

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE BULANIK ANALİTİK
HİYERARŞİ PROSESİ KULLANILARAK KATI ATIK
DEPOLAMA ALANI YER SEÇİMİ

Yetkin TÜRE

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Uzaktan Algılama ve CBS Programı

Danışman

Prof. Dr. Ali Melih BAŞARANER

Temmuz, 2024

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ VE BULANIK ANALİTİK
HİYERARŞİ PROSESİ KULLANILARAK KATI ATIK
DEPOLAMA ALANI YER SEÇİMİ**

Yetkin TÜRE tarafından hazırlanan tez çalışması 05.07.2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Uzaktan Algılama ve CBS Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ali Melih BAŞARANER
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Ali Melih BAŞARANER, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Fatih GÜLGEN, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Nesibe Necla ULUĞTEKİN, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi

Danışmanım Prof. Dr. Ali Melih BAŞARANER sorumluluğunda tarafımca hazırlanan “Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Kullanılarak Katı Atık Depolama Alanı Yer Seçimi” başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Yetkin TÜRE

İmza



Aileme

TEŞEKKÜR

Tez süreci boyunca yardımlarını, görüşlerini, önerilerini ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım Prof. Dr. Ali Melih BAŞARANER'e teşekkürlerimi sunarım.

Destekleriyle bugünlere gelmemde katkıları olan aileme teşekkürlerimi sunarım.

Yetkin TÜRE



İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiv
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	7
1.3 Hipotez	7
2 KATI ATIK	8
2.1 Katı Atık	8
2.2 Katı Atık Yönetimi	8
2.3 Katı Atık Türleri	10
2.4 Katı Atık Bertaraf Yöntemleri	11
3 COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ	13
3.1 Coğrafi Bilgi Sistemleri	13
3.2 Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Bileşenleri	13
3.3 Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Veri Modelleri	14
4 ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ	17
4.1 Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri	17
4.2 Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi	18
4.3 Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi	23
5 UYGULAMA	27
5.1 Çalışma Alanı	27
5.2 Projeksiyon Koordinat Sistemi ve Dönüşümler	28
5.3 Veri Seti ve Yöntem	29
5.4 Katı Atık Depolama Alanı Yer Seçimine Etki Eden Kriterler	30
5.4.1 Eğim	31
5.4.2 Bakı	33
5.4.3 Diri Fay Hatlarına Uzaklık	35
5.4.4 Korunan Alanlara Uzaklık	36

5.4.5 Kıyı Çizgisine Uzaklık.....	38
5.4.6 Havalimanına Uzaklık	40
5.4.7 Yollara Uzaklık.....	42
5.4.8 Yerleşim Alanlarına Uzaklık	44
5.4.9 Heyelan Alanları	46
5.4.10 Yüzey Sularına Uzaklık	48
5.4.11 Arazi Kullanımı	50
5.4.12 Toprak Türü	52
5.4.13 Jeolojik Formasyon.....	54
5.5 Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile Ağırlıkların Belirlenmesi.....	57
5.6 Tutarlılık Oranı Hesabı	59
5.7 Bulgular.....	61
6 SONUÇ	64
KAYNAKÇA	66
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	71

SİMGELİSTESİ

CI	Consistency Index
CR	Consistency Ratio
°	Derece
λ_{max}	Maksimum Özdeğer
RI	Random Index
°C	Santigrat Derece
%	Yüzde



KISALTMA LİSTESİ

AHP	Analitik Hiyerarşı Prosesi
BAHP	Bulanık Analitik Hiyerarşı Prosesi
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CI	Tutarlılık Göstergesi
COA	Center of Area
CORINE	Coordination of Information on the Environment
CR	Tutarlılık Oranı
ÇAKV	Çok Amaçlı Karar Verme
ÇKKA	Çok Kriterli Karar Analizi
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
ÇNKV	Çok Nitelikli Karar Verme
DOKAP	Doğu Karadeniz Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı
HGM	Harita Genel Müdürlüğü
km	Kilometre
m	Metre
mm	Milimetre
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
OSM	OpenStreetMap
RI	Rastgele Gösterge
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1 Coğrafi bilgi sistemi bileşenleri	13
Şekil 3.2 (a) Vektör veri modelinde noktalar, x, y koordinatlarıyla ifade edilir, (b) Raster veri modelinde noktalar, grid hücreleriyle ifade edilir [24]	15
Şekil 3.3 Nesnelerin vektör veri modelinde nokta, çizgi ve alan (çokgen) olarak temsili [25]	16
Şekil 4.1 Coğrafi bilgi sistemleri ve çok kriterli karar verme yöntemi [27]	18
Şekil 4.2 AHP yöntemi modeli.....	19
Şekil 5.1 Çalışma alanı	28
Şekil 5.2 Sinop ili eğim haritası.....	32
Şekil 5.3 Sinop ili eğim yeniden sınıflandırma haritası.....	32
Şekil 5.4 Sinop ili bakı haritası.....	34
Şekil 5.5 Sinop ili bakı yeniden sınıflandırma haritası.....	34
Şekil 5.6 Sinop ili diri fay hattı haritası.....	35
Şekil 5.7 Sinop ili diri fay hatlarına uzaklık yeniden sınıflandırma haritası	36
Şekil 5.8 Sinop ili korunan alanlar haritası.....	37
Şekil 5.9 Sinop ili korunan alanlara uzaklık yeniden sınıflandırma haritası	38
Şekil 5.10 Sinop ili kıyı çizgisi haritası.....	39
Şekil 5.11 Sinop ili kıyı çizgisine uzaklık yeniden sınıflandırma haritası	39
Şekil 5.12 Sinop ili havalimanı haritası.....	41
Şekil 5.13 Sinop ili havalimanına uzaklık yeniden sınıflandırma haritası	41
Şekil 5.14 Sinop ili yollar haritası	43
Şekil 5.15 Sinop ili yollara uzaklık yeniden sınıflandırma haritası.....	43
Şekil 5.16 Sinop ili yerleşim alanları haritası.....	45
Şekil 5.17 Sinop ili yerleşim alanlarına uzaklık yeniden sınıflandırma haritası ...	45
Şekil 5.18 Sinop ili heyelan alanları haritası	47
Şekil 5.19 Sinop ili heyelan alanları yeniden sınıflandırma haritası	47
Şekil 5.20 Sinop ili yüzey suları haritası	49
Şekil 5.21 Sinop ili yüzey sularına uzaklık yeniden sınıflandırma haritası.....	49
Şekil 5.22 Sinop ili arazi kullanımı haritası	51
Şekil 5.23 Sinop ili arazi kullanımı yeniden sınıflandırma haritası	51
Şekil 5.24 Sinop ili büyük toprak grubu haritası	53
Şekil 5.25 Sinop ili büyük toprak grubu yeniden sınıflandırma haritası	53
Şekil 5.26 Sinop ili jeolojik formasyon haritası	56

Şekil 5.27 Sinop ili jeolojik formasyon yeniden sınıflandırma haritası	56
Şekil 5.28 Kısıtlanan alanlar haritası	61
Şekil 5.29 Katı atık depolama alanı yeri uygunluk haritası.....	62
Şekil 5.30 Uygunluk haritası ve mevcut katı atık depolama alanları	63



TABLO LİSTESİ

Tablo 4.1 AHP yöntemi ölçek esasları [34]	20
Tablo 4.2 Karşılaştırma matrisinin boyutuna göre RI değerleri [27]	23
Tablo 4.3 Kriterlerin ikili karşılaştırma değeri için dilsel değişkenler [38]	26
Tablo 5.1 Sinop ili iklim verileri [42]	27
Tablo 5.2 Veri seti	29
Tablo 5.3 Eğitim kriterine ait sınıflar ve uygunluk dereceleri	31
Tablo 5.4 Bakı kriterine ait sınıflar ve uygunluk dereceleri	33
Tablo 5.5 Diri fay hatlarına uzaklık kriterine ait sınıflar ve uygunluk dereceleri	35
Tablo 5.6 Korunan alanlara uzaklık kriterine ait sınıflar ve uygunluk dereceleri	37
Tablo 5.7 Kıyı çizgisine uzaklık kriterine ait sınıflar ve uygunluk dereceleri	38
Tablo 5.8 Havalimanı uzaklık kriterine ait sınıflar ve uygunluk dereceleri	40
Tablo 5.9 Yollara uzaklık kriterine ait sınıflar ve uygunluk dereceleri	42
Tablo 5.10 Yerleşim alanlarına uzaklık kriterine ait sınıflar ve uygunluk dereceleri	44
Tablo 5.11 Heyelan alanları kriterine ait sınıflar ve uygunluk dereceleri	46
Tablo 5.12 Yüzey sularından uzaklık kriterine ait sınıflar ve uygunluk dereceleri	48
Tablo 5.13 Arazi kullanımı kriterine ait sınıflar ve uygunluk dereceleri	50
Tablo 5.14 Toprak türü kriterine ait sınıflar ve uygunluk dereceleri	52
Tablo 5.15 Jeolojik formasyon kriterine ait sınıflar ve uygunluk dereceleri	54
Tablo 5.16 Bulanık sayılarla oluşturulan karşılaştırma matrisi	57
Tablo 5.17 Hesap tablosu	58
Tablo 5.18 İkili karşılaştırma matrisi	59
Tablo 5.19 Normalize ikili karşılaştırma matrisi	60
Tablo 5.20 Öncelik vektörü	60
Tablo 5.21 Tutarlılık oranı hesaplamaları	60
Tablo 5.22 Sınıfların bilgileri	62

Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Kullanılarak Katı Atık Depolama Alanı Yer Seçimi

Yetkin TÜRE

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Uzaktan Algılama ve CBS Programı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Ali Melih BAŞARANER

Dünyada hızlı kentleşme ve nüfus artışıyla birlikte katı atık miktarı da hızla artmaktadır. Bu nedenle, katı atıkların bertaraf edilmesi ve depolanması sorun teşkil etmektedir. Katı atıkların bertaraf edilmesi için genellikle düzenli depolama yöntemi kullanılmaktadır. Katı atıkların sağlık ve çevre kirliliği açısından sorun teşkil etmemesi için planlı bir şekilde yönetilmesi gerekir. Bu nedenle, yeni kurulacak katı atık tesislerin en uygun yerlere yapılması önemlidir. Bu amaçla yer seçimi yapılırken, bilimsel literatürde önerilen ve ilgili yönetmelikte belirtilen çeşitli kriterler dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada, en uygun yer seçimi için coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan bulanık analitik hiyerarşi prosesi (BAHP) kullanılarak Sinop ili için katı atık düzenli depolama sahaları tespit edilmiştir. Bu kapsamda, ilgili yönetmelik de dikkate alınarak, literatürde sıkça tercih edilen 13 adet kriter belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan kriterler; eğim, bakı, diri fay hatlarına uzaklık, korunan alanlara uzaklık, kıyı çizgisine uzaklık, havalimanına uzaklık, yollara uzaklık, yerleşim alanlarına uzaklık, heyelan alanları, yüzey sularına uzaklık, arazi

kullanımı, toprak verisi, jeolojik formasyon olarak belirlenmiştir. Kriterlerin önem dereceleri ve ayrıca kısıtlanan alanlar, uzman görüşleri ve yönetmelikler dikkate alınarak belirlenmiş ve BAHP yöntemi kullanılarak ağırlıklar hesaplanmıştır. Sonrasında, ilgili kriterlere ilişkin haritalar CBS ortamında oluşturulmuş ve ağırlıklar birleştirme ile uygunluk haritası oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi bilgi sistemleri, çok kriterli karar verme, BAHP, katı atık depolama alanı yer seçimi



Solid Waste Landfill Site Selection Using Geographic Information Systems and Fuzzy Analytical Hierarchy Process

Yetkin TÜRE

Department of Geomatic Engineering

Master of Science

Supervisor: Prof. Dr. Ali Melih BAŞARANER

With rapid urbanization and population growth in the world, the amount of solid waste is also increasing rapidly. Therefore, the disposal and storage of solid wastes is a problem. Landfill method is generally used for solid waste disposal. Solid wastes should be managed in a planned manner in order not to pose a problem in terms of health and environmental pollution. Therefore, it is important to build new solid waste facilities in the most suitable locations. For this purpose, various criteria recommended in the scientific literature and specified in the relevant regulation should be taken into consideration when selecting the location. In this study, solid waste landfills were identified for Sinop province by using geographic information systems (GIS) and fuzzy analytical hierarchy process (FAHP), which is one of the multi-criteria decision making (MCDM) methods. In this context, 13 criteria, which are frequently preferred in the literature, were determined by taking the relevant regulation into consideration. The criteria used in the study were determined as slope, aspect, distance to major fault lines, distance to protected areas, distance to coastline, distance to airport, distance to roads, distance to settlements, landslide areas, distance to surface waters, land use, soil data, geological formation. The importance levels of the criteria as well as the restricted areas were determined by

taking into account expert opinions and regulations, and weights were calculated using the FAHP method. Afterwards, maps of the relevant criteria were created in the GIS environment and the suitability map was created by combining the weights.

