEM

Günümüzde toplumların sağlıklı ve kaliteli bir yaşam sürdürebilmesi için çeşitli yöntem ve prensipler belirlenmekte ve bunlar, amacına uygun şekilde en doğru biçimde hayata geçirilmeye çalışılmaktadır. Çevresel konular arasında yer alan kentsel katı atık yönetimi, tüm dünya ülkelerinde önemle ele alınan bir meseledir. Çevresel sorunların çözümünde kullanılan önemli araçlardan biri olan (CBS), özellikle mekânsal veri içeren süreçlerde etkili bir rol üstlenmektedir. Yapılan çalışmalarda, CBS çeşitli karar verme yöntemleriyle entegre edilerek anlamlı sonuçlar elde edilmesi sağlanmaktadır. CBS, farklı veri katmanlarını bir araya getirerek analizler yapılmasına ve doğru kararların alınmasına olanak tanır. Bu sistem, özellikle çevresel kaynakların yönetimi, planlama ve izleme gibi alanlarda büyük kolaylık sağlamaktadır. Kentsel katı atık yönetiminde ise atık toplama güzergâhlarının optimizasyonu, depo alanlarının belirlenmesi ve çevreye olan etkilerin azaltılması gibi süreçlerde CBS'nin etkinliği oldukça yüksektir. Erzurum ili için yapılan bu çalışmada ilk olarak atık depolama alanlarının en uygun yer seçiminde dikkate alınan kriterler literatür taraması yapılarak belirlenmiştir.

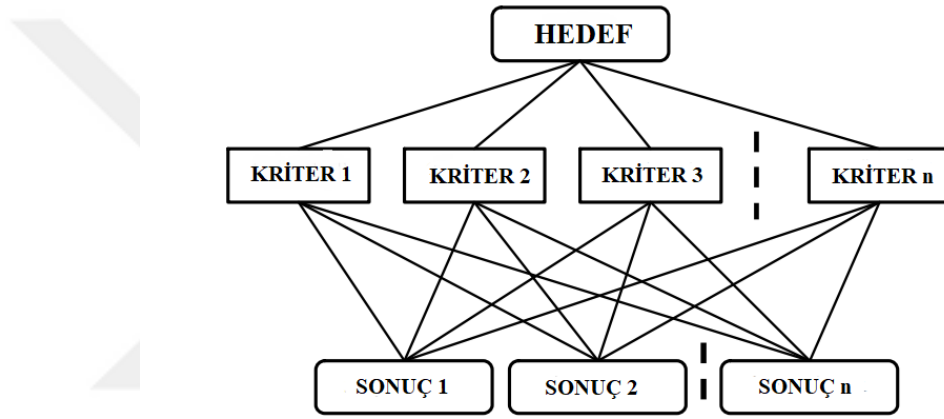
Belirlenen kriterler; eğitim, bakı, yerleşim alanlarından uzaklık, yollardan uzaklık, yüzey sularından uzaklık, arazi kullanımı, litoloji, faylardan uzaklık, demiryollarından uzaklık, havalimanından uzaklık, heyelan alanlarından uzaklık ve toprak sınıfıdır. Bu kriterler ana kriterler olarak nitelendirilmiştir. Her bir kritere ait alt kriterler de önceki çalışmalar ve yönetmeliklere göre belirlenmiş ve ilgili başlıklar altında verilmiştir. Bu tez çalışmasında ana kriterlerin ve bu kriterlere ait alt kriterlerin göreceli ağırlıklarının belirlenmesi sürecinde ÇKKV yöntemlerinden biri olan AHP yöntemi kullanılmıştır.

AHP yöntemi, karar vericiler ve araştırmacılar tarafından yaygın kullanılan bir karar verme yöntemidir. En uygun olan alternatifi belirleme, planlama, uygun yer seçimi ve optimizasyon gibi farklı uygulamalarda kullanılmaktadır (Türe, 2024). AHP, karar vericinin yargısına dayalı olarak, belirli bir tutar ölçeğinde belirlenen alternatifler topluluğu için göreceli öncelikleri ölçmeyi amaçlar ve karar vericinin sezgisel düşüncelerinin yanı sıra karar alma sürecinde alternatiflerin karşılaştırılmasının tutarlılığının önemini vurgular (Kamal, 2001). Problemleri hiyerarşik yapıya ayırıp göstermek karışık ilişkilerin bir arada gösterilmesine

olanak sağlayarak çok basit bir şekilde anlaşılmasını sağlamaktadır.

AHP dört ana bileşene dayanmaktadır:

Birinci adım: Bir hedef belirlemektir. Bu hedef, birden fazla alt kriterin birleşiminden oluşur. Karar verme problemi; alternatifler, kriterler ve alt kriterler ile tanımlanır. Karar noktalarının sayısı m , bu noktaları etkileyen faktörlerin sayısı ise n ile ifade edilmektedir (Karabulut, 2019). Belirlenen hedefin ardından hiyerarşik yapı oluşturulur. Bu yapı oluşturulurken karar verici belirlediği hedefe uygun kriterlere karar verir. Ardından amaca ulaşmak için ana kriterin altında alt kriterler oluşturulur (Scholl vd., 2005; Staiguer vd., 2003) (Şekil 12).



Şekil 12: Analitik Hiyarşi Yöntemi Hiyerarşik Yapı (Erden & Coşkun, 2011)

İkinci adım: Karar seçimleri, belirlenen kriterlere göre karar verici ya da karar vericiler tarafından yapılan karşılaştırmalarla gerçekleştirilir. Analitik hiyerarşi sürecinin temeli, ikili karşılaştırmalara dayanır. Bu adımda, faktörlerin karşılaştırılması için faktöriyel bir matris oluşturulur. Faktörler arası karşılaştırma matrisi, $n \times n$ boyutlarında kare bir matristir ve bu matrisin köşegenindeki tüm elemanlar 1 değerini alır (Şekil 13). Karar kriterleri ve tercihlerinin karşılaştırılmasında Thomas L. Saaty (Saaty, 1986) tarafından geliştirilen ölçek kullanılmıştır (Tablo 3) (Karabulut, 2019).

Tablo 2: AHP ile İkili Karşılaştırma Matrisi (Erden & Coşkun, 2011)

	1. kriter	2. kriter	3. kriter	4. kriter
1. kriter	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{1n}
2. kriter	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{2n}

3. kriter	a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_{3n}
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
n. kriter	a_{n1}	a_{n2}	a_{n3}	a_{nn}

Tablo 3: AHP Önem Dereceleri (Saaty, 1986)

Önem skalası	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	İki faaliyetin de eşit tercih edilmesi
3	Çok az önemli	Bir faaliyetin diğerine göre biraz daha fazla tercih edilmesi
5	Kuvvetli derecede önemli	Bir faaliyetin diğerine göre çok daha fazla tercih edilmesi
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir faaliyetin diğerine göre çok kuvvetli şekilde tercih edilmesi
9	Mutlak önemli	Bir faaliyetin diğerine göre en yüksek derecede tercih edilmesi
2,4,6,8	Ara değerler	1-3, 3-5, 5-7, 7-9 arası değerlendirmeler

Karar vermenin temel sorunu, birbiriyle çelişen kriterler altında değerlendirilen bir dizi rakip alternatif arasından en iyi olanı seçmektir. Analitik Hiyerarşi Süreci bize bu tür problemler için kapsamlı çözümler sunmaktadır. AHP çok kriterli kararlar alırken sezgisel, rasyonel ve irrasyonel olanlarla aynı anda başa çıkmamızı sağlar.

Üçüncü adım: Faktörlerin toplam içindeki oranlarını, yani yüzde dağılımlarını tespit etmek için, karşılaştırma matrisindeki sütun vektörleri kullanılarak bir B matrisi oluşturulur (Eşitlik 1.1). Bu matristeki B sütun vektörlerinin hesaplanması için Eşitlik 1.2 uygulanır (Karabulut, 2019).

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ b_{31} \\ b_{n1} \end{bmatrix} \quad 1.1$$

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad 1.2$$

Ardından, n-B sütun vektörleri matris biçiminde birleştirilerek C matrisi oluşturulur (Eşitlik 1.3). Bu C matrisi sayesinde faktörlerin birbirlerine göre önem derecelerini belirleyen yüzdesel dağılımlar hesaplanabilir. C matrisini oluşturan satır bileşenlerinin aritmetik

ortalaması alınarak, öncelik vektörü olarak bilinen (Eşitlik 1.4) W sütun vektörü elde edilir (Eşitlik 1.5) (Karabulut, 2019).

$$C = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{bmatrix} \quad 1.3$$

$$w_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad 1.4$$

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} \quad 1.5$$

Son aşamada, AHP sonuçlarının tutarlılığı değerlendirilir. Tutarlılık oranı, karar vericinin kriterler arasındaki karşılaştırmalarda ne kadar tutarlı olduğunu belirlemek için hesaplanır. Bu oran, tutarlılık göstergesinin rastgele tutarlılık indeksiyle oranlanmasıyla elde edilir. Düşük bir tutarlılık oranı, karar vericinin ikili karşılaştırmalarda tutarlı olduğunu, yüksek bir tutarlılık oranı ise tutarsızlık olduğunu gösterir. %10'a kadar olan bir tutarlılık değeri kabul edilebilir.

Tutarlılık oranı, Saaty tarafından şu şekilde tanımlanmıştır. Tutarlılık oranı, ikili karşılaştırmalardan elde edilen göreceli önem vektörünün tutarlılığını değerlendirmek için hesaplanır. Bunun için önce, ikili karşılaştırmalar matrisi ile göreceli önem vektörü çarpılarak yeni bir vektör daha elde edilir. Bu yeni vektördeki her bir satır değeri, göreceli önem vektöründeki aynı satır değerine bölünerek yeni bir vektör oluşturulur. Örneğin, ilk satırın değeri göreceli önem vektöründeki ilk satır değerine, ikinci satırın değeri ikinci satır değerine ve bu işlem n satıra kadar devam eder. Elde edilen bu vektörün elemanları toplanır ve eleman sayısına bölünerek en büyük özdeğer (λ_{max}) bulunur (Eşitlik 1.6).

Elde edilen λ_{max} değeri kullanılarak, Eşitlik 1.7'de belirtilen formüle göre Tutarlılık İndeksi (Tİ) hesaplanır. Hesaplanan Tutarlılık İndeksinden sonra Eşitlik 1.8 kullanılarak Tutarlılık Oranı (TO) hesaplanır. Tutarlılık Oranı hesaplanırken kullanılan Rassallık İndeksi (Rİ) değerleri, Saaty'nin Tablo 4'te verilen Rastgele Tutarlılık İndeksine göre bulunur.

$$T\ddot{I} = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad 1.7$$

$$TO = \frac{T\ddot{I}}{R\ddot{I}} \quad 1.8$$

Tablo 4: Rastgele Tutarlılık İndeksi (Saaty, 1994)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,53	1,56	1,57	1,59

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. BULGULAR

4.1. KRİTERLERİN ÖNEM AĞIRLIKLARININ BELİRLENMESİ VE KATMANLARIN OLUŞUMU

4.1.1. Yüzey Sularından Uzaklık

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (KAKY, 1991) madde 24 ‘e göre katı atık deponi alanı yer seçiminde içme suyu temin edilen ve edilecek olan yüzey sularının yakınına inşa edilemez. Küçükönder ve Karabulut (2007) tarafından yapılan çalışmada en az 100 metre mesafe konulması belirtilmiştir. Yapılan literatür çalışmasına göre yerleşim alanlarından uzaklaştıkça katı atık depolama alanı için uygunluk değerleri artmaktadır. 2000 m ve üstü alanlar uygunluk açısından en yüksek değeri almaktadır. Bu çalışmada da yüzey sularından uzaklık sınıfları literatüre dayanarak beş sınıfa ayrılmıştır (1-500 m; 500-1000 m; 1000-1500 m; 1500-2000 m ve >2000 m). 500 m altında ise uygunluk açısından en düşük değer olarak belirlenmiştir. Yüzey sularından uzaklık katmanını oluşturmak için AHP kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuş ve tüm sınıfların göreceli ağırlık değerleri hesaplanmıştır (Tablo 5).

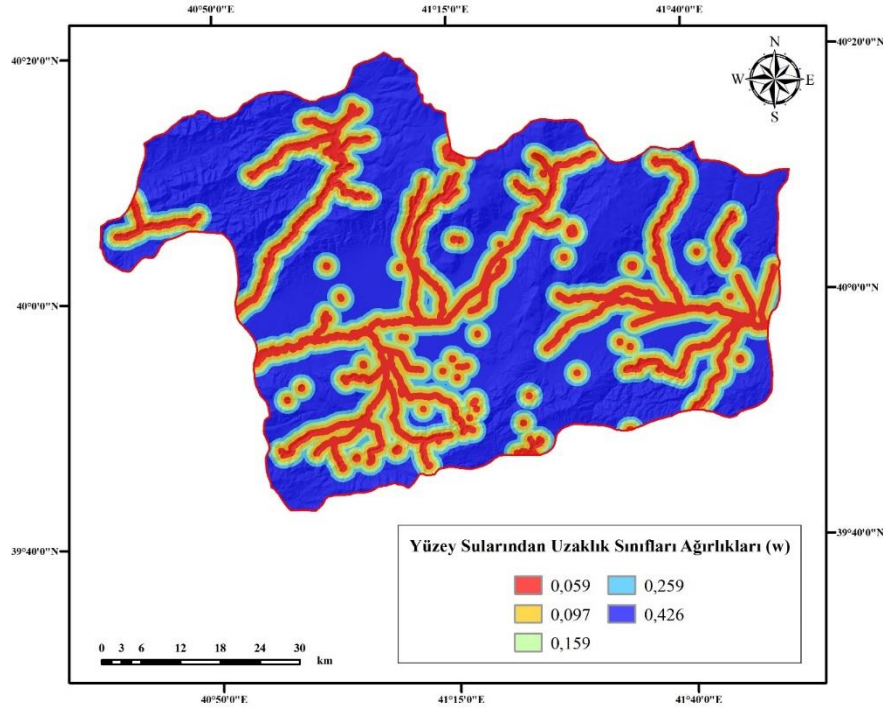
Tablo 5: Yüzey Sularından Uzaklık Kriteri İkili Karşılaştırma Matrisi

Mesafe (m)	A	B	C	D	E
1-500 (A)	1				
500-1000 (B)	2	1			
1000-1500 (C)	3	2	1		
1500-2000 (D)	4	3	2	1	
>2000 (E)	6	4	3	2	1

W= (0,059-0,097-0,159-0,256-0,426)

Tutarlılık Oranı (TO) = 0,0145

ArcGIS 10.4 yazılımı kullanılarak Google Earth uygu görüntülerinden elde edilen yüzey suları sayısallaştırılmıştır. Düzenlenen veri seti programdaki Mekânsal Analiz aracında bulunan Öklit mesafesi uygulaması ile hesaplanarak yüzey sularına olan mesafe katmanı oluşturulmuştur. Ardından CBS ortamında beş sınıfa ayrılarak her bir sınıfa ait ağırlık AHP ile hesaplanan ağırlık değerleri atanarak çalışma alanının ağırlıklandırılmış yüzey sularından uzaklık katmanı oluşturulmuştur (Şekil 13).



Şekil 13: Çalışma Alanının Ağırlıklandırılmış Yüzey Sularından Uzaklık Katmanı

4.1.2. Arazi Kullanımı

Türe (2024) yaptığı çalışmada katı atık depolama alanı için en uygun yer seçiminde arazi kriteri için ormanlık alanlara, sulak alanlara ve yapay bölgelere en az uygunluk derecesi atarken bitki örtüsünü az olduğu bölgelere yüksek uygun derecesi atamıştır. Bu çalışma kapsamında da arazi kullanım sınıflarının katı atık depolama alanı için uygunluk ağırlıklandırmaları daha önceden yapılan çalışmalara göre değerlendirilmiş ve Tablo 6'da sunulmuştur.

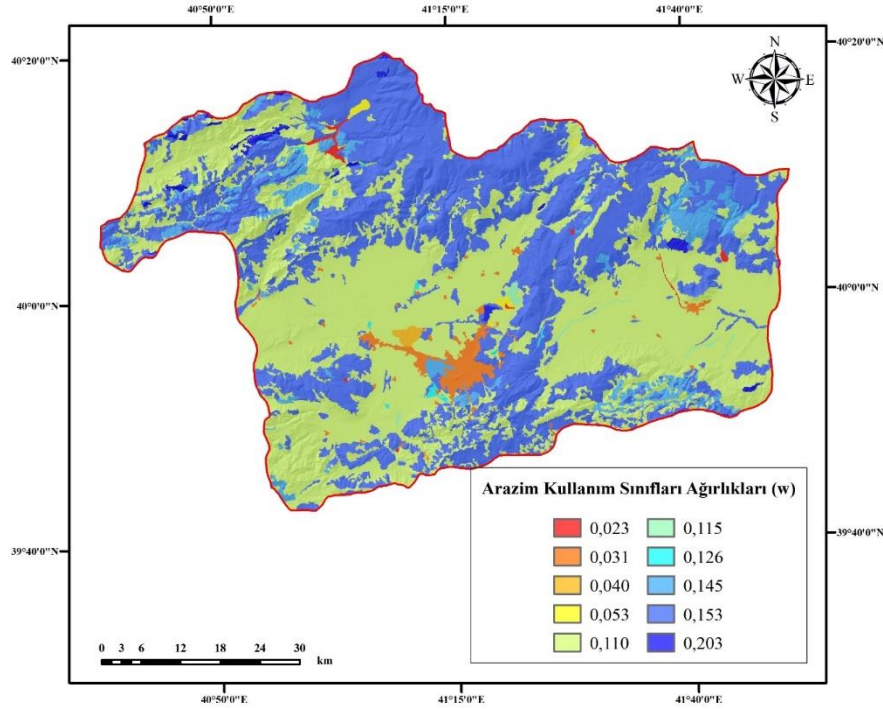
Tablo 6: Arazi Kullanım Kriteri İkili Karşılaştırma Matrisi

Arazi Kullanımı	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Ekilebilir alan (A)	1									
Otlak (B)	2	1								
Çıplak kaya (C)	3	2	1							
Taşkın alanı (D)	1/2	2	1/2	1						
Ormanlık alan (E)	3	1/3	1/2	2	1					
Madencilik (F)	2	1/2	1/2	2	1/2	1				
Havaalanı (G)	1/5	1/3	1/4	1/3	1/3	1/4	1			
Su yüzeyi (H)	1/5	1/4	1/5	1/5	1/5	1/5	1/2	1		
Bataklık (I)	1/3	1/3	1/4	1/3	1/3	1/3	2	4	1	
Yerleşim Yeri (J)	1/4	1/4	1/5	1/4	1/4	1/4	1/2	2	1/2	1

W= (0,110-0,153-0,203-0,115-0,145-0,126-0,040-0,023-0,053-0,031)

Tutarlılık Oranı (TO) = 0,072

CORINE 2018 arazi kullanım örtüsü haritası kullanılarak ArcGIS 10.4 yazılımı ortamında çalışma alanının arazi kullanım sınıfları ayırt edilerek sınıflandırılmıştır. Sonrasında her bir sınıfa ait daha önceden hesaplanan (Tablo 6) ağırlık değerleri sınıfların ilgili pixel değerleri olarak atanmış ve çalışma alanının ağırlıklandırılmış arazi kullanımı katmanı oluşturulmuştur (Şekil 14).



Şekil 14: Çalışma Alanının Ağırlıklandırılmış Arazi Kullanım Katmanı

4.1.3. Bakı

Katı atık depolama alanlarının yer seçiminde bakı, koku ve materyal taşınımı açısından önemli bir kriterdir. Bu kriterin önemi ise bölgedeki hâkim rüzgâr yönü ile doğrudan ilişkilidir. Erzurum Çevre Durum Raporu'na göre yıllık ortalama hâkim rüzgâr yönü güney-güneybatı yönü olarak belirlenmiştir (Tablo 7). Bu nedenle rüzgârın hâkim olduğu alanlar uygun alan olarak düşük ağırlık değerlerine sahip alanlardır. Öyle ki hâkim rüzgâr yönüne açık alanlar doğrudan rüzgârın etkisinde kalarak koku ve materyallerin taşınması açısından oldukça zayıf alanlardır. Çalışma alanının bakı sınıfları ağırlıklarını belirlemek için AHP kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuş (Tablo 8).

Tablo 7: Erzurum İli Yıllık Ortalama Hakim Rüzgar Yönü (Erzurum İli Temiz Hava Eylem Planı)

Yıl/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
Ortalama	WNW	WSW	SW	WSW	S	SE	S	E	S	SSW	SSE	WNW	SSW

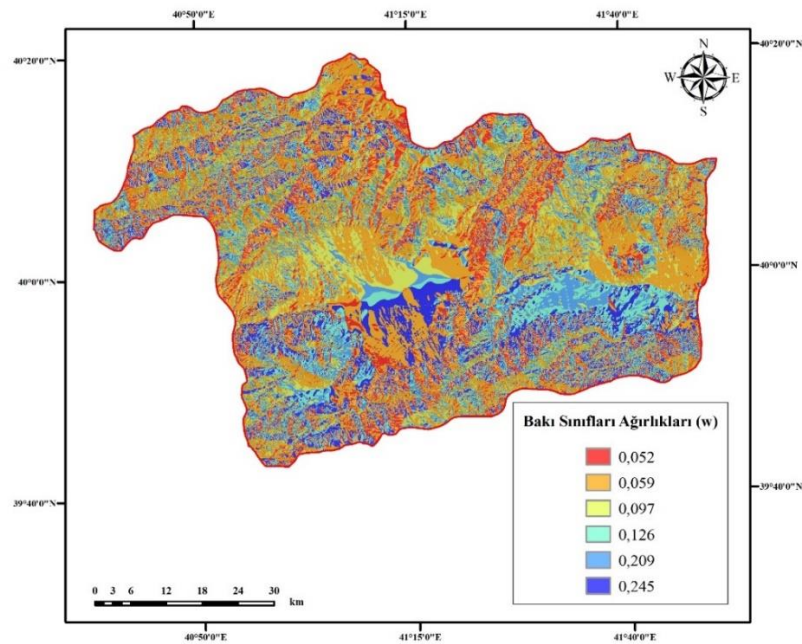
Tablo 8: Bakı Kriteri İkili Karşılaştırma Matrisi

Bakı	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Düz alanlar (A)	1								
Kuzey (B)	3	1							
Kuzeydoğu (C)	2	1/2	1						
Doğu (D)	3	1/2	2	1					
Güneydoğu (E)	2	1/3	1/2	1/3	1				
Güney (F)	1/3	1/5	1/3	1/5	1/2	1			
Güneybatı (G)	1/2	1/3	1/2	1/3	1/3	1/2	1		
Batı (H)	1/3	1/5	1/3	1/5	1/2	1	1	1	
Kuzeybatı (I)	1/2	1/3	1	1/3	1	1/2	1/2	1/2	1

W= (0,094-0,245-0,126-0,209-0,097-0,059-0,059-0,052-0,059)

Tutarlılık Oranı (TO) = 0,066

Bakı katmanı oluşturulurken temel veri olarak topografik haritalar kullanılmıştır. Harita Genel Komutanlığı'nda temin edilen basılı topoğrafik haritalar tarama yöntemiyle dijital hale getirilmiş ve ArcGIS 10.4 programı kullanılarak sayısallaştırılmıştır. Sonrasında Mekânsal analiz aracı ile sayısal yükseklik modeli (DEM) (Şekil 2) oluşturulmuştur. Oluşturulan bu model Mekânsal Analiz aracı ile analiz edilmiş ve bakı katmanı oluşturulmuştur. Sonrasında bakı katmanı Tablo 8'de belirtilen sınıflara ayrılmıştır. AHP ile hesaplanan ağırlık değerleri (Tablo 8) her bir sınıfı temsil eden pixellere atanarak çalışma alanının ağırlıklandırılmış bakı katmanı oluşturulmuştur (Şekil 15).