Keywords: Geographic information systems, multi-criteria decision making, FAHP, solid waste landfill site selection



1 GİRİŞ

Dünya nüfusun hızla artması, paralelinde çevre problemlerini de artırmaktadır. Bu kapsamda ortaya çıkan problemlerden biri, katı atık miktarının artmasıdır. Atıkların planlı şekilde yönetilmesi, başka bir ifadeyle çevreyi olumsuz etkilememesi için bertaraf edilmesi ve geri dönüştürülmesi gerekmektedir. Dolayısıyla, uygun katı atık depolama alanı yer seçimi; çevre, ekoloji ve halk sağlığı açısından son derece önemlidir. Bu bağlamda, birçok mekânsal kriter, önem derecesine göre birlikte değerlendirilmelidir. Bu kriterlerin çeşitliliği, mekânla ilişkisi ve farklı önem derecesine sahip olması, coğrafi bilgi sistemleri ve çok kriterli karar analizi (ÇKKA) yöntemlerinin bütünleştirilmesiyle çözüm aramayı mantıklı kılmaktadır.

1.1 Literatür Özeti

Coğrafi bilgi sistemleri ve çok kriterli karar analizi yöntemiyle yapılan birçok çalışma vardır. Mekânsal verilerin artan çeşitliliği ve erişilebilirliğine paralel olarak mekânsal analiz ve karar verme tekniklerinin bütünleştirilmesine yönelik teknolojilerin ilerlemesi sonucu bu yaklaşımlar birçok alanda kullanılır hale gelmiştir. Çevre problemleri ve yönetimi, başlıca uygulama alanlarından biri olmuştur. Literatür taraması kapsamında, katı atık depolama alanlarının yer seçimi çalışmaları incelenmiştir.

Bilgilioğlu vd. [1] katı atık depolama sahalarının belirlenmesinin kentsel atık yönetimi için önemli bir konu olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada, uygun olmayan alanlar çıkarıldıktan sonra coğrafi bilgi sistemleri ve çok kriterli karar analizi yöntemlerinden AHP kullanılarak Mersin ili için alternatif katı atık depolama sahalarının yer seçimi yapılmıştır. Bu amaçla şu kriterler kullanılmıştır: yükseklik, eğim, geçirgenlik, faylardan uzaklık, yeraltı suyu seviyesi, nehirlerden ve su yüzeylerinden uzaklık, yollardan uzaklık, yerleşim yerlerinden uzaklık, korunan alanlardan uzaklık ve arazi örtüsü. Çalışma sonucunda uygunluk haritası oluşturup mevcut katı atık depolama sahalarının yerlerinin uygun olup olmadığını değerlendirmişler ve her ilçe için alternatif katı atık depolama sahaları önermişlerdir.

Tercan vd. [2] depolama alanı yer seçimine yönelik birçok kriteri dikkate alarak Antalya, Burdur ve Isparta için katı atık depolama sahalarının mekânsal uygunluğunun araştırılmasında coğrafi bilgi sistemleri ve çok kriterli karar analizini birlikte kullanmıştır. On dört hariç tutma kriterine göre düzenli depolama için uygun olmayan alanlar çıkarılmıştır. Çalışmada sıcaklık, yağış, rüzgar yönü, su baskını, eğim, toprak geçirgenliği, toprak derinliği, havaalanı, demiryolları, taş ocakları, kaynak ve kuyular, yerleşim alanları, faylar, sanayi, tarihi ve turizm merkezleri, enerji hatları, yüzey ve yeraltı sularından, yollar, hassas ekosistemden, arazi kullanımından yararlanılmıştır. Kriter haritaları, ağırlıklı doğrusal birleştirme yöntemi ile birleştirilerek alanın yüksekten düşüğe uygunluk derecesine göre düzenli depolama alanı uygunluk haritası oluşturulmuştur. Antalya-Burdur-Isparta Çevre Planı'nda yer alan mevcut depolama sahalarının yalnızca %58'i bu çalışmada belirlenen uygun alanlarla örtüşmektedir.

Bilgiliöğlu ve Gezgin [3] katı atık yönetiminin ekonomi, ekoloji ve çevre sağlığı üzerindeki etkisi nedeniyle şehir planlamasında önemli olduğunu belirtmiştir. Çalışmada, Nevşehir ili için katı atık depolama alanlarının coğrafi bilgisi sistemleri ve çok kriterli karar analizi kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan kriterler uzman görüşleri ve literatür çalışmaları dikkate alınarak belirlenmiştir. Yükseklik, eğim, havalimanlarına uzaklık, drenaj yoğunluğu, koruma bölgeleri ve turizm merkezlerine uzaklık, fay hatlarına uzaklık, geçirgenlik, arazi kullanımı, yollara yakınlık, yerleşim merkezlerine uzaklık akarsu ve yüzey su kaynaklarına uzaklık kriterleri kullanılmıştır. Katı atık depolama alanı için uygun olmayan alanlar kısıtlanmıştır. Çalışmada BAHF yöntemi kullanılarak kriterlerin önem derecesini belirten ağırlıkları hesaplanmış ve katı atık depolama sahası için uygunluk haritası oluşturulmuştur. Uygun olarak belirlenen alanlar için çevresel riskleri düşürmek ve teknik anlamda daha spesifik değerlendirme yapmak amacıyla çevre etki değerlendirmesi ile birlikte toprak tipi ve jeoteknik faktörlerin fizibilite aşamasında dikkate alınmasının gerekli olduğunu belirtmişlerdir.

Güler ve Yomralıoğlu [4] İstanbul ili için coğrafi bilgi sistemleri ve AHP ile alternatif depolama sahası yer seçimi yapmıştır. Çalışmada, kriterler çevre ve ekonomi ana kategorilerinde ele alınmıştır. Çevresel kriterler; arazi kullanımı, jeoloji, yerleşim alanları, yüzey suları, nüfus yoğunluğu, havalimanları ve korunan alanlardır. Ekonomik kriterler ise eğim, aktarma istasyonları, arazi değerleri ve karayollarıdır. Çalışmada coğrafi bilgi sistemleri tabanlı dinamik bir model oluşturulmuştur. Kriterlerin ağırlıkları AHP ile hesaplanmıştır. Çalışmada dinamik bir model oluşturularak katı atık depolama sahaları yerleri belirlenmiş ve model kullanılarak elde edilen sonuçla mevcut depolama sahalarının yerlerinin uygunluğu incelenmiştir.

Armanuos vd. [5] gelişmekte olan ülkelerde atıkların bertaraf edilmesi için yeterli alan bulunmasının sorun olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmanın amacı, Nil Deltası'nın ortasında bulunan Al-Gharbia Vilayeti'ndeki en uygun depolama sahası yerlerini belirlemek ve mevcut depolama sahalarını doğrulamaktır. Çalışmada çok kriterli karar analizinin dört tekniği kullanılmıştır. AHP, oransal ölçek ağırlıklandırması, düz sıra toplamı ve Boole yöntemi. On bir kriter (yeraltı suyu, yüzey suyu, yükseklik, eğim, toprak, arazi kullanımı, yollar, demiryolları, kentsel alanlar, köyler ve elektrik hatları) dikkate alınmıştır. Çalışmada, uygunluk haritaları dört farklı sınıf (uygun, orta derecede uygun, düşük derecede uygun ve uygunsuz) esas alınarak oluşturulmuştur.

Asefi vd. [6] Avustralya'nın New South Wales (NSW) kentinde depolama alanı için uygun yerleri incelemiştir. Çalışma alanındaki depolama sahalarının konumlandırılmasına etki eden kriterler şöyledir: Yerleşim alanlarına yakınlık, arazi örtüsü, yüzey sularına yakınlık, yeraltı suyu hassasiyet, nüfus merkezlerine yakınlık, ana yollara yakınlık, toprak geçirgenliği, toprak derinliği, toprak dokusu, eğim ve yükseklik. Çalışma alanının uygunluk haritası, kriterlerin ağırlıklarına ve kısıtlamalara göre çakıştırma tekniğiyle elde edilmiştir.

Barzehkar vd. [7] düzenli depolama alanlarının belirlenmesinin atık yöntemi için önemli olduğunu belirtmiştir. Bu çalışma, Gilan Eyaleti Saharkhiz Bölgesi'nde

belediye katı atık depolama sahalarının belirlenmesine yönelik olarak bulanık mantık ve Boole yöntemini karşılaştırmaktadır. Çalışmada kullanılan kriterler şunlardır: Eğim, faylardan uzaklık, yeraltı suyu derinliği, gölden uzaklık, nehirden uzaklık, kıyı şeridinden uzaklık, su baskını, korunan alanlara uzaklık, sulak alanlardan uzaklık, nüfus merkezlerine uzaklık, karayollarına uzaklık, enerji nakil hatlarına uzaklık, boru hattından uzaklık, endüstriyel mesafe, arazi kullanımı, toprak, jeolojik oluşumlar ve yapısal özellikleri. Bulgular, ağırlıklı doğrusal kombinasyona dayalı bulanık mantığın, insan yargısı çatışmalarını çözmek için daha fazla esneklik sunduğunu ve çalışma bölgesinde en uygun katı atık depolama alanına yönelik yer seçiminde Boole mantığından daha yüksek doğruluğa sahip olduğunu göstermiştir.

Yildirim vd. [8] katı atık yönetiminin öneminden söz etmişlerdir. Çalışmada, Bursa ili için en uygun katı atık depolama alanları belirlenmiştir. Uygun yer seçimi için birden fazla faktörün değerlendirilerek analiz edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Katı atık yer seçimi sürecinde coğrafi verilerin doğruluğu, ölçeği ve güncelliğinin önemli olduğunu belirtmişlerdir. Bu kapsamda, ideal çözüme benzerliğe göre sıralama tercihi tekniği (TOPSIS) yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada, nüfus ve yerleşim alanı verileri, demiryolu, dere, yol, fay hattı, kot ve altyapı tesis verileri, flora ve fauna, korunan alanlar, topoğrafya, toprak, arazi kullanımı, havaalanı, hidroloji, jeoloji, maden sahası, orman, organize sanayi, turistik alan, taş ocağı, planlanan baraj yeri ve havza verileri dikkate alınmıştır. Bursa ili özelinde özellikle nüfusa ilişkin yapılan analizler sonucunda raster tabanlı maliyet yüzey haritaları oluşturulmuş ve bu haritalara göre uygun katı atık depolama alanı olarak altı adet alternatif saha belirlenmiştir. Bu alanlardan il merkezine ulaşımının kolay olması, ulaşım maliyetini azalttığı için tercih sebebi olarak değerlendirilmiştir.

Kamdar vd. [9] uygun olmayan depolama sahalarının kullanılmasının ekosistemi olumsuz etkilediğini belirtmiştir. Çalışma uygun depolama sahalarının belirlenmesi için bilimsel yaklaşım ortaya koymaktadır. Çalışmada, Tayland Songkhla bölgesinde uygun depolama sahaları belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan kriterler, eğim, yükseklik, toprak dokusu, jeoloji, yeraltı suyu seviyesi, yüzey suyu, jeolojik

fay alanları, taşkın yatağı, yol ağı, atık üretim merkezleri, yerleşim alanları, tarihi yerler ve arazi kullanımı. Ana kriterlerin, alt kriterlerin ve daha alt kriterlerin (özniteliklerin) ağırlıkları AHP kullanılarak hesaplanmıştır. Çeşitli kriterler hesaplanan ağırlıkları kullanılarak çok kriterli karar verme ve coğrafi bilgi sistemleri aracını temel alan ağırlıklı doğrusal kombinasyon tekniği kullanılarak bir araya getirilmiştir. Çalışmada depolama sahalarının uygunluğu çok uygun, orta derecede uygun, yüksek derecede uygun ve uygun olmayan alanlar olarak sınıflandırılmıştır.