**Şekil 15:** Çalışma Alanının Ağırlıklandırılmış Bakı Katmanı

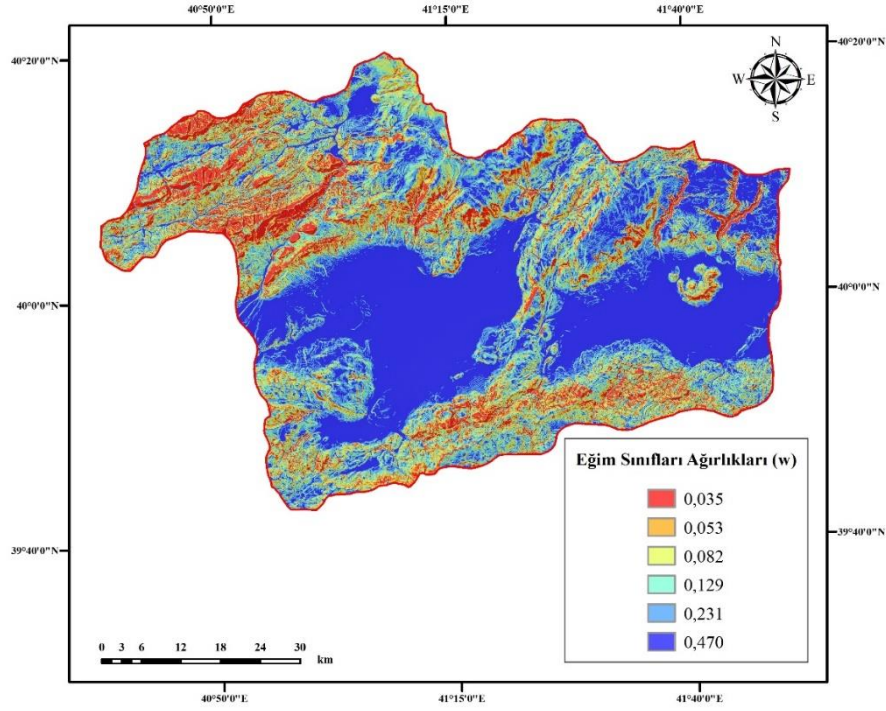
4.1.4. Eğim

Eğim kriteri, katı atık depolama tesisi yer seçiminde kullanılan önemli faktörlerden biridir. Eğim değeri yüksek olan bölgelerde inşaat yapım maliyetleri yüksek olacağından daha düz yerler tercih edilmelidir. Ayrıca eğimli arazilerde toprak erozyonu riski de ciddi sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (Bilgilioglu & Gezgin, 2022). Eğim derecesi %25 ve üstü olan değerlerler çok düşük derecede uygun alanlar olarak değerlendirilmiştir. Çalışma alanının eğim kriteri altı sınıfa ayrılarak her bir kriterin ağırlık değeri AHP ikili karşılaştırma matrisi çözümü ile oluşturulmuştur (Tablo 9).

Tablo 9: Eğim Kriteri İkili Karşılaştırma Matrisi

Eğim (°)	A	B	C	D	E	F
0-5 (A)	1					
5-10 (B)	1/3	1				
10-15 (C)	1/5	1/2	1			
15-20 (D)	1/6	1/4	1/2	1		
20-25 (E)	1/7	1/5	1/3	1/2	1	
>25 (F)	1/9	1/6	1/4	1/3	1/2	1
W= (0,470-0,231-0,129-0,082-0,053-0,035)						
Tutarlılık Oranı (TO) = 0,041						

Eğim katmanı Şekil 2’de gösterilen sayısal yükseklik modelinden (DEM) Mekânsal Analiz aracı ile oluşturulmuştur. Eğim katmanı altı sınıfa ayrılarak her bir katmana Tablo 9’da hesaplanan ağırlık değerleri atanmış ve çalışma alanının ağırlıklandırılmış eğim katmanı oluşturulmuştur (Şekil 16).



Şekil 16: Çalışma Alanının Ağırlıklandırılmış Eğim Katmanı

4.1.5. Faylardan Uzaklık

Fay hatları kayaların geçirgenlik seviyelerini artırdığı için kirliliğe neden olmaktadır. Ayrıca olası bir deprem durumunda fay hatalarının yakınındaki depolama sahaları ve diğer yapılar zarar görebilmektedir (Bilgilioglu & Gezgın, 2022). Bu nedenle fay hattından uzak olan alanlar daha uygun alanlar olarak kabul edilmektedir. Çalışma alanının faylardan uzaklık katmanı beş sınıfa ayrılmış ve AHP ikili karşılaştırmaları yapılarak 2000 metre üzeri alanlara en yüksek uygunluk derecesi atanmıştır (Tablo 10).

Tablo 10: Fay Kriteri İkili Karşılaştırma Matrisi

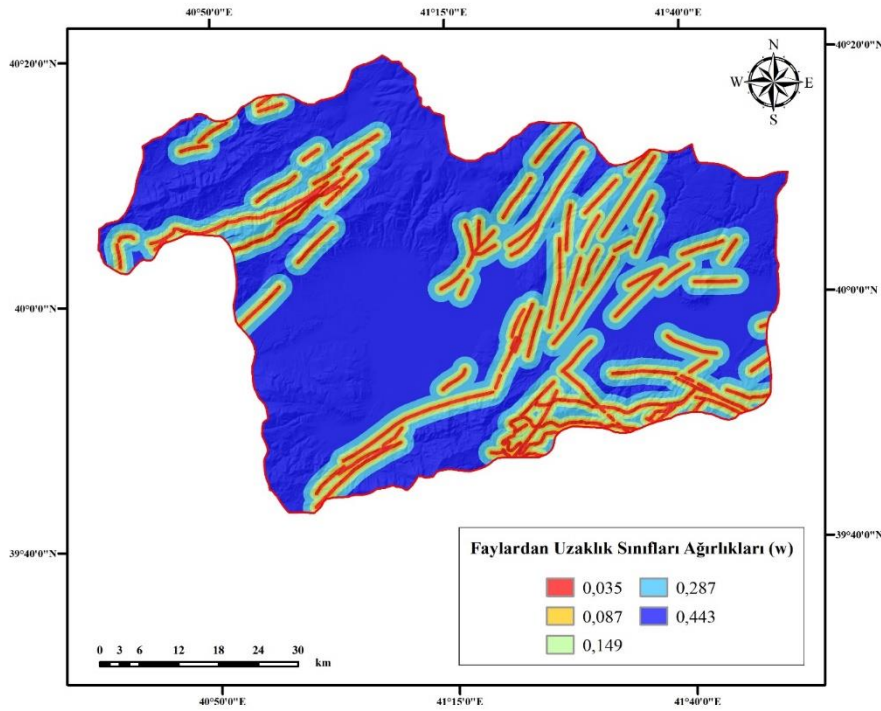
Mesafe (m)	A	B	C	D	E
0-250 (A)	1				
250-500 (B)	4	1			
500-1000 (C)	5	3	1		
1000-2000 (D)	7	4	3	1	
>2000 (E)	9	5	4	2	1

W= (0,035-0,087-0,149-0,287-0,443)

Tutarlılık Oranın (TO) = 0,067

Fay katmanına ait veriler MTA tarafından alınmış ve ArcGIS 10.4 programı ile sayısallaştırılmıştır. Ardından Öklit mesafesi uygulaması kullanılarak uzaklık hesaplanmış ve katman Tablo 10'da gösterilen sınıflara göre yeniden sınıflandırılmıştır. Sonrasında bu sınıflara

ait ağırlıklar (Tablo 10) sınıfları temsil eden pixellere atanarak çalışma alanının ağırlıklandırılmış faylardan uzaklık katmanı oluşturulmuştur (Şekil 17).



Şekil 17: Çalışma Alanının Ağırlıklandırılmış Faylardan Uzaklık Katmanı

4.1.6. Heyelan Alanlarından Uzaklık

Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmeliğe göre heyelan alanları yer seçiminde dikkat edilmesi gereken bir kriterdir. Heyelanlı bölgede yaşanacak toprak kaymaları, sıkışma ve patlama gibi olayları tetikleyebilir (Yıldırım, 2012). Bu nedenle yer seçimi yapılırken heyelanlı ve heyelan riski taşıyan bölgelerden uzak durulması gerekmektedir. Çalışma kapsamında yapılan AHP ikili karşılaştırmaları (Tablo 11) sonucunda heyelan alanlarına 2000 metre ve daha fazla mesafede alanlar için en yüksek uygunluk değeri atanmıştır (Tablo 11). Heyelan alanlarına uzaklık sınıfları ve bu sınıflara ait göreceli ağırlık değerleri Tablo 11’de gösterilmiştir.

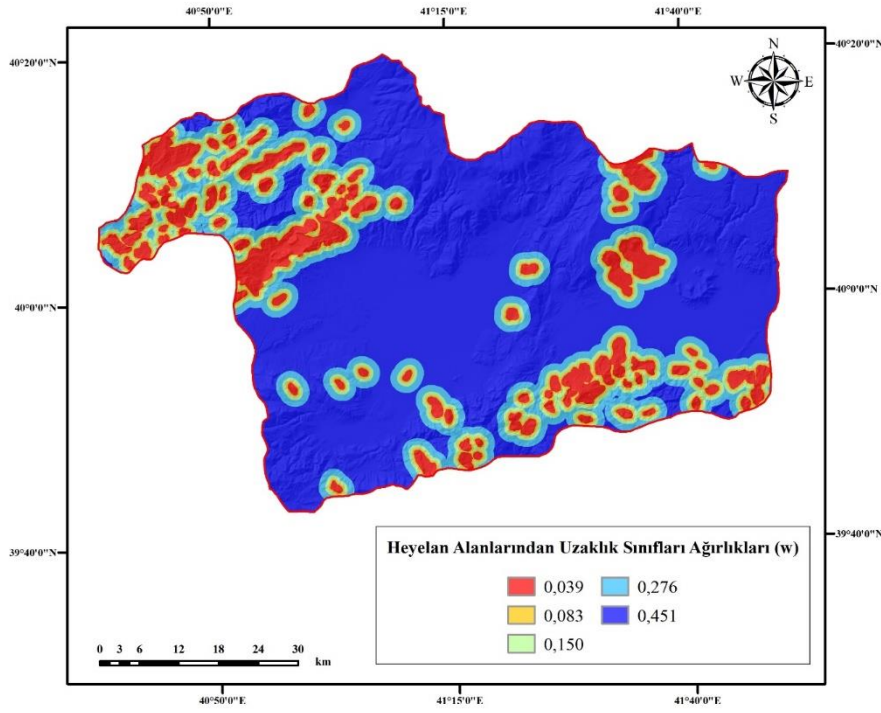
Tablo 11: Heyelan Alanlarından Uzaklık Kriteri İkili Karşılaştırma Matrisi

Mesafe (m)	A	B	C	D	E
0-250 (A)	1				
250-500 (B)	3	1			
500-1000 (C)	4	2	1		
1000-2000 (D)	7	4	2	1	
>2000 (E)	9	6	3	2	1

W= (0,039-0,083-0,150-0,276-0,451)

Tutarlılık Oranı (TO) = 0,018

Çalışma alanının heyelan haritası oluşturulurken Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış 1/500.000 ölçekli Türkiye Heyelan Envanteri (M.T.A) Erzurum paftaları kullanılmıştır. Kullanılan paftalar CBS ortamında sayısallaştırılarak çalışma alanının heyelan katmanı (Şekil 11) oluşturulmuştur. Ardından Öklit mesafesi uygulaması kullanılarak heyelan alanlarına uzaklıklar hesaplanmış ve katman Tablo 11’de gösterilen sınıflara göre yeniden sınıflandırılmıştır. Sonrasında bu sınıflara ait ağırlıklar (Tablo 11) sınıfları temsil eden pixellere atanarak çalışma alanının ağırlıklandırılmış heyelan alanlarından uzaklık katmanı oluşturulmuştur (Şekil 18).



Şekil 18: Çalışma Alanının Ağırlıklandırılmış Heyelan Alanlarından Uzaklık Katmanı

4.1.7. Litoloji

Katı atık depolama sahasının zemin özelliklerinin sızıntı suyunun sızmasının engellenmesi nedeniyle geçirimsiz olması istenmektedir (Bilgilioğlu & Gezgin, 2022). Bu nedenle geçirimsiz tabakaların olduğu alanlar yüksek uygunluk derecesi alırken geçirimi yüksek alanlar daha düşük uygunluk derecesi olarak tercih edilmemiştir. Çalışma kapsamında litoloji katmanı on iki adete ayrılarak AHP ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuş ve sınıflara ait göreceli ağırlık değerleri belirlenmiştir (Tablo 12).

Tablo 12: Litoloji Kriteri İkili Karşılaştırma Matrisi

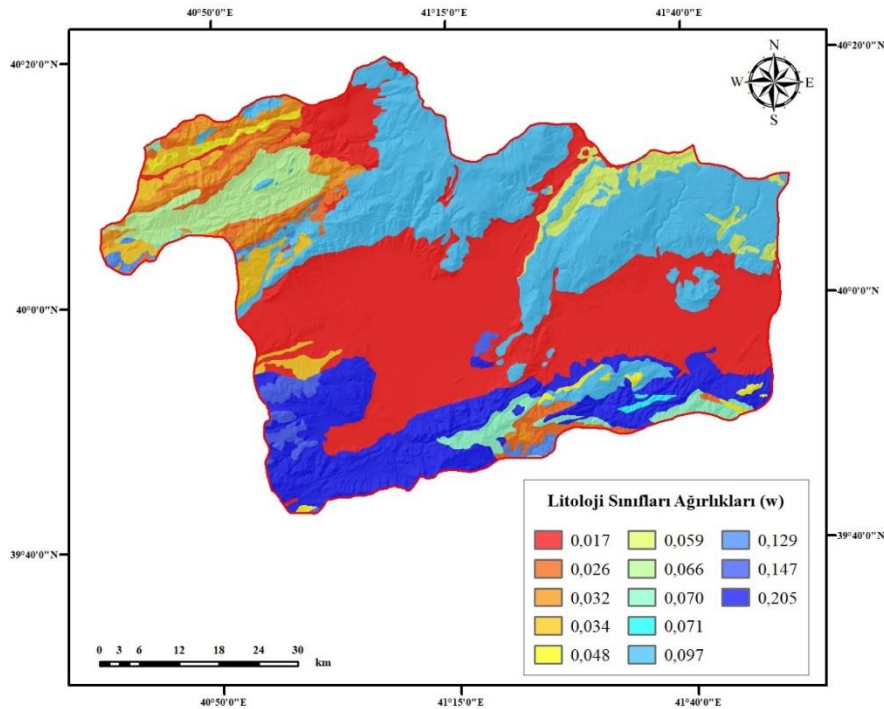
Litoloji	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Andezit (A)	1												
Bazalt (B)	1/2	1											

Gnays (C)	1/3	1/2	1										
Bazik kayaç (D)	1/2	1/2	2	1									
Ayrılmamış volkanit (E)	1/3	1/2	2	1/2	1								
Pİroklastik kayaçlar (F)	1/3	1/3	1	1/3	1/3	1							
Sedimanter kayaç (G)	1/4	1/3	1/2	1/3	1/2	2	1						
Evaporitli sedimanter (H)	1/6	1/4	1/2	1/4	1/4	1/2	1/3	1					
Ofiyolitli melanj (I)	1/5	1/4	2	1/3	1/2	2	1	2	1				
Neritik kireçtaşı (J)	1/4	1/3	1/2	1/3	1/2	1/2	1/2	2	1/2	1			
Pelajik kireçtaşı (K)	1/5	1/3	1/2	1/4	1/3	1/3	1/3	1/2	1/3	1/2	1		
Kırıntılar karbonatlar (L)	1/6	1/4	1/4	1/4	1/3	1/3	1/3	1/2	1/3	1/3	1/2	1	
Karasal kırıntılar (M)	1/7	1/6	1/5	1/5	1/4	1/4	1/4	1/2	1/4	1/4	1/3	1/3	1

W= (0,017-0,025-0,052-0,028-0,038-0,065-0,057-0,107-0,056-0,075-0,117-0,146-0,217)

Tutarlılık Oranı (TO) = 0,048

Litoloji katmanı jeoloji haritasındaki (Şekil 7) litolojik grupların CBS ortamında sınıflandırılması ile oluşturulmuştur (Şekil 20). Sonrasında bu sınıflar yine CBS ortamında raster verilerine dönüştürülmüş ve her bir pixele temsil ettiği sınıfın ağırlık değeri (Tablo 12) atanarak çalışma alanının ağırlıklandırılmış litoloji katmanı oluşturulmuştur (Şekil 19).



Şekil 19: Çalışma Alanının Ağırlıklandırılmış Litoloji Katmanı

4.1.8. Yerleşim Yerlerine Uzaklık

Katı atık depolama alanları ile en yakın yerleşim yeri arasında en az 1000 m'lik mesafe olması gerekmektedir. Ancak bakanlık izni ile belediyeler veya o bölgenin mülki amirliğince depo alanı kurulmasına izin verilebilmektedir. Depolama alanları kurulduktan sonra da

çevresinin iskâna açılması izin verilmemektedir (KAKY, 1991). Atık depolama alanlarında yayılan kokular, tozlar ve gürültü yerleşim yerlerinde ciddi zarara neden olmaktadır (Bilgilioğlu & Gezgin, 2022). Bu çalışmada yerleşim yerlerine uzaklıklar beş grupta sınıflandırılmıştır (Tablo 13). Yapılan AHP ikili karşılaştırmaları sonucunda bu sınıflardan 1000 m ve altındaki bölgelere en düşük uygunluk değeri atanırken 4000 m üstündeki bölgeler en yüksek uygunluk değeri atanmıştır (Tablo 13).

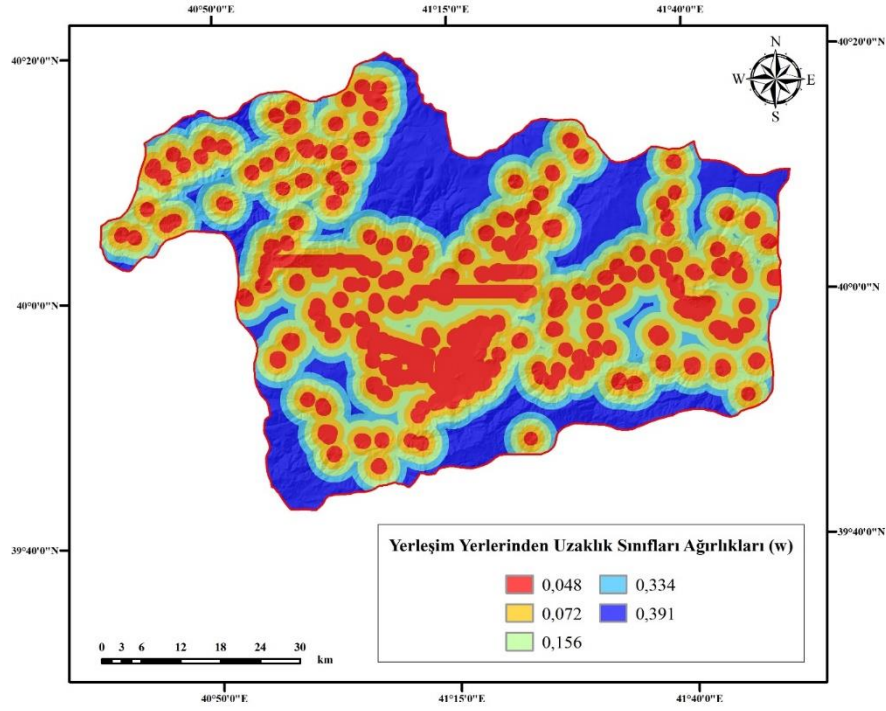
Tablo 13: Yerleşim Yerlerinden Uzaklık Kriteri İkili Karşılaştırma Matrisi

Mesafe (m)	A	B	C	D	E
0-1000 (A)	1				
1000-2000 (B)	2	1			
2000-3000 (C)	3	3	1		
3000-4000 (D)	6	5	4	1	
>4000 (E)	7	5	2	2	1

W= (0,048-0,072-0,156-0,334-0,391)

Tutarlılık Oranı (TO) = 0,058

Google Earth programı kullanılarak “kml” uzantısında çizimi gerçekleştirilen yerleşim yerleri ArcGIS 10.4 ortamına aktararak sisteme entegre edilmiştir. Sonrasında Öklid mesafesi uygulaması ile hesaplatılan uzaklıklar yeniden sınıflandırılarak çalışma alanının yerleşim yerlerine uzaklık katmanı elde edilmiştir. Her bir sınıfa ait göreceli ağırlık değerleri (Tablo 13) o sınıfı temsil eden pixellere atanarak çalışma alanının ağırlıklandırılmış yerleşim yerlerine uzaklık katmanı oluşturulmuştur (Şekil 20).