Rahmat vd. [10] düzenli depolama sahası yer seçimi için farklı faktörlerin dikkate alınması gerektiğini belirtmişlerdir. Çalışmada, İran Bebahan bölgesinde coğrafi bilgi sistemleri ve AHP kullanılarak uygun depolama sahaları belirlenmiştir. Bu kapsamda, yeraltı suları, yüzey suları, hassas ekosistemler, arazi örtüsü, yerleşim yerlerine uzaklık, arazi kullanımı, yollara olan mesafe, eğim, toprak türü, atık üretim merkezlerine uzaklık kriterleri kullanılmıştır. Kriterlerin birbirlerine göre göreceli önemi, AHP ile belirlenmiştir. Arazi uygunluğunu değerlendirmek için basit toplamli ağırlıklandırma yöntemi uygulanmıştır.

Mozaffari vd. [11] bu çalışma, yaşam döngüsü sürdürülebilirlik değerlendirmesi kavramlarını ve coğrafi bilgi sistemi tabanlı çok kriterli karar vermeyi birleştirerek İran'ın Bardaskan şehrinde sürdürülebilir bir depolama alanı seçmek için karar desteğine yönelik bir çerçeve geliştirmeyi amaçlamıştır. Çalışmada kullanılan kriterler şunlardır: Jeoloji, faylardan uzaklık, hidrografik hatlarından uzaklık, yeraltı suyu derinliği, yağış, tarım alanları ve yoğun bitki örtüsü, korunan alanlar, şehirden uzaklık, kırsal alanlardan uzaklık, arkeolojik alanlar, karayolları, eğim, kuyulardan uzaklık. Kriterlerin ağırlıklarının hesaplanmasında AHP kullanılmış ve ardından coğrafi bilgi sistemleri aracılığıyla ilgili katmanlar basit toplamli ağırlıklandırma yöntemiyle birleştirilerek uygunluk haritaları üretilmiştir.

Çeliker vd. [12] Elazığ ili için katı atık depolama alanı yer seçimi uygunluğu belirlenmiştir. Çalışmada çok kriterli karar analizi ve coğrafi bilgi sistemleri yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada; yerleşim alanlarına uzaklık, yollara uzaklık,

akarsulara uzaklık, kaynak kuyularına uzaklık, jeoloji, eğim, bakı, arazi kabiliyeti sınıflandırması ve arazi kullanımı kriterleri kullanılmış ve kriterlerin göreceli önem dereceleri dikkate alınarak çalışma alanı için uygunluk haritası oluşturulmuştur.

Ciritci ve Türk [13] coğrafi bilgi sistemleri ve analitik hiyerarşi yöntemi kullanılarak Sivas ili merkez ilçesinde alternatif katı atık depolama alanlarını belirlemişlerdir. Çalışmada çevresel kriterler (arazi kullanımı, jeoloji, yerleşim alanları, yüzey suları (göl, baraj), havaalanı, bina, imar planı ve korunan alanlar) ve ekonomik kriterler (eğim ve ulaşım) kullanılmıştır. AHP kullanılarak ağırlıklar hesaplanmış ve coğrafi analizler yardımıyla sonuçlar ortaya konmuştur. Elde edilen bulgulara göre alternatif katı atık depolama alanları önerilmiş ve mevcut katı atık depolama alanının uygunluğu incelenmiştir.

Randazzo vd. [14] Sicilya Adası'nda coğrafi bilgi sistemleri ve AHP yöntemi kullanarak alternatif katı atık depolama sahaları için uygun alanları tespit etmişlerdir. Çalışmada, kaya geçirgenliği, yerleşim alanlarından uzaklık, ortalama yıllık yağış, maksimum yer ivmesi, yeryüzü sularından uzaklık, eğim, yollara uzaklık ve arazi kullanımı kriterleri kullanılmıştır. AHP yöntemi kullanılarak kriter ağırlıkları hesaplandıktan sonra basit toplamli ağırlıklandırma yöntemiyle depolama sahası için uygunluk haritası oluşturulmuştur.

Deniz ve Topuz [15] coğrafi bilgi sistemleri ve AHP kullanarak Uşak ili merkez ilçesinde alternatif katı atık depolama alanlarını belirlemişlerdir. Çalışmada, akarsular, yerleşim alanları, bakı, faylar, heyelan, eğim, sahanın tarımsal değeri, arazi kullanım şekli, ulaşım ağları, jeolojik formasyonları, büyük toprak sınıfları ve havaalanına olan mesafe kriterleri dikkate alınmıştır. Çalışmada kriterler, Öklid mesafe analizi ile yeniden sınıflandırılmıştır. Kriterlerin AHP yöntemiyle belirlenen ağırlık değerleri kullanılarak yapılan karşılaştırma işlemi sonucu alternatif alanlar belirlenmiştir.

Yıldırım vd. [16] Doğu Karadeniz Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı (DOKAP) bölgesi (Artvin, Bayburt, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize, Samsun, Trabzon) illeri için katı atık düzenli depolama alanı yeri tespiti yapmıştır. Çalışmada kriterler, literatür çalışması ve yönetmeliklere göre belirlenmiştir. Kullanılan kriterler şunlardır: Arazi kullanımı, eğim, jeoloji, akarsu, altyapı, fay hattı, toprak, yol ağı, göl-baraj, heyelan, demiryolu, kıyı çizgisi, okul, hastane, liman, doğal kaynaklar, koruma alanları, nüfus. Kriter ağırlıkları AHP yöntemiyle hesaplanmış ve ilgili bölgede katı atık düzenli depolama alanları için uygun yerler belirlenmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada, Sinop ili için katı atık depolama alanı olarak kullanılabilecek uygun yerlerin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda, literatür çalışmaları, yönetmelikler ve bölgesel özelliklere göre belirlenen kriterler kullanılmakta, çok kriterli karar analizi yöntemi olan bulanık analitik hiyerarşi yöntemi ile bu kriterlerin ağırlıkları hesaplanmakta, coğrafi bilgi sistemi ortamında her bir kriterin haritası oluşturulmakta ve bu haritalar ağırlık esaslı olarak bütünleştirilerek uygunluk haritası elde edilmektedir.

1.3 Hipotez

Tez çalışmanın hipotezleri şunlardır:

- Katı atık depolama alanı yeri seçimi için gerekli kriterler; mevzuat, bilimsel literatür ve bölgesel özellikler dikkate alınarak belirlenebilir.
- Çok kriterli karar verme yöntemleriyle farklı kriterlerin önem dereceleri (ağırlıkları) belirlenebilir
- Kriter haritaları, ilgili mekânsal veriler coğrafi bilgi sistemi ortamına aktarıldıktan sonra mekânsal analiz ve görselleştirme teknikleriyle oluşturulabilir ve sonrasında ağırlıkları dikkate alınıp birleştirilerek uygunluk haritası elde edilebilir.

2.1 Katı Atık

14.03.1991 tarihli ‘Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği’nde katı atık; “Üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından, düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeleri ve arıtma çamuru” olarak tanımlanmıştır. Bu yönetmelikte; buzdolabı, çamaşır makinası, koltuk gibi evsel nitelikli eşyalardan oluşan ve kullanılmayacak durumda olan çoğunlukla iri hacimli atıklar iri katı atık olarak tanımlanmıştır. Konutlardan atılan, tehlikeli ve zararlı katı atık kavramına girmeyen, bahçe, park ve piknik alanları gibi yerlerden gelen katı atıklar evsel katı atık (çöp) olarak tanımlanmıştır. Evsel ve evsel nitelikteki endüstriyel atık suların, fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemleri sonucunda ortaya çıkan, suyu alınmış, kurutulmuş çamur arıtma çamuru olarak tanımlanmıştır [17].

02.04.2015 tarihli ‘Atık Yönetimi Yönetmeliği’nde katı atık; “üreticisi veya fiilen elinde bulunduran gerçek veya tüzel kişi tarafından çevreye atılan veya bırakılması, atılması zorunlu olan herhangi bir madde veya materyal” olarak tanımlanmıştır [18].

2.2 Katı Atık Yönetimi

02.04.2015 tarihli Atık Yönetimi Yönetmeliği’ne göre “atığın oluşumunun önlenmesi, kaynağında azaltılması, yeniden kullanılması, özelliğine ve türüne göre ayrılması, biriktirilmesi, toplanması, geçici depolanması, taşınması, ara depolanması, geri dönüşümü, enerji geri kazanımı dâhil geri kazanılması, bertarafı, bertaraf işlemleri sonrası izlenmesi, kontrolü ve denetimi faaliyetleri” katı atık yönetimi olarak tanımlanmıştır. Bu yönetmelik; atıkların oluşmasından bertaraf edilmesine sürecinde çevreye ve insan sağlığına tehlike oluşturmaması, atık oluşumunun azaltılması, yeniden kullanma, geri dönüşüm, geri kazanım gibi yöntemlerle doğal kaynakların kullanılmasını azaltarak atıkların yönetilmesini amaçlamaktadır [18].

Atık yönetimini değerlendirmek için genellikle atık hiyerarşisi kullanılmaktadır. Atık hiyerarşisi basamakları azaltma, yeniden kullanma, geri dönüştürme, geri kazanım ve bertarafır [19].

Entegre atık yönetimi atık yönetimindeki bileşenlerin bir araya gelmesiyle hem çevresel hem de ekonomik olarak sürdürülebilirliği amaçlar. Entegre atık yönetimi tek bir atık türüne ya da tek bir kaynağa yönelik değildir. Entegre atık yönetimi hiyerarşinde atık üretimi ve atığın zararının kaynağında önlenmesi ve azaltılmasını hedeflenir. Atığın üretilmesi ve azaltılması sağlanamadığı durumlarda atığın geri kazanılması ya da enerji kaynağı olarak kullanılması hedeflenmektedir [20].

Atık oluşumunun azaltılması, önlenmesi ve en aza indirilmesi hedeflerinin hepsi aynı amaca yani atık oluşumunun engellenmesine yöneliktir [19].

Atık önleme, herhangi bir madde ya da malzemenin atık haline getirilmeden önce alınması gereken önlemleri kapsamaktadır. Bu önlemler ürünlerin yeniden kullanımı ya da kullanım sürelerinin uzatılması, üretilen atık miktarının azaltılması üretilen atığın çevre ve insan sağlığına zararlarının en aza indirilmesi ve malzeme ve ürünlerdeki zararlı maddelerin içeriğini azaltmaktır [19], [20].

Atık azaltımı, üretiminde daha az hammadde kullanılması ve gereksiz tüketimin azaltılmasıdır [20].

Yeniden kullanım, ürünlerin ya da atık olamayan parçaların tasarlandığı şekilde aynı amaçla kullanıldığı herhangi bir işlemi olarak tanımlanmaktadır [20].

Geri dönüşüm enerji geri kazanımı ve atıkların yakıt veya dolgu olarak kullanılması için tekrar işlenmesi dışında, organik maddelerin tekrar işlenmesi dahil atıkların işlenip nihai kullanım amaçları ya da diğer amaçlar için ürünlere, malzemelere veya maddelere dönüştürüldüğü geri kazanım işlemidir [20]. Geri dönüşüm organik maddelerin yeniden işlenmesini içerir, ancak yakıt olarak veya dolgu işlemleri için kullanılacaksa geri dönüşüm değildir [19].

Geri kazanım, bir tesiste ya da piyasada kullanılan maddelerin yerine başka bir şey olarak kullanılabilecek atıkların faydalı biçimde kullanıma kazandırılması işlemidir.

Enerji geri kazanımı oksijensiz çürütme ve termal yöntemlerle yakıt, ısı ve elektrik geri kazanımı olarak tanımlanabilir [20]. Geri kazanım ve geri dönüşümün ardından gelen, mevcut son atık geri kazanım teknolojisi enerji geri kazanımı veya atıktan enerjiye dönüştürmedir. Dolayısıyla atıklar, evsel yenilenebilir enerji kaynağı olarak kabul edilebilir. Enerji kazanımı veya atıktan enerjiye kömürle çalışan enerji santralleri gibi diğer enerji üretim süreçlerine kıyasla daha temiz enerji sağlayabilen bir atık arıtma sürecidir. Bu nedenle atıklar yerli yenilenebilir enerji kaynağı olarak kabul edilebilir [19].

Bertarafın ikincil amacı enerji geri kazanımı olsa da bu işlem geri kazanım olarak kabul edilmez [21].

2.3 Katı Atık Türleri

Atıklar kaynaklarına göre evsel atıklar, endüstriyel atıklar, tıbbi atık ve diğer atıklar (evsel, endüstriyel veya tıbbi atık olarak kabul edilmeyen atıklar) olarak sınıflandırılabilir. Atığın kaynağının doğru şekilde tanımlanması, atığın üreticisini anlamak ve atığın farklı bileşenler açısından karakterize edilmesine yardımcı olur [19].