Şekil 20: Çalışma Alanının Ağırlıklandırılmış Yerleşim Yerlerine Uzaklık Katmanı

4.1.9. Yollara Uzaklık

Katı atık depolama alanları, inşaat maliyetlerini azaltmak ayrıştırılmasını ve dönüşümü kolaylaştırmak ve nakliye masraflarını düşürmek adına bağlantı yollarına yakın tercih edilir. Ancak koku ve görünüş açısından yollara yakınlık istenen bir durum değildir. Bu yüzden makul bir mesafe seçilmelidir (Bilgilioğlu & Gezgin, 2022). Bu çalışma kapsamında yollara uzaklık kriteri altı farklı sınıfa ayrılmış ve bu sınıfların göreceli ağırlıkları AHP ikili karşılaştırmaları ile belirlenmiştir (Tablo 14). Yollara uzaklık kriterinde 100 m’den daha yakın alanlara için en düşük uygunluk değeri atanırken 100-250 m arasındaki alanlara en yüksek uygunluk derecesi atanmıştır (Tablo 14).

Tablo 14: Yollara Uzaklık Kriteri İkili Karşılaştırma Matrisi

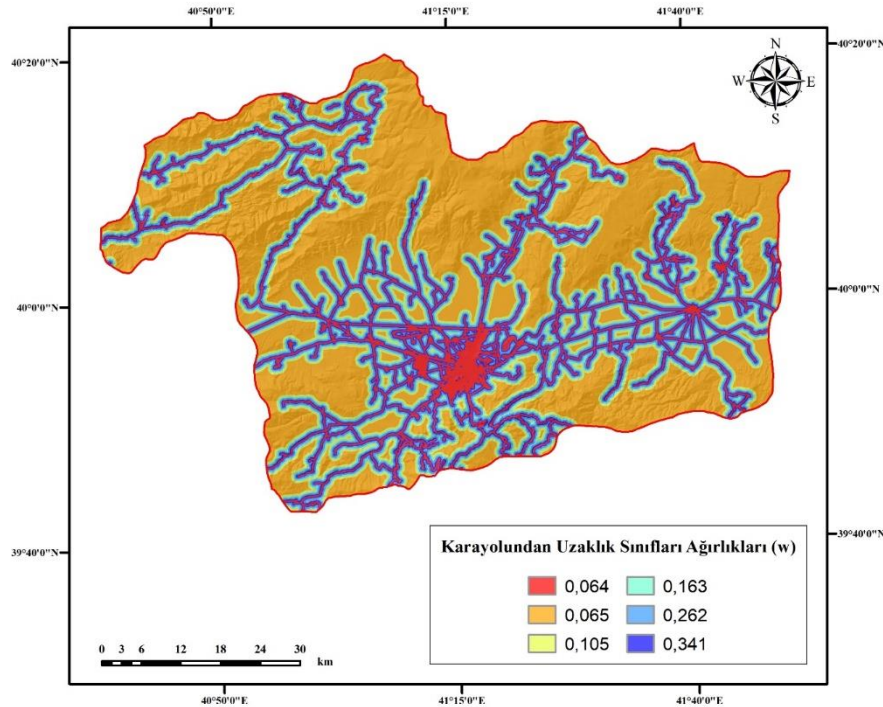
Mesafe (m)	0-100	100-250	250-500	500-750	750-1000	>1000
0-100	1	0,5	0.2	0.25	0.33	0.5
100-250	2	1	2	3	4	5
250-500	5	0,5	1	2	3	5
500-750	4	0,33	0.5	1	2	3

750-1000	3	0,25	0.3	0.5	1	2
>1000	2	0.2	0.2	0.33	0.5	1

W= (0,064-0,341-0,262-0,163-0,105-0,065)

Tutarlılık Oranı (TO) = 0,082

Google Earth programı kullanılarak “kml” uzantısında çizimi gerçekleştirilen yollar ArcGIS 10.4 ortamına aktararak sisteme entegre edilmiştir. Sonrasında Öklid mesafesi uygulaması ile hesaplatılan yollardan uzaklıklar yeniden sınıflandırılarak çalışma alanının yollara uzaklık katmanı elde edilmiştir. Her bir sınıfa ait göreceli ağırlık değerleri (Tablo 14) o sınıfı temsil eden pixellere atanarak çalışma alanının ağırlıklandırılmış yollara uzaklık katmanı oluşturulmuştur (Şekil 21).



Şekil 21: Çalışma Alanının Ağırlıklandırılmış Yollara Uzaklık Katmanı

4.1.10. Demiryollarına Uzaklık

Katı atık depolama alanlarının seçiminde demiryollarına uzak olması tercih edilir. Ağırlık ataması yapılırken 250 m’den yakın olan alanların uygunluk derecesi düşükken 1000 m ve üzeri alanlar ise en uygun alan olarak nitelendirilmiştir (Tablo 15). Çalışma alanının demiryollarına uzaklık sınıfları ve bu sınıflara ait ikili karşılaştırmalar matrisi çözümünde elde edilen göreceli ağırlıkları Tablo 15’te verilmiştir.

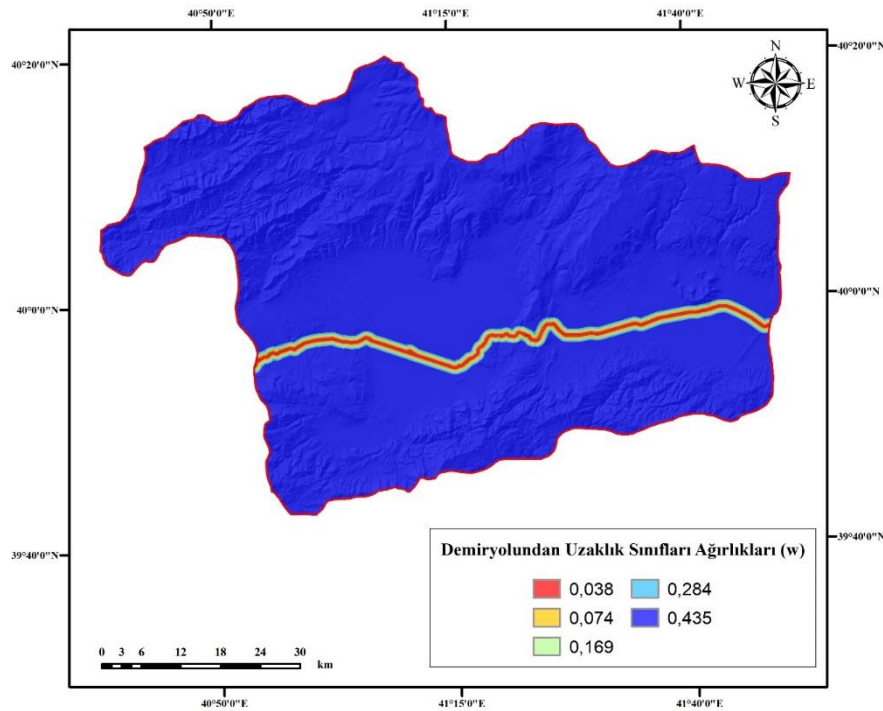
Tablo 15: Demiryollarına Uzaklık Kriteri İkili Karşılaştırma Matrisi

Mesafe (m)	A	B	C	D	E
0-250 (A)	1				
250-500 (B)	3	1			
500-750 (C)	5	3	1		
750-1000 (D)	7	5	2	1	
>1000 (E)	8	6	3	2	1

W= (0,038-0,074-0,169-0,284-0,435)

Tutarlılık Oranı (TO) = 0,038

Google Earth programı kullanılarak “kml” uzantısında çizimi gerçekleştirilen demiryolları ArcGIS 10.4 ortamına aktararak sisteme entegre edilmiştir. Sonrasında Öklid mesafesi uygulaması ile hesaplatılan demiryollarından uzaklıklar yeniden sınıflandırılarak çalışma alanının demiryollarına uzaklık katmanı elde edilmiştir. Her bir sınıfa ait göreceli ağırlık değerleri (Tablo 15) o sınıfı temsil eden pixellere atanarak çalışma alanının ağırlıklandırılmış demiryollarına uzaklık katmanı oluşturulmuştur (Şekil 22).

**Şekil 22: Çalışma Alanının Ağırlıklandırılmış Demiryollarına Uzaklık Katmanı**

4.1.11. Havalimanına Uzaklık

Katı atık depolama alanlarının seçiminde havalimanından uzak olması tercih edilir. Çalışma alanında bulunan Erzurum havalimanına uzaklık kriteri beş sınıfa ayrılmıştır. Bu

sınıfların AHP ikili karşılaştırmalar matrisi çözümü sonucunda göreceli ağırlık değerleri belirlenmiştir (Tablo 16).

Buna göre 1000 m'den yakın olan alanlar en düşük uygunluk derecesi almışken 10000 m ve üzeri alanlar ise en yüksek uygun alan olarak nitelendirilmiştir (Tablo 16).

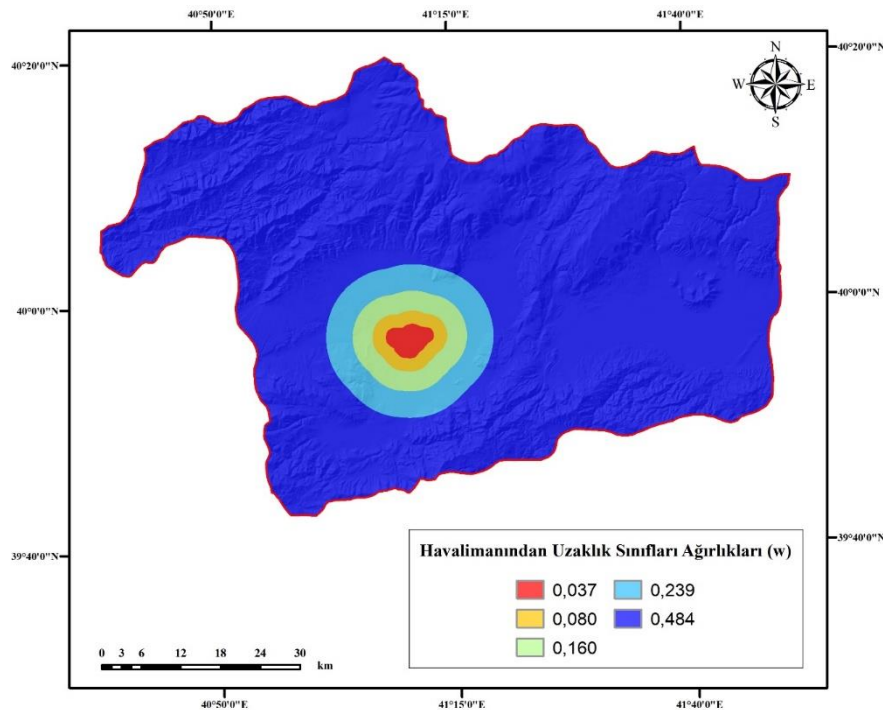
Tablo 16: Havalimanına Uzaklık Kriteri İkili Karşılaştırma Matrisi

Mesafe (m)	A	B	C	D	E
0-1000 (A)	1				
1000-3000 (B)	3	1			
3000-6000 (C)	5	3	1		
6000-10000 (D)	6	4	2	1	
>10000 (E)	9	5	4	3	1

W= (0,037-0,080-0,160-0,239-0,484)

Tutarlılık Oranı (TO) = 0,057

Google Earth programı kullanılarak “kml” uzantısında çizimi gerçekleştiren Erzurum havalimanı sınırı ArcGIS 10.4 ortamına aktararak sisteme entegre edilmiştir. Sonrasında Öklid mesafeleri hesaplatılmış ve havalimanından uzaklıklar belirlenmiştir. Ardından bu uzaklıklar Tablo 16’da gösterilen sınıflara göre yeniden sınıflandırılarak çalışma alanının havalimanından uzaklık katmanı elde edilmiştir. Her bir sınıfa ait göreceli ağırlık değerleri (Tablo 16) o sınıfı temsil eden pixellere atanarak çalışma alanının ağırlıklandırılmış havalimanına uzaklık katmanı oluşturulmuştur (Şekil 23).



Şekil 23: Çalışma Alanının Ağırlıklandırılmış Havalimanına Uzaklık Katmanı

4.1.12. Toprak Sınıfı Katmanı

Toprak katmanı için ağırlık atamaları oluşturulurken dikkat edilen en önemli husus geçirimsizliktir. Çalışma alanı toprak sınıfları da geçirimsizlik özelliklerine göre değerlendirilmiş ve AHP ikili karşılaştırmalar matrisi çözümü sonucunda göreceli ağırlıkları belirlenmiştir (Tablo 17). Buna göre Alüvyal topraklar, taşkın yatakları gibi geçirimsizliği yüksek topraklar katı atık depolama alanı seçilirken tercih edilmeyen alanlardır ve en az uygunluk derecesine sahiptirler. Geçirimsizliği düşük olan bazaltik topraklar ve tuzlu-alkali topraklar en yüksek uygunluk derecesine sahiptirler (Tablo 17).

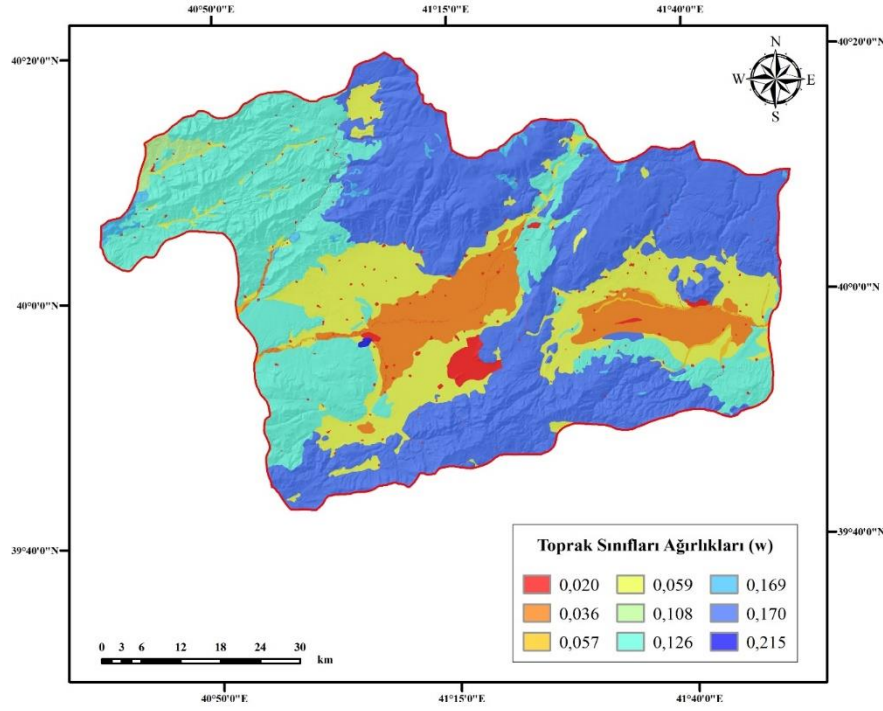
Tablo 17: Toprak Kriteri İkili Karşılaştırma Matrisi

Toprak	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Alüvyal (A)	1										
Kahverengi (B)	3	1									
Tuzlu-alkali (C)	5	2	1								
Kestane rengi (D)	4	2	0,5	1							
Taşkın yatağı (E)	1	0,2	0,2	0,33	1						
Kolüvyal (F)	0,5	0,25	0,25	0,33	0,5	1					
Bazaltik (G)	6	3	0,5	2	5	5	1				
Çıplak kaya (H)	4	2	0,5	2	2	3	3	1			
Göl (I)	1	0,2	0,11	0,14	0,25	0,16	0,14	0,14	1		
Akarsu (J)	1	0,2	0,11	0,14	0,25	0,16	0,14	0,14	1	1	
Yerleşim yeri (K)	1	0,2	0,11	0,14	0,25	0,16	0,14	0,14	1	1	1

W= (0,036-0,108-0,215-0,126-0,057-0,059-0,170-0,169-0,20-0,20-0,20)

Tutarlılık Oranı (TO) = 0,08

Çalışma alanının toprak haritası ArcGIS 10.4 ortamında öncelikle raster formatına dönüştürülmüştür. Sonrasında her bir sınıfı temsil eden pixellere o sınıfa ait göreceli ağırlık değerleri (Tablo 17) atanarak çalışma alanının ağırlıklandırılmış toprak sınıfı katmanı oluşturulmuştur (Şekil 24).



Şekil 24: Çalışma Alanının Ağırlıklandırılmış Toprak Sınıfı Katmanı

4.2. NORMALİZE AĞIRLIK DEĞERLERİ VE UYGUNLUK HARİTASININ OLUŞTURULMASI

Uygunluk haritası oluşturulurken, sonuçların objektifliği açısından tüm kriterlerin ağırlık değerlerinin aynı şekilde ifade edilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, öncelikli adım olarak tüm kriterlerin birbiriyle karşılaştırıldığı bir bütünleşik matris hazırlanmıştır (Tablo 18). Bu matrisin sütun toplamaları hesaplanmış ve her bir satır elemanı, bulunduğu sütunun toplamına bölünerek yeni bir matris oluşturulmuştur. Ardından, bu yeni matrisin satır ortalamaları hesaplanarak, her bir kriter için normalize edilmiş ağırlık değerleri elde edilmiştir.

Normalize ağırlık vektörleri hesaplanırken kriterlerin birbirlerine göre önem dereceleri önceki çalışmalar ve literatür dikkate alınarak belirlenmiştir. Elde edilen normalize ağırlık vektörlerinin tutarlı olup olmadığını ölçmek için Tutarlılık Oranını (TO) hesaplanmıştır. Bu oranın 0,1'den küçük çıkması beklenmektedir. Aksi halde kriterlerin önem atamaları tutarlı olmamaktadır.

Tutarlılık oranının hesaplanmasında, öncelikle ikili karşılaştırmal matrisi ile birlikte bu matris sonucunda elde edilen normalize edilmiş ağırlık değerleri çarpılarak başka bir matris oluşturulmuştur. Daha sonra, bu matrisin her bir elemanı, karşılık geldiği normalize ağırlık değerine bölünmüş ve bu işlemin sonucunda aritmetik ortalama alınarak en büyük özdeğer (λ_{max}) elde edilmiştir (Eşitlik 1.6). λ_{max} değerinden kriter sayısı ($n = 12$) çıkarılmış ve bu fark, kriter sayısının bir eksiğine bölünerek tutarlılık indeksi (Tİ) hesaplanmıştır (Eşitlik 1.7).

Tutarlılık indeksi, rassallık indeksi (Rİ) ile ilişkilendirilmiş ve 12×12 boyutundaki matrise karşılık gelen Rİ değeri (Tablo 4) [1,53] kullanılarak tutarlılık oranı (TO) (Eşitlik 1.8) belirlenmiştir. Çalışmada hesaplanan tutarlılık oranı (TO) 0,084 olup, bu değerin 0,1'den küçük olması nedeniyle ikili karşılaştırmaların tutarlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, her bir kriterin alt kriterlere ilişkin ağırlık değerleri (Tablo 18), kriterlerin normalize edilmiş ağırlık değerlerinin bütünleşik matristeki normalize ağırlık değerlerine (Tablo 19) oranlanması yoluyla hesaplanmıştır.

Tablo 18: Ana Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisi

Kriterler	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	Normalize ağırlık
A	1	3	4	5	6	5	4	3	5	5	4	7	0,238
B	0,33	1	3	5	6	4	4	3	4	4	6	7	0,185
C	0,25	0,33	1	3	4	2	0,5	0,5	0,5	3	3	4	0,073
D	0,2	0,2	0,33	1	3	0,5	0,33	0,25	0,25	0,33	0,5	3	0,032
E	0,16	0,16	0,25	0,33	1	0,33	0,33	0,2	0,2	0,2	0,5	2	0,021
F	0,2	0,25	0,5	2	3	1	0,25	0,33	0,33	0,33	0,5	2	0,036
G	0,25	0,25	2	3	3	4	1	2	2	2	4	7	0,106
H	0,33	0,33	2	4	5	3	0,5	1	3	3	5	8	0,115
I	0,25	0,25	2	4	5	3	0,5	0,33	1	2	3	4	0,080
J	0,25	0,25	0,33	3	5	3	0,5	0,33	2	1	2	3	0,058
K	0,25	0,16	0,33	2	2	2	0,25	0,2	3	0,5	1	2	0,037
L	0,14	0,14	0,25	0,33	0,5	0,5	0,14	0,125	1	0,33	0,5	1	0,017

Tutarlılık Oranı (TO) = 0,084 < 0,1 λ_{max} (En büyük özdeğer) = 13,427

A:Yüzey sularından uzaklık, B:Yerleşim yerlerinden uzaklık, C:Havalimanından uzaklık, D:Karayollarından uzaklık, E: Demiryollarından uzaklık, F:Heyelan alanlarından uzaklık, G:Faylardan uzaklık, H:Litoloji, I: Toprak sınıfı, J: Arazi kullanım sınıfı, K:Eğim, L: Bakı

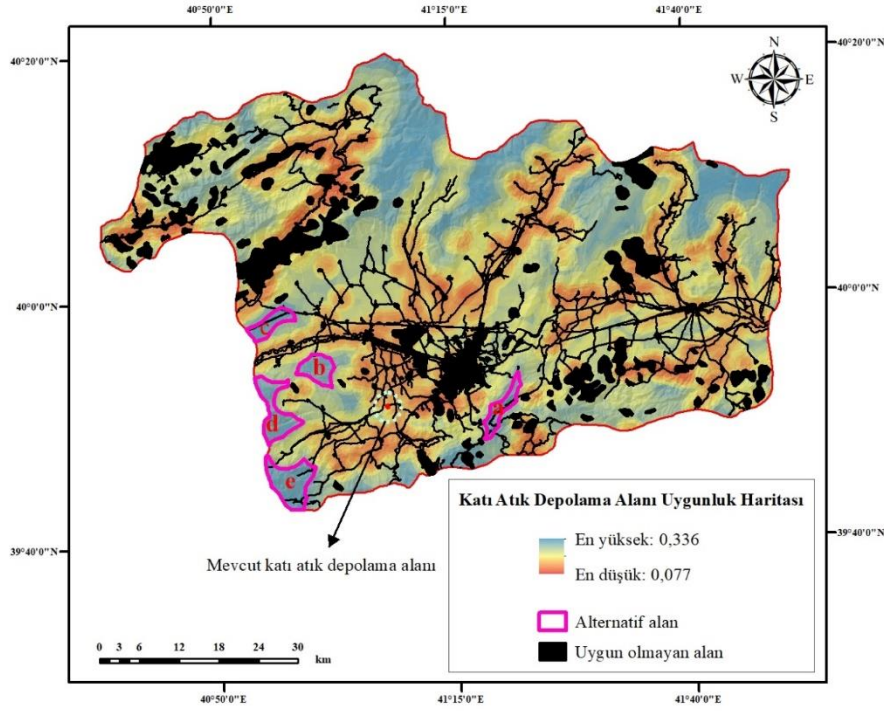
Tablo 19: Ana Kriter ve Alt Kriterlerin Ağırlık ve Normalize Ağırlık Değerleri