Belediye atığı ya da evsel atık belediyenin sorumlu olduğu ev atığı, ticari atık, endüstriyel atık, kurumsal atıkları içerir. Belediye atıkları karışık evsel atıklar, geri dönüştürülebilir, evlerden çıkan tehlikeli atıklar, ticari ve kurumsal atıkları, evsel nitelikli endüstriyel atıklar, bahçe ve pazaryeri atıkları gibi bileşenleri içerir [22].

Endüstriyel atık imalat, inşaat, yıkım faaliyetleri, rafineriler, kimya, otomotiv, enerji, madencilik ve tarım gibi çeşitli faaliyetleri içeren atıklardır [19].

Tıbbi atığın kendine özgü bir sınıflandırması vardır. Hastane gibi kuruluşlardan oluşan ve hastalığa sebep olabilen atıklardır. Özelliklerine göre patolojik atıklar, kesici-delici atıklar ve enfeksiyon atıklar olarak gruplandırılmaktadır. Tıbbi atıklar; yakma tesisinde yakıldıktan sonra sterilize hale getirilip düzenli depolama yöntemiyle bertaraf edilmektedir [22].

Yasal olarak ülkemizde evsel katı atıkların 5393 Sayılı Belediye Kanunu ve 5216 Sayılı Büyükşehir Belediye Kanunu uyarınca çevrenin korunması, çevre kirliliğinin önlenmesi, atıkların toplanması, taşınması ve geri kazanılması yoluyla çevre ve insan sağlığına zarar vermeden nihai bertarafına ilişkin yetki ve sorumluluklar

Belediyelere verilmiştir. Evsel katı atık bertaraf tesisleri kurmak, kurdurmak, işletmek veya işlettirmek, 2872 Sayılı Çevre Kanunu'na göre büyükşehir belediyeleri ve belediyelerin sorumluluğudur [20], [22].

2.4 Katı Atık Bertaraf Yöntemleri

Bertaraf; katı atıkların ayrıştırılarak geri dönüşüm ve geri kazanılması gibi işlemlerin ardından çevre ve insan sağlığı bakımından zararsız hale getirilerek ekonomiye katkı sağlamak amacıyla kompostlaştırma, enerji kazanımı elde etmek için yakma ve düzenli depolama yöntemlerini kapsamaktadır [17].

Kompostlaştırma, biyometanizasyon, termal sistemler ve düzenli depolama katı atık bertaraf yöntemleridir. Düzensiz depolama alanlarında oluşabilecek problemlerin önüne geçebilmek için bertaraf işlemleri uygulanabilir. Atıkların hangi şekilde bertaraf edilmesi gerektiği katı atık karakterizasyonuna göre belirlenmektedir [22].

Kompostlaştırma, organik maddelerin belirli şartlarda biyolojik olarak ayrışmasıdır. Bu yöntemin oluşabilecek koku sorununun önüne geçmek, atığın azaltılması ve gübre elde edilmesi gibi amaçları vardır [22].

Biyometanizasyon, organik maddelerin oksijensiz yerde mikroorganizmalarla ayrıştırıldığı biyokimyasal reaksiyonlardan oluşan işlemdir [22].

Termal sistemler; yakma, piroliz ve gazifikasyon olarak gruplandırılmaktadır. Yakma enerji kazanılmasında etkili olan yanıcı atıkların inert kalıntılara (kül, cüruf) dönüştürülmesi işlemidir. Piroliz ortamda oksijen olmadan organik bir atığa ısı enerjisi aktararak yakma işlemidir. Gazifikasyon, ortama sınırlı miktarda oksijen verilmesiyle gerçekleştirilen yakma işlemidir [22].

Düzenli depolama, katı atıkların zemin üzerinde kademeli bir şekilde depolanıp bertaraf edilmesi ve katı atık sızıntı suları ve depo gazı etkilerinin azaltıldığı sızdırmazlık ve gaz kontrolü olan alanlara yerleştirilmesi olarak tanımlanır. Düzenli depolama, katı atıkların bertaraf edilmesinde kullanılan en yaygın işlem düzenli depolama yöntemidir. Maliyeti düşüktür. Diğer yöntemlerin kullanılması durumunda da depolanması gereken atıklar açığa çıkmaktadır. Yeraltı ve yüzey sularının kirlenmemesi için depolama alanının uygun standartlarda yapılması önemlidir. Uygun yer seçimi ve standartlara uygun oluşturulan düzenli depolama

alanları atıkların bertaraf edilmesinde etkilidir. Düzensiz oluşturulan depolama alanlarında çevre için birçok risk mevcuttur. Depolama alanlarının risklerini azaltmak için eski ve uygun olmayan düzensiz depolama sahalarını kapatmak gerekir [18], [22]. Atıklar çeşitlerine göre sınıflandırılarak depolanmaktadır. Yönetmeliğe göre, tehlikeli atıklar için I. sınıf düzenli depolama tesisi, belediye atıkları ve tehlikesiz atıklar için II. sınıf düzenli depolama tesisi ve inert atıklar için III. sınıf düzenli depolama tesisi kullanılır [21].



3

COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ

3.1 Coğrafi Bilgi Sistemleri

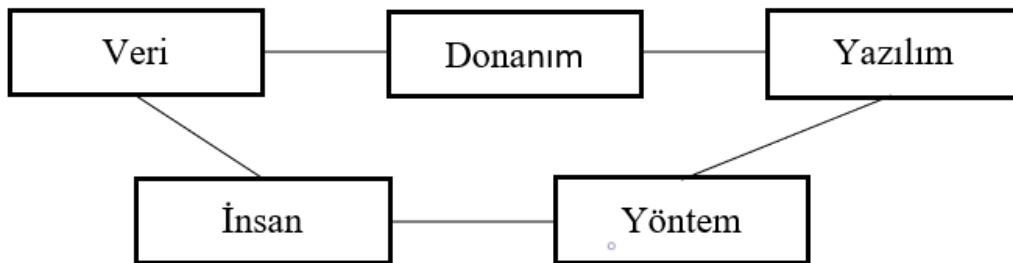
Coğrafi bilgi sistemleri, mekânsal olgulara ilişkin geometrik veriler ve öznitelik verilerinin toplanması, depolanması, işlenmesi, analizi ve sunumu işlevselliklerini sağlayan bir bilgi sistemidir. [23], [24], [25].

Coğrafi bilgi sistemi, coğrafi verilerin toplanması, depolanması, sorgulanması, analiz edilmesi ve görüntülenmesi için kullanılan bir bilgisayar sistemidir. Coğrafi veriler, mekânsal nesnelerin (detayların) hem konumlarını hem de özelliklerini tanımlar. Coğrafi bilgi sistemlerinin coğrafi verileri ele alma ve işleme yeteneği, coğrafi bilgi sistemlerini diğer bilgi sistemlerinden ayırır. Coğrafi bilgi sistemleri, aynı yere ait çeşitli coğrafi verilerin ve ilgili diğer verilerin bütünleştirilmesine olanak tanır [24].

Coğrafi bilgi sistemleri; suların izlenmesi, arazi kullanımı değişimi, doğal tehlikelerin değerlendirilmesi, yaban hayatı habitat analizi, orman yönetimi ve şehir planlaması gibi mekânla ilintili uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır [24].

3.2 Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Bileşenleri

Coğrafi bilgi sistemlerinin temel bileşenleri; insan, yazılım, veri, donanım, yöntemdir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Coğrafi bilgi sistemi bileşenleri

İnsan, coğrafi bilgi sistemlerinin kullanım amacı ve hedeflerini tanımlar, verileri sisteme girer, sonuçları yorumlar ve sunar. Yazılım, bilgisayar programı ile veri analizi, veri yönetimi, veri görüntüleme ve başka işlemlerinin gerçekleştirilmesini kapsar. Veri, mekânsal sorgu ve analizlerde önemli rol oynayan coğrafi verileri ifade eder. Donanım, coğrafi bilgi sistemleri için bilgisayar platformu ve çevre birimlerini ifade eder. Yöntem, coğrafi bilgi sistemi işlemlerinin en iyi şekilde uygulanması için yapılan planlama ve tasarımı ifade eder [23], [24], [25].

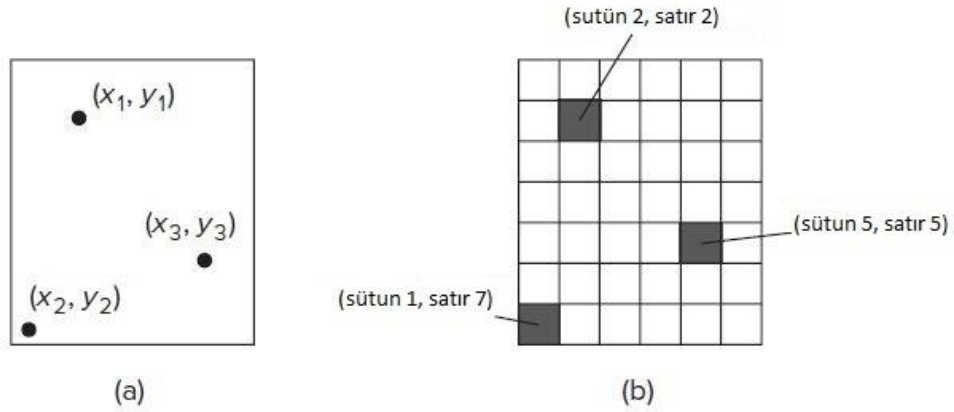
3.3 Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Veri Modelleri

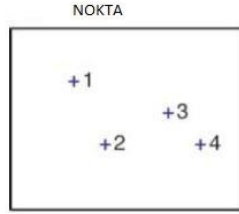
Coğrafi bilgi sisteminde veriler, genel olarak geometrik veriler ve öznitelik verileri olmak üzere iki grup halinde sınıflandırılmaktadır. Coğrafi verilerin başlıca ögesi, mekânsal olguların konumunu ve şeklini ifade eden geometrik verilerdir. Yeryüzündeki mekânsal olguların konumunu belirlemek için coğrafi ya da projeksiyon koordinat sistemleri kullanılabilir. Coğrafi koordinatlar; enlem ve boylam, projeksiyon koordinatları ise x, y koordinatları (sağa değer, yukarı değer) ile ifade edilir. Coğrafi bilgi sistemlerinde temel ilkelerden biri, farklı coğrafi verileri temsil eden katmanların aynı coğrafi referansa dayandırılmasıdır. Öznitelik verileri ise mekânsal olguları nitel ve nicel özellikleri ile tanımlaya yarar ve genellikle ilintili olduğu geometrik verilerle bağlantılı olarak tablolarda tutulur [24], [25].

Coğrafi bilgi sistemlerinde vektör ve raster olmak üzere iki çeşit geometrik veri modeli vardır (Şekil 3.2). Vektör veriler, bir coğrafi ya da projeksiyon koordinat sisteminde tanımlı koordinatlara sahip nokta, çizgi ve çokgen geometrilerinden oluşur. Vektör veri modeli, yaygın olarak ayrık mekânsal olguları modellemek için kullanılır. Vektör veriler, üç aşamada tanımlanır. Birinci aşamada, mekânsal nesneler nokta, çizgi ve çokgenler olarak sınıflandırılır ve bu nesnelerin konumları ve şekli, noktalardan başka bir ifadeyle koordinatlardan yararlanarak tanımlanır (Şekil 3.3). İkinci aşama, bu geometrik nesnelerin özellikleri ve mekânsal ilişkilerini mantıksal çerçevede yapılandırmaktır. Son aşamada vektör veriler, bilgisayarda erişilebilmeleri, yorumlanabilmeleri ve işlenebilmeleri için sayısal veri dosyaları biçiminde kodlanır ve depolanır [24].

Raster veriler ile bir mekânın temsili, alanın genellikle kare hücrelerden oluşan bir diziye bölünmesiyle gerçekleştirilir. Coğrafi çeşitlilik, sonrasında hücrelere

özellikler ya da öznitelikler atanarak tanımlanır. Bu hücreler piksel olarak adlandırılır [25]. Raster veri modeli, yaygın olarak sürekli mekânsal olguları modellemek için kullanılır. Belirli bir olguya ait değerleri, matris biçiminde depolaması nedeniyle esnek bir formattır. Uydu görüntüleri, hava fotoğrafları ve yükseklik, arazi kullanımı ve su havzaları gibi tematik katmanlar için kullanılmaktadır [26].



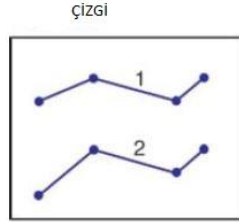


Nokta Numarası

1
2
3
4

(x,y) koordinatları

(2,4)
(3,2)
(5,3)
(6,2)

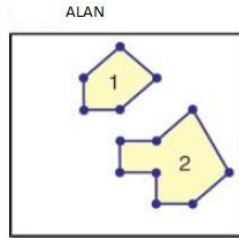


Çizgi Numarası

1
2

(x,y) koordinatları

(1,5) (3,6) (6,5) (7,6)
(1,1) (3,3) (6,2) (7,3)



Alan Numarası

1
2

(x,y) koordinatları

(2,4) (2,5) (3,6) (4,5) (3,4) (2,4)
(3,2) (3,3) (4,3) (5,4) (6,2) (5,1) (4,1) (4,2) (3,2)

Şekil 3.3 Nesnelerin vektör veri modelinde nokta, çizgi ve alan (çokgen) olarak temsili [25]

4

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ

4.1 Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Mekânsal karar destek sistemi, mekânsal problemlerin çözümünde karar vericilerin karar vermede daha iyi etkinlik sağlaması için tasarlanan bilgisayar tabanlı bir sistemdir [27].

Coğrafi bilgi sistemi tabanlı çok kriterli karar verme analizi, karar vericilerin tercihlerini coğrafi verilere dayalı olarak belirli kurallara göre bir karar haritasına dönüştüren yöntemdir. Coğrafi bilgi sistemi teknikleri, karar verme sürecinde önemlidir. Karar vermek için coğrafi verilerin depolanması, yönetilmesi, analizi ve görselleştirilmesi için benzersiz yetenekler sağlar [28].

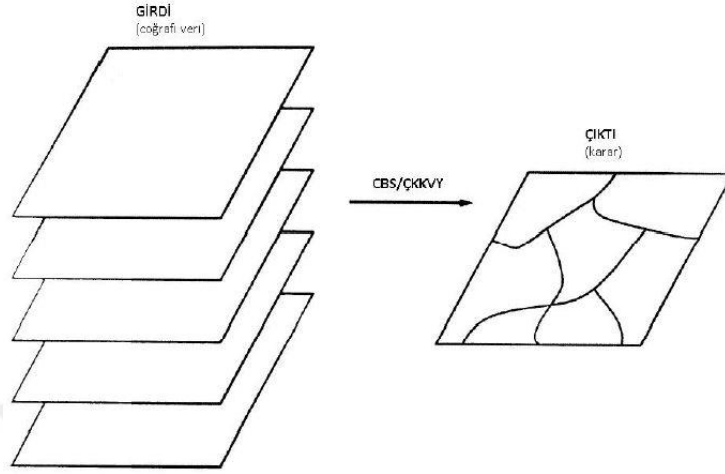
Çok kriterli karar analizinde problem tanımlama için birçok yaklaşım sunulmuştur. Temel olarak çok kriterli karar problemi, çelişen ve uyumsuz kriterler temelinde karar verici tercihleri dikkate alınarak değerlendirilen alternatifleri içerir ve üç ana unsura sahiptir: Karar vericiler, alternatifler ve kriterler [29].

Karar analizlerinin çözülmesi işlemi, seçeneklerin anlaşılabilir şekilde parçalara ayrılıp bu parçaların uyumlu bir şekilde birleştirilip mantıksal olarak sunulmasıdır [27] (Şekil 4.1).

En temel düzeyde, coğrafi bilgi sistemleri tabanlı çok kriterli karar verme yöntemleri, coğrafi verileri ve karar vericinin tercihlerini bir karar haritası dönüştüren ve birleştiren bir prosedürdür. Prosedür, coğrafi verilerin, karar vericilerin tercihlerinin kullanılmasını ve belirli bir karar kuralına göre bütünleştirilmesini içerir. Coğrafi bilgi sistemleri ve çok kriterli karar verme yöntemi coğrafi olarak tanımlanmış karar alternatiflerinin kriter değerlerine ve karar vericinin tercihlerine göre değerlendirilmesini içerir. Bu, analiz sonuçları sadece alternatiflerin mekânsal yapısına değil, aynı zamanda karar verme sürecinde ki değer yargılarına da bağlı olduğu anlamına gelir [28].

Coğrafi bilgi sistemleri ve çok kriterli karar verme yöntemleri genel olarak yer seçimi problemi ve uygunluk analizi gibi mekânsal problemleri çözmek için

geleneksel çok kriterli karar verme yöntemlerini ve karar kurallarının kullanımını içerir [28].



Şekil 4.1 Coğrafi bilgi sistemleri ve çok kriterli karar verme yöntemi [27]

Çok Kriterli Karar Verme yöntemi; çok nitelikli karar verme (ÇNKV) ve çok amaçlı karar verme (ÇAKV) olarak iki ayrı başlıktan oluşmaktadır. Çok nitelikli karar problemleri önceden belirlenmiş, sınırlı sayıda alternatifi içerir. Bu tür karar problemlerinin çözümü, sonuç odaklı bir değerlendirme ve seçim sürecidir. Çok amaçlı karar verme yöntemi, zıt hedefler esas alınarak en uygunu seçme işlemidir. Her iki yöntemde de bir ya da birden çok karar verici vardır [28], [30].

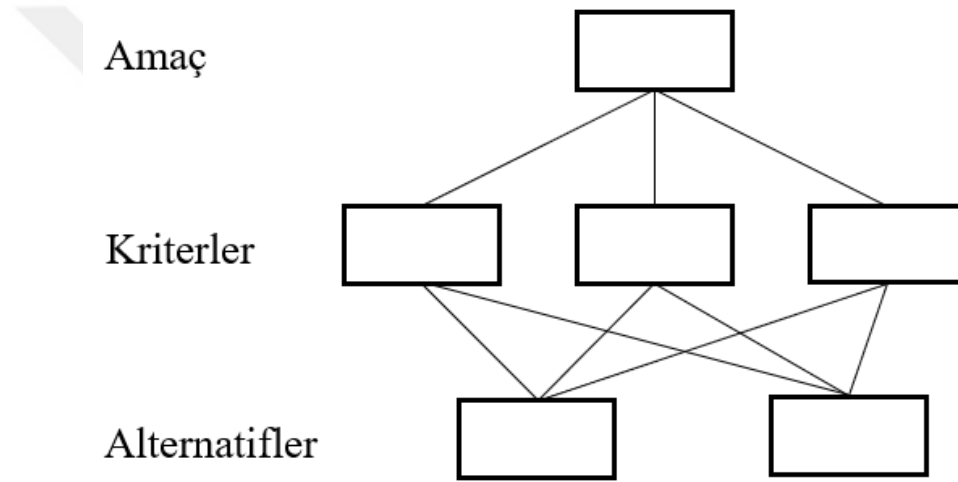
4.2 Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi

Analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemi, çok kriterli karar verme problemlerinde kullanılan bir tekniktir. Thomas L. Saaty tarafından 1977 yılında ortaya konan bu teknik, karar verme problemini hiyerarşik olarak hedef, kriterler, alt kriterler ve seçenekler biçiminde modelleyen bir yöntemdir [31].

Bu yöntem, ayrıştırma, karşılaştırmalı değerlendirme ve önceliklerin sentezi olmak üzere üç temele dayanmaktadır. Ayrıştırma ilkesi, problemi oluşturan temel unsurların hiyerarşik olarak ayrıştırılmasına dayanmaktadır. Karşılaştırmalı değerlendirme ilkesi, hiyerarşik yapıda problemdeki unsurların bir üst seviyesinde olan unsurlara göre ikili karşılaştırmalarının değerlendirilmesine dayanmaktadır.

İkili karşılaştırma, AHP yönteminde kullanılan temel ölçüm şeklidir. Sentez ilkesi, hiyerarşinin çeşitli seviyelerindeki türetilmiş oran ölçeği önceliklerinin her birini alır ve hiyerarşinin en alt seviyesindeki unsurlar (yani alternatifler) için bileşik bir öncelikler kümesi oluşturur [28].

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 [32]. Problemleri hiyerarşik yapıya ayırıp göstermek karışık ilişkilerin bir arada gösterilmesine olanak sağlayarak çok basit bir şekilde anlaşılmasını sağlamaktadır [33]. Şekil 4.2’de AHP yöntemi modeli gösterilmiştir.



Şekil 4.2 AHP yöntemi modeli

AHP yönteminin ana adımları şunlardır [32], [34]:

1. adım: Problem tanımlanır ve ulaşılmak istenen amaç tespit edilir.
2. adım: Hiyerarşi modeli oluşturulur ve amaca bağlı kriterler ve alternatifler modelde gösterilir. Hiyerarşi modeli; amaç, kriter, alt kriter ve alternatifler biçiminde oluşturulur.
3. adım: Kriterlerin birbirlerine göre önem dereceleri belirlenir ve ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur.
4. adım: İkili karşılaştırmalar yapılarak elde edilen verilerle her kriterin ağırlık değeri tespit edilir ve bu ağırlık değerleri kullanılarak alternatiflerin öncelikleri

belirlenir. Maksimum öz değ er vektörü, tutarlılık oranı, tutarlılık göstergesi ve her kriterin normalize değ erleri bulunur.

5. adım: Bulunan sonuçlar istenen seviyede ise karar verme süreci tamamlanır, aksi takdirde istenen seviyeye gelene kadar iş lemler tekrarlanır.

İkili karşılaştırma ölçeğ i kriterlerin önem derecelerini belirlemede kullanılır (Tablo 4.1). En iyi değ erleri atamak zor olduğ unda kriterler arasında ayrımın zorlaşt ığı yerde 1.1-1.9 arasındaki ondalık değ erler kullanılabilir ama küçük sayılarla çok anlaşılabilir olmaz [34].

Tablo 4.1 AHP yöntemi ölçek esasları [34]

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eş it derecede önem	İki kriterde amaca eş it derecede katkıda bulunur.
3	Orta derecede önem	Tecrübeler ve kanı bir kriteri diğerine göre biraz üstün kılmaktadır.
5	Güçlü derecede önem	Tecrübeler ve kanı bir kriteri diğerine göre üstün kılmaktadır.
7	Çok güçlü derecede önem	Bir kriter diğerine üstün gelmektedir.
9	Aş ırı derecede önem	Bir kriterin diğerinden üstün olduğ unu gösteren kanıt yüksek güvenilirliğ e sahiptir.
2,4,6,8	Ara değ erler	Kriterler iki ardış ık önem arasında kald ığında kullanılıyor.

AHP yöntemi iş lem adımları ş unlardır:

İlk olarak kriterler için ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur (Eş itlik 4.1).

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

$$a_{21} = 1/a_{12}$$

1. kriter ile 2. kriter arasındaki ikili karşılaştırma değeri a_{12} , 2. kriter ile 1. kriter arasındaki ikili karşılaştırma değeri ise a_{21} 'dir.

İkili karşılaştırma işleminden sonra ağırlık vektörü oluşturulur. Ağırlık vektörü, Saaty'nin öz vektör yöntemine göre iki adımda oluşturulur. Önce ikili karşılaştırma matrisi normalize edilir. Sonra ağırlıklar hesaplanır [35].

İkili karşılaştırma matrisinin normalize edilmesi işlemi için her bir değer bulunduğu sütundaki değerlerin toplamına bölünür. Normalize edilen matriste her bir sütunun toplam değeri 1'e eşittir. (4.2 eşitliğinde ki denklem normalize etme işlemi için kullanılır)

$$c_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (4.2)$$

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

Kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisinde (eşitlik 4.3) her bir satırdaki değerlerin toplamı alınıp aritmetik ortalaması hesaplanarak öncelik vektörü (eşitlik 4.5) olarak adlandırılan W elde edilir [34].

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (4.4)$$

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (4.5)$$

Elde edilen ağırlıkların doğruluğunun kontrolü ve tutarlılığının belirlenmesi için tutarlılık oranı hesaplanır. Tutarlılık oranı hesaplamak için λ_{max} (maksimum özdeğer) hesaplanır. AHP yönteminde tutarlık ifade edilirken ikili karşılaştırmada yapılabilecek hataları fark etmek ve hiyerarşi oluşturulurken tutarsızlık olmaması için elemanlar, ilgililik durumlarına göre gruplandırılmalıdır [33].