Ana Kriter	Tutarlılık Oranı	Ağırlık	Alt Kriter	Ağırlık	Normalize Ağırlık
Yüzey sularından uzaklık	0,0145	0,238	1-500	0,059	0,014
			500-1000	0,097	0,023
			1000-1500	0,159	0,037
			1500-2000	0,259	0,061
			>2000	0,426	0,101
Yerleşim yerlerine uzaklık	0,058	0,185	0-1000	0,048	0,008
			1000-2000	0,072	0,013
			2000-3000	0,156	0,028
			3000-4000	0,334	0,061
			>4000	0,391	0,072
Havalimanına uzaklık	0,057	0,073	0-1000	0,037	0,002
			1000-3000	0,080	0,005
			3000-6000	0,160	0,011
			6000-10000	0,239	0,017
			>10000	0,484	0,035
Yollara uzaklık	0,082	0,032	0-100	0,064	0,002
			100-250	0,341	0,011
			250-500	0,262	0,008
			500-750	0,163	0,005
			750-1000	0,105	0,003
			>1000	0,065	0,002
Demiryollarına uzaklık	0,038	0,021	0-250	0,038	0,0017
			250-500	0,074	0,0014
			500-750	0,169	0,003
			750-1000	0,284	0,005
			>1000	0,435	0,009
Heyelan alanlarına uzaklık	0,018	0,036	0-250	0,039	0,001
			250-500	0,083	0,003
			500-1000	0,150	0,005
			1000-2000	0,276	0,010
			>2000	0,451	0,016
Faylardan uzaklık	0,067	0,106	0-250	0,035	0,004
			250-500	0,087	0,009
			500-1000	0,149	0,016
			1000-2000	0,287	0,030
			>2000	0,443	0,047
			Andezit	0,205	0,023
			Bazalt	0,147	0,017
			Gnays	0,071	0,008
			Bazik kayaç	0,129	0,014
			Ayrılmamış volkanit	0,097	0,011
			Proklastik	0,059	0,006
			Sedimanter kayaç	0,066	0,007

Litoloji	0,048	0,115	Evaporitli sedimanter	0,034	0,003
			Ofiyolitli melanj	0,070	0,008
			Neritik kireçtaşı	0,048	0,005
			Pelajik kireçtaşı	0,032	0,003
			Kırıntılar karbonatlar	0,026	0,003
			Karasal kırıntılar	0,017	0,002
Toprak yapısı	0,080	0,080	Alüvyal	0,036	0,003
			Kahverengi	0,108	0,009
			Tuzlu-alkali	0,215	0,017
			Kestane rengi	0,126	0,010
			Taşkın yatağı	0,057	0,005
			Kolüvyal	0,059	0,005
			Bazaltik	0,170	0,014
			Çıplak kaya	0,169	0,014
			Göl	0,020	0,002
			Akarsu	0,020	0,002
			Yerleşim yeri	0,020	0,002
Arazi kullanımı	0,072	0,058	Ekilebilir alan	0,110	0,006
			Otlak	0,153	0,009
			Çıplak kaya	0,203	0,012
			Taşkın alanı	0,115	0,007
			Ormanlık alan	0,145	0,008
			Madencilik	0,126	0,007
			Havaalanı	0,040	0,002
			Su yüzeyi	0,023	0,001
			Bataklık	0,053	0,003
			Yerleşim Yeri	0,031	0,002
Eğim	0,041	0,037	0-5	0,470	0,017
			5-10	0,231	0,009
			10-15	0,129	0,005
			15-20	0,082	0,003
			20-25	0,053	0,002
			>25	0,035	0,001
Bakı	0,066	0,017	Düz alanlar	0,094	0,002
			Kuzey	0,245	0,004
			Kuzeydoğu	0,126	0,002
			Doğu	0,209	0,004
			Güneydoğu	0,097	0,002
			Güney	0,059	0,001
			Güneybatı	0,059	0,001
			Batı	0,052	0,001
			Kuzeybatı	0,059	0,001

ArcGIS 10.4 yazılımında mevcut bindirme analizi yöntemi kullanılarak, her bir kriter katmanı, AHP yöntemiyle belirlenen ağırlık değerleriyle çarpılmıştır. Bu işlem sonucunda

ağırlıklandırılmış kriter katmanları bir araya getirilmiş ve nihai uygunluk haritası elde edilmiştir (Şekil 25). Bu harita üzerine katı atık depolama alanı için uygun olmayan alanlar (yüzey suları, yollar, yerleşim yerleri, heyelan alanları, havalimanı) katmanları eklenerek maskeleme işlemi uygulanmıştır. Sonrasında katı atık depolama alanı için alternatif alan önerileri belirlenerek Şekil 25’de sunulmuştur.



Şekil 25: Çalışma Alanının Katı Atık Depolama Alanı Uygunluk Haritası

Çalışma alanının uygunluk haritası incelendiğinde (Şekil 26) beş farklı alternatif alan belirlenmiştir. Bu alanlardan ‘Alternatif a’ Palandöken ilçe sınırları içerisinde bulunmakta olup, 1560 hektarlık alana sahiptir. 1751 hektarlık alana sahip ‘Alternatif b’ alanı Aziziye ilçe sınırları içerisinde bulunmaktadır.

Alternatif alanlardan bir diğeri yine Aziziye ilçe sınırları içerisinde bulunan ve 1490 hektarlık alana sahip ‘Alternatif c’ dir. Dördüncü alternatif alan olan ‘Alternatif d’ alanı hem Palandöken hem de Aziziye ilçe sınırlarına denk gelmekte olup 2908 hektarlık alana sahiptir. Son alternatif alan olan ‘Alternatif e’ Palandöken ilçe sınırlarında bulunmakta olup 3461 hektarlık alanı ile alanlara göre yüz ölçümü oldukça büyüktür (Tablo 20).

Tablo 20: Alternatif Alanların Özellikleri

Alternatif alanlar	İlçesi	Yüzey alanı (hektar)
Alternatif a	Palandöken	1560
Alternatif b	Aziziye	1751
Alternatif c	Aziziye	1490
Alternatif d	Aziziye-Palandöken	2908

Alternatif e	Palandöken	3461
--------------	------------	------

Belirlenen alternatifler en uygun alandan başlanarak değerlendirilirse; ‘Alternatif a’ alanı şehir yerleşim yerleri, yüzey suyu, akarsu, havalimanı, demiryolları ve fay hatlarından uzakta bulunmaktadır. Arazi kullanımı değerlendirildiğinde yüksek uygunluk derecesine sahip otlak alanların çok olduğu görülmektedir. Eğim kriteri ele alındığında orta derecede uygunluk değerleri atanmıştır. Litolojik yapısı incelendiğinde geçirimsiz yapılardan oluştuğu belirlenmiştir. Toprak olarak yüksek uygunluk değeri alan bazaltik topraklar bulunmaktadır ve heyelan bölgelerine uzak olduğu görülmektedir. Sayılan nedenler ‘Alternatif a’ yı en uygun alan olarak belirlenmesini sağlamıştır.

İkinci uygun alan olan ‘Alternatif b’ incelenirse; yerleşim yerleri, yüzey suyu, akarsu, havalimanı ve fay hatlarından uzakta bulunmaktadır (Alternatif a’ ya göre daha yakın). Arazi kullanımında uygun derecesi iyi olan ekilebilir alan olduğu görülmektedir. Heyelan bölgelerinden uzak ve eğim değeri düşük seviyededir (Yüksek uygunluk). Litolojik yapısı incelendiğinden yine yüksek uygunluk derecesine sahip geçirimsiz alandır.

‘Alternatif c’ nin durumuna bakıldığında yerleşim yerleri, yüzey suyu, akarsu, havalimanı, demiryolları ve fay hatlarından uzakta bulunmaktadır. Litolojik yapısı en yüksek uygunluk derecelerinden biri olan ayrışmamış karasal kırıntılardır.

Arazi kullanımı orta derecede uygunluk değerine sahip ekilebilir alanlardan oluşmaktadır. Toprak yapısı itibariyle uygunluk derecesi orta olan kolüvyal toprak varlığına sahiptir. Heyelan alanlarından uzak, eğim durumu ise düşük derecededir.

‘Alternatif d’ incelendiğinde, yerleşim yerleri, yüzey suyu, akarsu, havalimanı, demiryolları ve fay hatlarından uzakta bulunmaktadır. Litolojik yapısı en yüksek uygunluk derecelerinden biri olan ayrışmamış karasal kırıntılardır. Arazi kullanımı orta derecede uygunluk değerine sahip ekilebilir alanlardan oluşmaktadır. Toprak yapısı kestane rengi topraklardan oluşmaktadır. Heyelan alanlarından uzak, eğim durumu ise düşük derecededir.

Son alternatif ‘Alternatif e’ incelendiğinde, yerleşim yerleri, yüzey suyu, akarsu, havalimanı, demiryolları ve fay hatlarından uzakta bulunmaktadır. Arazi kullanımı orta derecede uygunluk değerine sahip ekilebilir alanlardan oluşmaktadır. Toprak yapısı itibariyle bakıldığında bazaltik ve kestane rengi topraklardan oluşmaktadır. Litolojik durumu anezitizlerden oluşmakta olup son sırada olmasının temel sebebidir.

SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Hızla artan dünya nüfusunda katı atıkların bertarafı önemli ve gerekli bir konu haline gelmiştir. Çalışma alanında bir adet katı atık depolama tesisi bulunmaktadır. 2008 Mayıs ayında hizmete açılan tesis yirmi yıl olarak planlanmıştır ve 2028 yılında ömrünü tamamlayacaktır. Hal böyle olunca alternatif katı atık depolama tesisinin gerekliliği aşikârdır.

Erzurum ili Pasinler, Yakutiye, Palandöken ve Aziziye ilçeleri katı atık depolama alanlarının belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada amaca uygun kriterler belirlenmiştir. Analitik Hiyerarşi Prosesi kullanılarak belirlenen kriterler ikili karşılaştırma yöntemiyle karşılaştırılarak ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Ardından ArcGIS 10.4 programı yardımı ile uygun alanlar belirlenmiştir. Çalışma sonucunda beş adet uygun alan tespit edilmiştir ('Alternatif a', 'Alternatif b', 'Alternatif c', 'Alternatif d', 'Alternatif e').