λ_{max} , A ikili karşılaştırma matrisi ile W ağırlık vektörünün çarpımından bulunan vektörün elemanlarının, W vektöründe kendisine karşılık gelen elemanlara bölünmesiyle bulunan vektör elemanlarının ortalaması alınarak hesaplanır (Eşitlik 4.6).

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{w_i} \quad (4.6)$$

λ_{max} hesaplandıktan sonra aşağıdaki denklem kullanılarak tutarlılık indeksi (CI) hesaplanır (Eşitlik 4.7).

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (4.7)$$

Son olarak, Tablo 4.2'deki rastgele indeks (RI) değerleri dikkate alınarak tutarlılık oranı (CR) hesaplanır (Eşitlik 4.8)

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4.8)$$

CI (Consistency Index), tutarlılık indeksini; RI (Random Index), rastgele indeksi (Tablo 4.2) ve CR (Consistency Ratio), tutarlılık oranı ifade etmektedir.

Tablo 4.2 Karşılaştırma matrisinin boyutuna göre RI değerleri [27]

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R	0	0	0.5	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
I			8	0	2	4	2	1	5	9	1	3	6	7	9

n: karşılaştırılan eleman sayısı

Hesaplar sonucunda CR değerinin 0.10'dan küçük olması karar vericinin yaptığı karşılaştırmaların tutarlı ve kabul edilebilir olduğunu gösterir [34]. CR değerinin 0.10'dan büyük olması durumunda ikili karşılaştırmalar tutarsız ve kabul edilebilir değildir. Bu durumda yapılan işlemler tekrar gözden geçirilir [27].

4.3 Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi

Bulanık küme teorisi, ilk olarak 1965 yılında Zadeh tarafından ileri sürülmüştür. Bu yöntem, AHP gibi klasik küme yöntemlerindeki dilsel değişkenlerin sayısal olarak ele alınıp problemin çözülmesine olanak sağlamaktadır [36].

Bulanık küme teorisi, kesin doğru kesin yanlış arasında değişkenlik gösteren doğruluk değerleri kavramını tanımlamak için geliştirilmiştir. Bulanık küme teorisi gerçek dünya sorunlarına yönelik izlenebilirlik, sağlamlık ve düşük maliyetli çözümler hedefleyen kesinsizlik veya belirsizliği tanımlamada kullanılan bir yöntem olmuştur [37].

AHP yönteminde hem nicel hem de nitel verilerin ele alınmasındaki kolaylığa rağmen karar vericilerin kararlarına dayalı çok kriterli karar verme problemlerinde bulanık analitik hiyerarşi prosesi (BAHP) yöntemi bulanıklığı azaltabilir veya ortadan kaldırabilir. Birçok karar verme probleminde mevcut olan belirsizlik, geleneksel AHP yöntemi yaklaşımlarında karar vericilerin kesin/hassas olmayan kararlar üretmesine neden olabilir [38].

Literatürde önerilen birçok BAHP yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler bulanık küme teorisi ve hiyerarşik yapı analizi kullanılarak alternatif bir seçim ve gerekçelendirme problemine yönelik sistematik yaklaşımlardır. BAHP ile ilgili ilk çalışma, üçgen bulanık sayılarla tanımlanan bulanık oranları karşılaştıran Van Laarhoven ve Pedrycz (1983) tarafından yapılmıştır. Yöntemde bulanık ağırlıklar, bulanık logaritmik en küçük kareler yöntemi ile bulanık karşılaştırma matrislerinden elde edilir. Buckley (1985) geometrik ortalama yöntemini kullanarak bulanık sayılar ile karşılaştırma oranlarının bulanık ağırlıklarını belirlemiştir. Chang (1996) BAHP için bir kapsam analizi yöntemi önermiş, ikili karşılaştırma matrisleri için üçgensel bulanık sayılar kullanarak net ağırlıklar türetmiştir. Mikhailov (2000) tarafından önerilen bulanık tercih programlama yöntemi, bir doğrusal programlama problemi aracılığıyla bulanık karşılaştırma matrislerinden net ağırlıkların hesaplanmasını amaçlamaktadır. Mikhailov (2003), bulanık karşılaştırma matrislerinden doğrusal olmayan optimizasyon yöntemiyle net ağırlıklar elde etmek için bulanık bir önceliklendirme önermiştir [38].

Geometrik ortalama yöntemi, AHP yöntemini dilsel değişkenlerin kullanılması durumuna uygulamak için ilk olarak Buckley (1985) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemin hesaplama kolaylığı ve benzersiz bir çözüm sunması avantajlarını bulanık duruma genişletmek kolaydır. Dezavantajları ise hesaplama gereksiniminin çok yüksek olması, bulanık ağırlıklar türetmesi ve durulaştırma gerektirmesidir [38].

Buckley geometrik ortalama yöntemi işlem adımları şöyledir [39]:

1. adımda bulanık ikili karşılaştırma matrisi $D = [a_{ij}]$ oluşturulur. a_{ij} kriterlerin önem derecesini gösteren bulanık sayıları ifade eder (Eşitlik 4.9).

$$D = \begin{bmatrix} (1,1,1) & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & (1,1,1) \end{bmatrix} \quad (4.9)$$

2. adımda her bir i kriteri için bulanık geometrik ortalama değeri r_i hesaplanır (Eşitlik 4.10).

$$r_i = (a_{i1} \otimes a_{i2} \otimes \dots \otimes a_{in})^{1/n} \quad (4.10)$$

3. adımda Her bir i kriteri için bulanık ağırlık w_i hesaplanır (Eşitlik 4.11).

$$w_i = r_i \otimes (r_1 \oplus r_2 \oplus \dots \oplus r_n)^{-1} \quad (4.11)$$

4. adımda bulanık ağırlıklar $w_i = (l_i, m_i, u_i)$ herhangi uygun bir durulaştırma yöntemiyle durulaştırılır. Burada, alan merkezi (COA) yöntemi kullanılmıştır (Eşitlik 4.12). l_i , kriterin bulanık ağırlığının alt değeri; m_i , kriterin bulanık ağırlığının orta değeri, u_i , kriterin bulanık ağırlığının üst değerleridir.

$$w_i = \frac{l_i + m_i + u_i}{3} \quad (4.12)$$

5. adımda 4.13 eşitliğiyle ağırlıklar normalize edilir.

$$N_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (4.13)$$

6. adımda BAHP yönteminde karar verme işleminde kararlara göre dilsel değişkenler (Tablo 4.3) kullanılarak bulanık ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur [38].

Tablo 4.3 Kriterlerin ikili karşılaştırma değeri için dilsel değişkenler [38]

Dilsel Değişkenler	Üçgen Bulanık Ölçek	Üçgen Bulanık Karşılıklı Ölçek
Eşit derecede güçlü	(1,1,1)	(1, 1, 1)
Ara değer	(1,2,3)	(1/3, 1/2, 1)
Orta derecede güçlü	(2,3,4)	(1/4, 1/3, 1/2)
Ara değer	(3,4,5)	(1/5, 1/4, 1/3)
Güçlü	(4,5,6)	(1/6, 1/5, 1/4)
Ara değer	(5,6,7)	(1/7, 1/6, 1/5)
Çok güçlü	(6,7,8)	(1/8, 1/7, 1/6)
Ara değer	(7,8,9)	(1/9, 1/8, 1/7)
Aşırı Güçlü	(9,9,9)	(1/9, 1/9, 1/9)

5.1 Çalışma Alanı

Sinop ili, Karadeniz bölgesinin kıyı şeridinde bulunan kuzeye doğru çıkıntı şeklinde uzanan Boztepe yarımadası üzerinde kurulmuştur ve 41° 12' ve 42° 06' kuzey enlemleri ile 34° 14' ve 35° 26' doğu boylamları arasında yer almaktadır. İlin yüz ölçümü yaklaşık olarak 5862 km²'dir [40]. Çalışma alanı şekil 5.1'de gösterilmiştir.

Sinop ili genel olarak yağışlı olduğundan orman ve bitki örtüsü çeşitliliği açısından zengindir. Sinop, Doğu ve Batı Karadeniz iklimlerinin iç içe geçtiği bir konumda yer almaktadır. Sinop ilinde mevsimler arası sıcaklık farkları çok net değildir. Yıl boyunca rüzgârların etkisi altındadır. Yaz dönemi dışında yılın çoğu nemli ve yağışlı geçmektedir. Kuzey kısmında Karadeniz iklimi görülmektedir. Güney kısmında ise dağların etkisiyle Karadeniz iklimi etkileri azalmaktadır. Bu kısımda yağışlar ve sıcaklık azalıp bozkır iklimi etkileri görülmektedir. Sinop ilinde uzun yıllar yapılan ölçümler neticesinde hâkim rüzgâr yönü batı-kuzeybatı olarak görülmektedir [40].

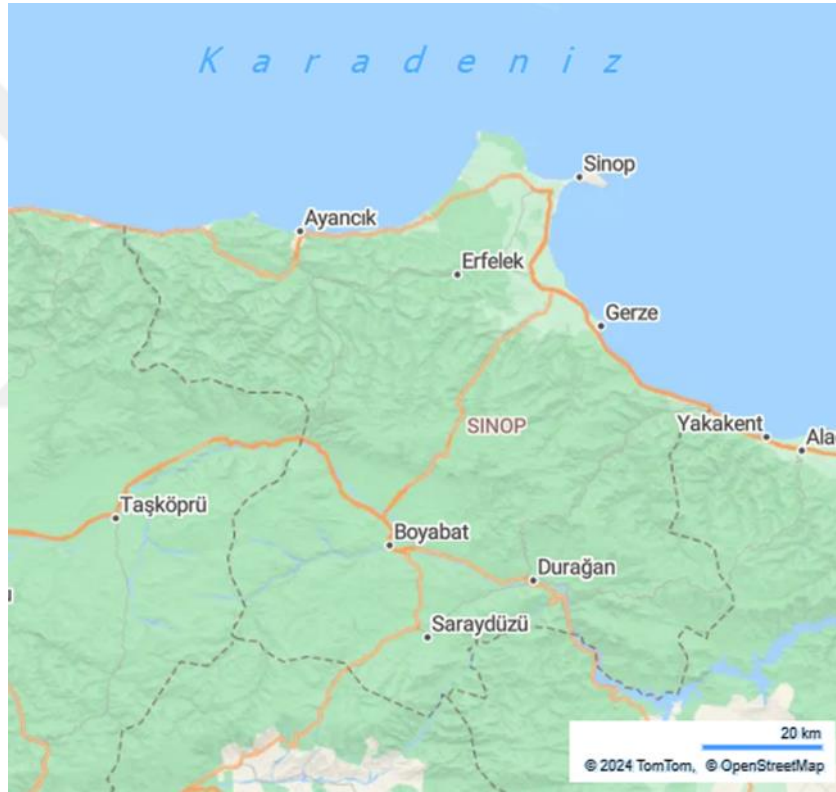
Sinop ili nüfusu, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2023 verilerine göre 229.716 kişidir [41] Ortalama yağışlı gün sayısı 131.6'dır. Ortalama yağış miktarı 691.4 mm'dir. Görülen en yüksek sıcaklık 39,3 °C, en düşük sıcaklık -8,4 °C'dir. (Tablo 5.1)

Tablo 5.1 Sinop ili iklim verileri [42]

SİNOP	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	7,1	6,8	7,5	10,7	15,0	19,9	23,0	23,4	20,2	16,4	12,7	9,4	14,3
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	9,8	9,7	10,6	14,1	18,3	23,1	26,0	26,4	23,2	19,3	15,6	12,2	17,4
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	4,7	4,3	5,0	8,0	12,2	16,9	19,9	20,4	17,4	13,8	10,1	6,9	11,6

Tablo 5.1 Sinop ili iklim verileri [42] (devamı)

Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2,3	3,0	3,8	5,3	6,6	8,7	9,6	8,7	6,8	4,7	3,2	2,3	5,4
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	15,30	13,41	13,68	11,24	10,19	7,77	5,27	6,02	8,85	12,13	12,45	15,34	131,6
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	73,6	51,4	53,7	38,2	35,2	37,5	33,7	41,7	66,0	86,1	82,9	91,4	691,4
En Yüksek Sıcaklık (°C)	22,8	25,0	29,3	32,0	33,6	33,2	34,5	39,3	34,0	34,0	29,6	27,4	39,3
En Düşük Sıcaklık (°C)	-6,2	-7,5	-8,4	-0,4	-0,7	8,8	13,5	13,2	6,5	0,7	-1,2	-4,1	-8,4



Şekil 5.1 Çalışma alanı

5.2 Projeksiyon Koordinat Sistemi ve Dönüşümler

Çalışmada tüm mekânsal veriler, birlikte kullanılabilmeleri için UTM Dilim 36N (WGS84) projeksiyon koordinat sistemine dönüştürülmüştür. Sinop ilinin orta noktasının boylamı yaklaşık $34^{\circ} 52'$ olduğu için 6° dilim sistemini esas alan, 33° orta meridyenli ve orta ölçekli (1:10 000 - 1:300 000) topografik haritalarda da kullanılan bu koordinat sistemi tercih edilmiştir.

5.3 Veri Seti ve Yöntem

Çalışmada kullanılan veriler, Tablo 5.2’de yer almaktadır. Yüzey suları, havalimanı ve yollar verileri OpenStreetMap (OSM)’ten elde edilmiştir. Arazi kullanımı ve yerleşim alanları için 2018 yılına ait CORINE (Coordination of Information on the Environment) verileri kullanılmıştır. Corine-2018 verileri, Copernicus Land Monitoring Service sitesinden elde edilmiştir. Bu verilerin, 1/100.000 ölçekli olduğu belirtilmektedir. Eğim ve bakı verileri, ASTER uydusunun sayısal yükseklik modeli (SYM) verisi kullanılarak elde edilmiştir. ASTER uydusuna ait sayısal yükseklik modeli USGS Earth Explorer sitesinden elde edilmiştir. Verinin çözünürlüğü 30m’dir. Diri fay hatları, jeolojik formasyon ve heyelan alanları verileri Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA)’nden elde edilmiştir. Diri fay hatları verisi 1/25.000, jeolojik formasyon ve heyelan verileri 1/500.000 ölçeğindedir. Çalışma alanı sınırı ve kıyı çizgisi verileri, Harita Genel Müdürlüğü (HGM)’nden elde edilmiştir. Korunan alanlar verisi, Doğa Koruma Milli Parklar Genel Müdürlüğü’nden elde edilmiştir. Toprak verisi, Tarım Reform Genel Müdürlüğü’nden elde edilmiştir. Verinin ölçeği 1/25.000’dir.

Tablo 5.2 Veri seti

Kriter Temaları	Veri Kaynağı
Yüzey Suları	OSM
Arazi kullanımı	CORINE
Bakı-SYM	USGS Earth Explorer Aster DEM
Eğim -SYM	USGS Earth Explorer Aster DEM
Diri Fay Hatları	MTA
Havalimanı Uzaklık	OSM
Jeolojik Formasyon	MTA
Kıyı çizgisi	HGM
Korunan Alanlar	Doğa Koruma ve Milli Parklar Gn. Md.
Toprak Türleri	Tarım Reformu Gn. Md.
Yerleşim Alanları	CORINE
Yollar	OSM
Heyelan Alanları	MTA

Çalışmada coğrafi bilgi sistemleri ve çok kriterli karar analizleri kullanılmıştır. Uygunluk haritaları oluşturulurken coğrafi bilgi sistemlerinde yer alan mekânsal analiz yöntemleri uygulanmıştır. Kriterlerin ağırlıkları çok kriterli karar analizi yöntemlerinden biri olan BAHP yöntemi kullanılarak hesaplanmış ve ağırlıklı çakıştırma yöntemiyle uygunluk haritaları elde edilmiştir.

5.4 Katı Atık Depolama Alanı Yer Seçimine Etki Eden Kriterler

Katı atık depolama alanı yer seçiminde birçok kriter dikkate alınmaktadır. Bu çalışmada ele alınan kriterler belirlenirken literatürde yapılan çalışmalar, yönetmelikler, bölgesel özellikler, uzman görüşleri ve verilerin temin edilebilirliği dikkate alınmıştır.

Atıkların düzenli depolanmasına dair yönetmelikte madde 15'te belirtilen hususlar şunlardır [21]:

(1) Düzenli depolama tesis sınırlarının yerleşim birimlerine uzaklığı I. sınıf düzenli depolama tesisleri için en az bir kilometre, II. sınıf ve III. sınıf düzenli depolama tesisleri için ise en az iki yüz elli metre olmak zorundadır.

(2) Ayrıca, düzenli depolama tesisinin yer seçiminde; a) Düzenli depolama tesisinin hava ulaşım güvenliğini etkileyip etkilemediği, b) Orman alanları, ağaçlandırma alanları, yaban hayatı ve bitki örtüsünün korunması gibi özel amaçlarla koruma altına alınmış alanlara uzaklığı, c) Bölgede bulunan yeraltı ve yüzeysel su kaynakları ve koruma havzalarının durumu, yeraltı su seviyesi ve yeraltı suyu akış yönleri, ç) Sahanın topografik, jeolojik, jeomorfolojik, jeoteknik ve hidrojeolojik durumu, d) Taşkın, heyelan, çığ, erozyon ve yüksek deprem riski, e) Hâkim rüzgâr yönü ve yağış durumu, f) Doğal veya kültürel miras durumu dikkate alınır.

(3) Sahada akaryakıt, gaz ve içme-kullanma suyu naklinde kullanılan boru hatları, yüksek gerilim hatları bulunmaz.

(4) Çevresel etki değerlendirmesi sürecinin tamamlanmasını müteakip seçilen alan, ilgili planlara işlenir.

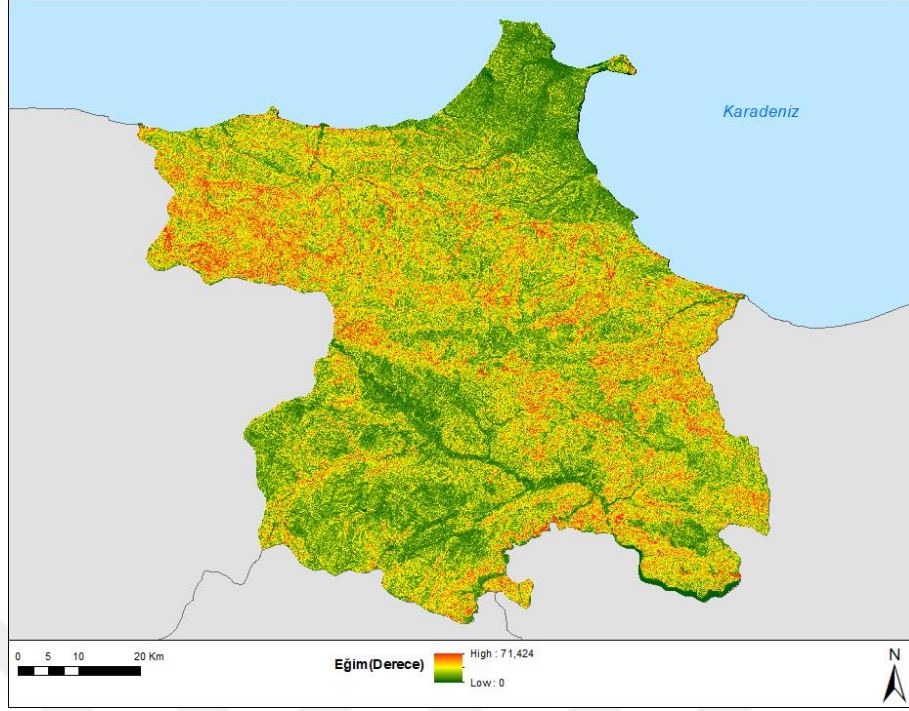
Uygunluk derecelendirmesi [0, 10] aralığında gerçekleştirilmiştir. Kesin olarak kısıtlanan alanlar ve değerlendirme dışı olacak yerler, 0 olarak derecelendirilmiştir. En uygun alanın uygunluk derecesi, 10 olmaktadır.

5.4.1 Eğim

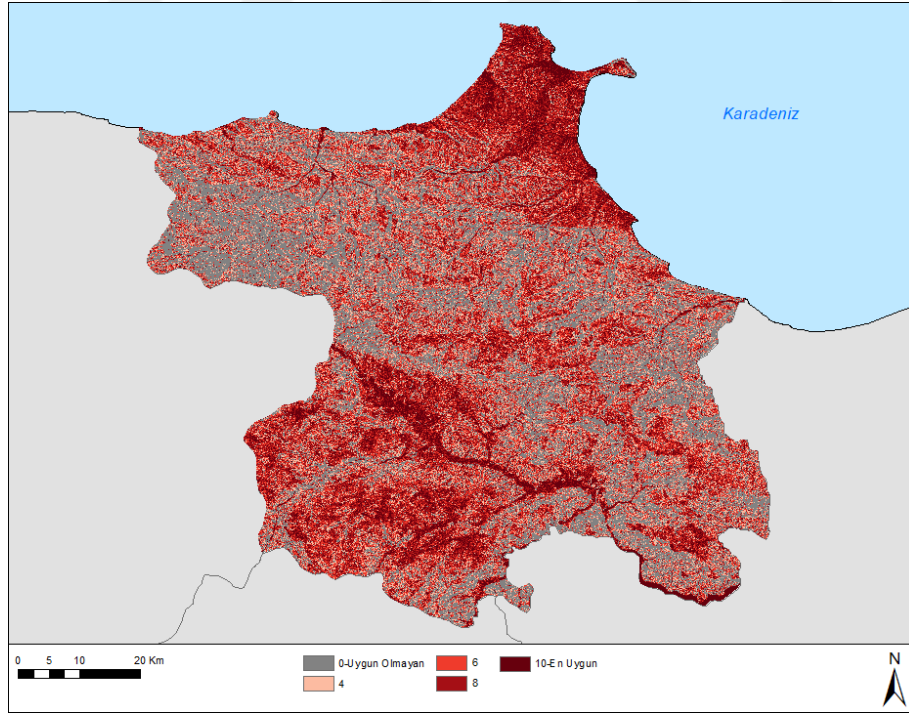
Katı atık depolama alanı yer seçimi yapılırken eğim kriteri, ekonomik kriter olarak ele alınmaktadır. Eğimin yüksek olduğu alanlar; inşaat, taşıma ve bertaraf maliyetlerini arttırmaktadır. Eğimin 20° fazla olduğu yerlerin katı atık depolama alanı için uygun olamayacağı değerlendirilmiştir [3]. Eğim; erozyon, heyelan, toprak ve suyun kirlenmesi gibi riskler için etkindir [1]. Çalışma alanının eğimi, 0° - $71,42^\circ$ arasında değişmektedir. Çalışmada kullanılan eğim verisi oluşturulurken ASTER uydusuna ait SYM verisi kullanılmıştır. Eğim kriteri beş sınıfa ayrılmış ve her sınıfa karşılık uygunluk derecesi belirlenmiştir (Tablo 5.3). Sonrasında, Sinop ili eğim haritası (Şekil 5.2) ve Sinop ili eğim yeniden sınıflandırma haritası (Şekil 5.3) oluşturulmuştur.