Belirlenen alternatifler arasında en uygun olanı 'Alternatif a'dır. Literatür taraması ve önceki çalışmalar dikkate alınarak belirlenen kriterlerin hemen hepsinde yüksek uygunluk değerlerinde olan bu bölge şehir merkezine de diğer alternatiflere göre daha yakın olduğu görülmektedir. Bu nedenle en uygun alan olarak belirlenmiştir. Diğer alternatifler incelendiğinde, 'Alternatif b' 'Alternatif a' ya göre şehir merkezinden daha uzakta bulunmaktadır. Diğer kriterlerde yüksek ve iyi uygunluk dereceleri almıştır. Arazi kullanımı, demiryolundan uzaklık ve toprak yapısı yüksek uygun derecesi olsa da 'Alternatif a' ya göre kötü durumdadır. 'Alternatif c' incelendiğinde toprak yapısı kolüvyal topraktır ve 'Alternatif a ve b' ye göre düşük seviyededir. Diğer alternatiflere göre şehir merkezinden daha uzak konumda yer almaktadır. 'Alternatif d' ye bakıldığında zaman bakı yönünden istenmeyen bir durum ortaya çıkmıştır. Litolojisi de düşük uygunluk derecesi almıştır. Son alternatif olan 'Alternatif e' en yüksek yüz ölçüme sahip olmasına rağmen bakı, eğim ve litoloji sınıflarında diğer alternatiflerden geride kalmaktadır. Şehir merkezine uzaklık baz alındığında 'Alternatif e' dört alternatife göre daha uzakta olduğu görülmektedir.

Çalışma sonucunda katı atık depolama alanı için belirlenen kriterler ölçüsünde beş alternatif belirlenmiştir. Yapılan Analitik Hiyerarşi Prosesinin verdiği sonuç ile 'Alternatif a' en uygun alan olarak belirlenmiştir. Belirlenen alanlar nihai alan olmayıp gerekli merciler tarafından yapılması planlanacak katı atık depolama alanları için yardımcı olacak niteliktedir. Araştırmacılara ışık tutacak nitelikte olması beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- Alakaş, H. M., Kızıldaş Ş., Eren T. & Özcan E. (2018). Sıfır atık projesi kapsamında atıkların toplanması: Kırıkkale ilinde homojen çok araçlı araç rotalama uygulaması. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 3(3), 190-196 <http://dergipark.gov.tr>
- Avdan, E. (2018). *Çok kriterli karar verme teknikleri ile e-atık geri kazanma tesisi yer seçimi*. (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 514260)
- Baran, S.(1995). Katı atık (çöp) depo yerlerinin seçimi ve inşaaındaki bazı ana hususlar. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 46, 54-82.
- Bilgilioglu, S. & Gezgin, C, (2022). Nevşehir ili uygun katı atık depolama sahalarının coğrafi bilgi sistemleri (cbs) ve bulanık analitik hiyerarşi süreci (bahs) yöntemlerinin entegrasyonu ile belirlenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2022 045503 (836-849). <http://dergipark.gov.tr>
- Ciritci, D & Türk, T. (2019). Alternatif katı atık depolama alanlarının analitik hiyerarşi süreci ve coğrafi bilgi sistemleri ile otomatik olarak belirlenmesi: Sivas ili örneği. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 2019, 109, 61-74. <http://dergipark.gov.tr>
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (1991). *Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği*. Resmî Gazete (20814), 14 Mart 1991. https://www.cevko.org.tr/images/stories/mevzuat/kati_atiklarin_kontrolu_yonetmeli.pdf
- Dipanjana, S., Vinod, T., & Onkar, D. (1997). Ranking potential solid wastes disposal sites using geographic information system techniques and AHP. *National Seminar on Applications of GIS for Solving Environmental Problems*, Chennai, 98-106.
- Dyer, J. S. (1990). Remarks on the analytic hierarchy process. *Management Science*, 36(3), 249-258. <https://doi.org/10.1287/mnsc.36.3.249>
- Erden, T. (2009). *Coğrafi bilgi sistemleri ve analitik hiyerarşi yöntemine dayalı itfaiye istasyon yer seçimi: İstanbul örneği*. (Doktora tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 293743)
- Erzurum Büyükşehir Belediyesi. (2017, 26 Ocak). *Erzurum'un 24 yıllık katı atık depolama sorunu çözüldü*. Erzurum Büyükşehir Belediyesi. <https://www.erkurum.bel.tr/GuncelHaber-erkurum-un-24-yillik-kati-atik-depolama-sorunu-cozuldu/29/264653.html>
- ESRI. (2016). *ArcGIS 10.4* [Yazılım]. Environmental Systems Research Institute. <https://www.esri.com>
- Ghose, M.K., Dikshit, A.K., & Sharma, S.K., (2006). A gis based transportation model for solid waste disposal-a case study on asansol municipality. *Waste Management*, 26; 1287-1293.
- Güler, D. (2016). *Analitik hiyerarşi yöntemi ve coğrafi bilgi sistemleri ile alternatif katı atık düzenli depolama alanı yer seçimi: İstanbul ili örneği*. (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 455361)
- Güngör, İ., & İşler, D., (2005). Analitik hiyerarşi yaklaşımı ile otomobil seçimi. *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(2), 21-33.

- Hokkanen, J. & Salminen, P. (1997). Choosing a solid waste management system using multicriteria decision analysis. b, 19-36. *Southeast Asian countries. Waste Management*, 29, 1982–1995.
- Işıldar A., (2018). *Çok kriterli karar verme yöntemleriyle katı atık bertaraf yöntemi seçimi.* (Yüksek lisans tezi), Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı. (Tez No. 504278)
- Kamal A, (2001). Application of the AHP in project management. *Southeast Asian Countries. International Journal of Project Management*, 19(1), 19-27.
- Karabaş, B. (2019). *Use of geographic information system for evaluating the some geotechnical properties in Malatya, Turkey.* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 578724)
- Karabulut, N. (2019). *Risk management and risk prioritization using analytic hierarchy process.* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 586534)
- Karadağ, S. (2020). *Ordu ili alternatif katı atık depolama alanı yer seçiminde coğrafi bilgi sisteminin kullanımı.* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 650214)
- Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. (2001). *1/25.000 ölçekli Toprak Özellikleri Haritaları* [Harita]. Ankara: Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü.
- Küçükönder, M. & Karabulut, M. (2007). Çok kriterli analiz yöntemi kullanılarak Kahramanmaraş'ta çöp depolama alanı tespiti. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5(2), 55-76 <http://dergipark.gov.tr>
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. (2002a). *1:500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Trabzon pafta* [Jeoloji haritası]. 7 Kasım 2024. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/500bas>
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. (2002b). *1:500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Trabzon pafta* [Jeoloji haritası]. 7 Kasım 2024. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/500bas>
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. *Erzurum ili jeoloji haritaları* [Harita]. T.C. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/doc/Erzurum.pdf>
- Ngoc, U. N. & Schnitzer, H. (2009). Sustainable solutions for solid. *Waste Management in* 29(6), 1982–1995.
- Saaty, T. (1986). Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. *Management Science*, 32(7), 841–855.
- Saaty, T. (1994). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 24(6), 19–43.
- Sevindi, C. (2023). Erzurum ilinde arazi kullanımı. 2. *Uluslararası Ortadoğu Kongresi* (2019, 19-22 Eylül) (259–271)
- Sumathi, V. R., Natesan, U. & Chinmoy, S. (2008). GIS-based approach for optimized siting of municipal solid waste landfill. *Waste Management*, 28, 2146–2160.
- Scholl, A., Monthey, L., Helm, R. & Steiner, M., (2005). Solving multi attribute design problems with analytic hierarchy process and conjoint analysis: An empirical comparison. *European Journal of Operational Research*, 164(3), 760-777.

- Staiguer, J. E., Duberstein, J., & Lopes, V. (2003). The analytic hierarchy process, as a means of integrated watershed management. In *Proceedings of the First Interagency Conference on Research in the Watersheds, USA*.
- Şener, Ş., Şener, E., Nas, B., & Karagüzel, R., (2010). Combining AHP with GIS for Landfill Site Selection: A Case Study in the Lake Beyşehir Cathment Area (Konya, Turkey). *Waste Management*, 30, 2037-2046.
- Tanyeri, H. (2023). *Use of geographical information system for the evaluation of some geotechnical properties in Batman, Türkiye*. (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 840490)
- Tecim, V. (2008). Coğrafi Bilgi Sistemleri, Harita Tabanlı Bilgi Yönetimi. Vahap Tecim.
- Töreay, G., Özdemir, İ. & Kurt, T. (2010). ArcGIS 10 Desktop Uygulama Dokümanı. İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri Mühendislik ve Eğitim Ltd. Şti.
- T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı. (2024, 12 Kasım). *Erzurum Coğrafyası*. Erzurum İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. <https://erzurum.ktb.gov.tr/tr-56063/cografya.html>
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2024, 5 Temmuz). *Erzurum İli Temiz Hava Eylem Planı*. https://webdosya.csb.gov.tr/db/erzurum/menu/thep-2020-2024_20201019103133.pdf
- T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, İllere Ait Mevsim Normalleri. (2024, 17 Kasım) <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m>
- Türe, Y. (2024). *Coğrafi bilgi sistemleri ve bulanık analitik hiyerarşi prosesi kullanılarak katı atık depolama alanı yer seçimi*. (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 885019)
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2024). Belediye atık istatistikleri. (2024, 16 Ağustos) <https://www.tuik.gov.tr/>
- Türkmen, S., & Tağa, H., (2005). Engineering geological assessment of the Diyarbakır solid waste landfill site. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 64, 433-440.
- Themelis, N.J. (2002). Integrated management of solid wastes for New York city in. *American Society of Mechanical Engineers Proceedings of NAWTEC*, 69-86,
- Tzeng, G. & Huang, J. (2011). *Multiple attribute decision making: Methods and applications*. CRC Press. (ss. 76-79)
- Ünaldık, Solmaz. (2013). The use of geographical information systems in the production of location selection decision with multi-criteria decision making. *Building Information Modeling (Turkish)* 1(6): 295–300
- Vahablı, M., & Karlıkanovaite-Balıkcı, A., Aksu, O. (2024). Katı atık düzenli depolama alanlarının CBS ile belirlenmesi: Bakü örneği. *Geomatik*, 9(3), 333-347 <http://dergipark.gov.tr>
- Yıldırım, Ü. (2012). *Mersin ili için alternatif katı atık depolama alanlarının analitik hiyerarşi prosesi ve coğrafi bilgi sistemi yöntemleriyle saptanması*. (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No. 317892),

Wind, Y., & Saaty, L. (1980). Marketing Applications of the Analytic Hierarchy Process.
Article in Management Science 26(7), 641-658



ÖZ GEÇMİŞ

İlk ve ortaöğretimi Erzurum Kültür Kurumu İlköğretim Okulunda tamamlamıştır. Lise öğrenimini Mecidiye Anadolu Lisesi'nden 2011-2015 yılları arasında görmüştür. 2015 yılı itibariyle Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümüne başlamış ve 2019 yılında mezun olmuştur. 2021 yılında Bayburt Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bilimsel Hidrolik Anabilim dalında yüksek lisansa başlamıştır. 2023 yılında Doğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı'nda göreve başlamış ve görevi yürütmektedir.