Tablo 5.3 Eğim kriterine ait sınıflar ve uygunluk dereceleri

Eğim Sınıfları	Uygunluk Derecesi
0° - 5°	10
5° - 10°	8
10° - 15°	6
15° - 20°	4
$>20^\circ$	0



Şekil 5.2 Sinop ili eğim haritası



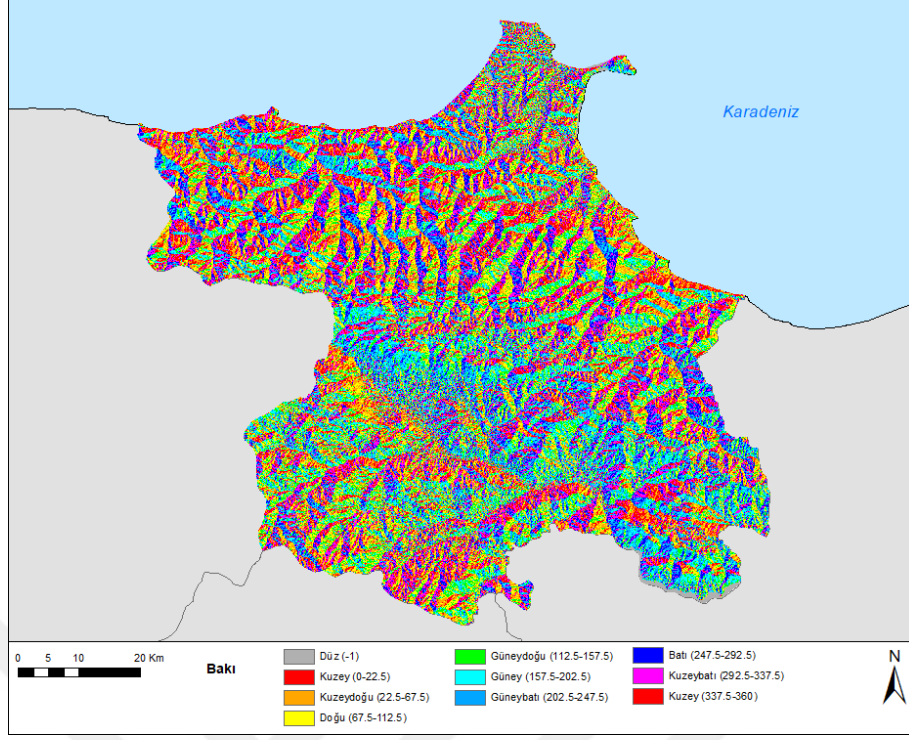
Şekil 5.3 Sinop ili eğim yeniden sınıflandırma haritası

5.4.2 Bakı

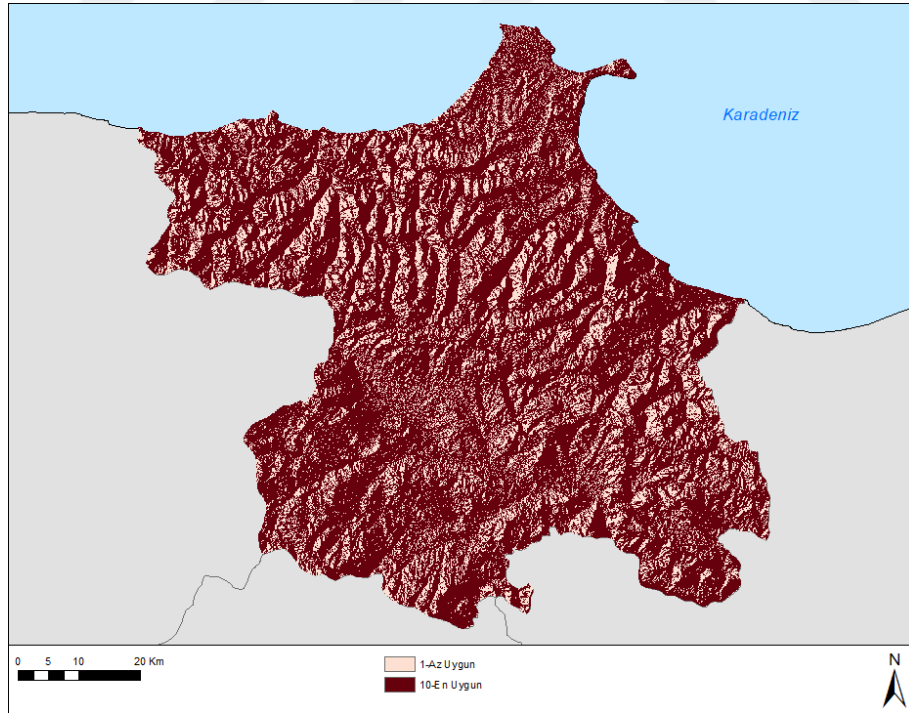
Bakı, koku açısından değerlendirilen bir kriterdir. Bu değerlendirme yapılırken hâkim rüzgâr yönü dikkate alınmaktadır [2]. Sinop ilinde hâkim rüzgâr yönü batı-kuzeybatı olarak değerlendirilmiştir. Rüzgârın hâkim olduğu yönler daha az uygun, diğer yönler ise daha uygun olarak değerlendirilmiştir. Buna göre her bakı sınıfına karşılık uygunluk derecesi belirlenmiştir (Tablo 5.4). Sonrasında, Sinop ili bakı haritası (Şekil 5.4) ve Sinop ili bakı yeniden sınıflandırma haritası (Şekil 5.5) oluşturulmuştur.

Tablo 5.4 Bakı kriterine ait sınıflar ve uygunluk dereceleri

Bakı Sınıfları	Uygunluk Derecesi
Düz	10
Kuzey	10
Kuzeydoğu	10
Doğu	10
Güneydoğu	10
Güney	10
Güneybatı	10
Batı	1
Kuzeybatı	1
Kuzey	10



Şekil 5.4 Sinop ili bakı haritası



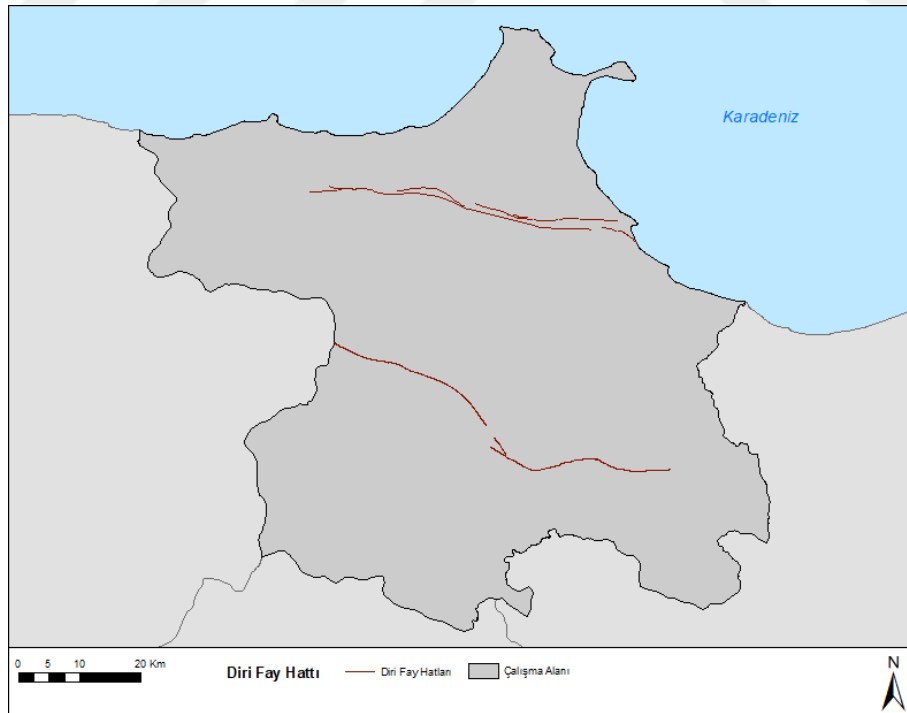
Şekil 5.5 Sinop ili bakı yeniden sınıflandırma haritası

5.4.3 Diri Fay Hatlarına Uzaklık

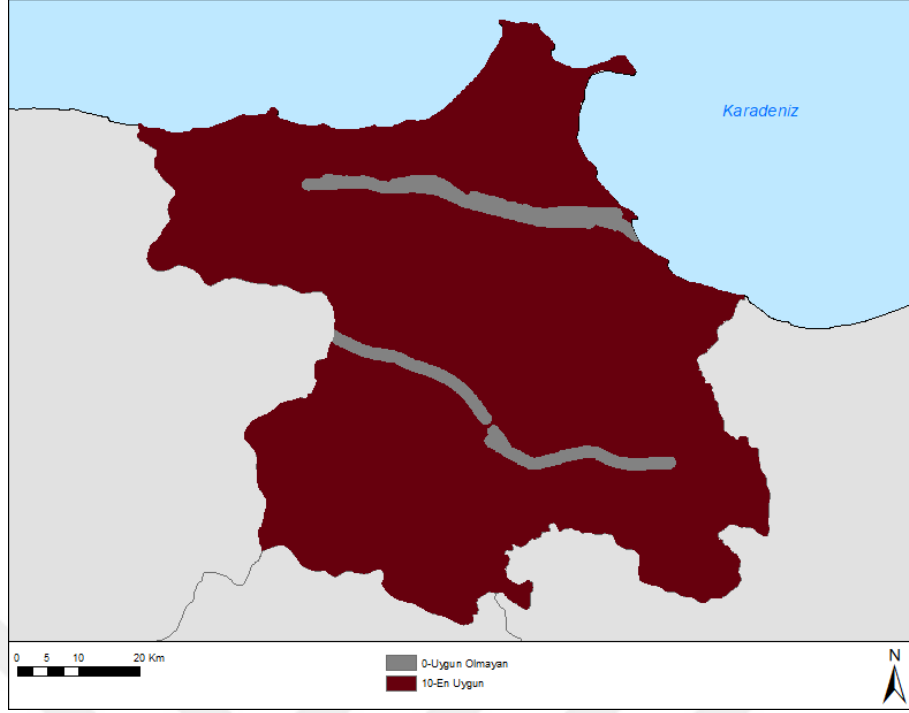
Katı atık depolama sahaları, fay hatlarından uzakta inşa edilmelidir. Bunun nedeni, depolama alanında oluşabilecek sızıntıların yeraltı sularına karışarak kirlilik potansiyelini arttırmasıdır [1]. Çalışmada, 1000 m içerisindeki alanların uygun olmayacağı değerlendirilmiştir. Öklid mesafe yöntemi kullanılarak uzaklıklar hesaplanıp sınıflara ayrılmış ve her sınıfa karşılık uygunluk dereceleri belirlenmiştir (Tablo 5.5). Sonrasında, Sinop ili diri fay hattı haritası (Şekil 5.6) ve Sinop ili diri fay hatlarına uzaklık yeniden sınıflandırma haritası (Şekil 5.7) oluşturulmuştur.

Tablo 5.5 Diri fay hatlarına uzaklık kriterine ait sınıflar ve uygunluk dereceleri

Diri Fay Hatlarına Uzaklık Sınıfları	Uygunluk Derecesi
0-1000	0
>1000	10



Şekil 5.6 Sinop ili diri fay hattı haritası



Şekil 5.7 Sinop ili diri fay hatlarına uzaklık yeniden sınıflandırma haritası

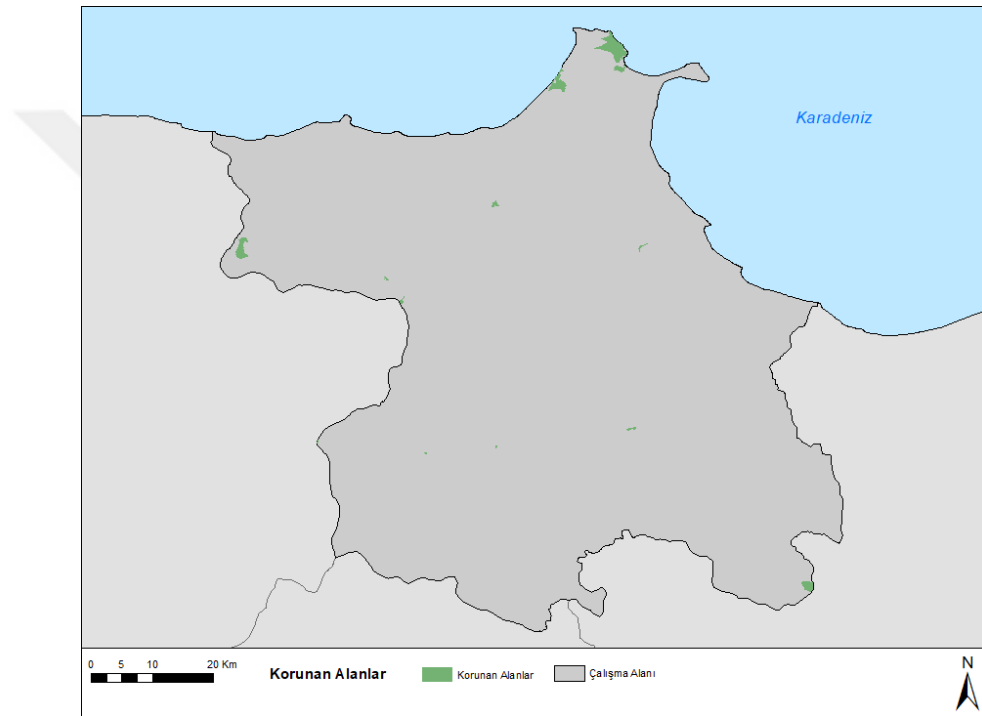
5.4.4 Korunan Alanlara Uzaklık

Katı atık depolama alanları korunan alanlardan uzakta olmalıdır. Korunan alanlar, çevre ve ekoloji açısından önemlidir. Katı atık depolama alanının korunan alanlardan 1000 m uzaklıkta olması uygundur [1]. Öklid mesafe yöntemi kullanılarak uzaklıklar hesaplanıp sınıflara ayrılmış ve her sınıfa karşılık uygunluk derecesi belirlenmiştir (Tablo 5.6). Sonrasında, Sinop ili korunan alanlar haritası (Şekil 5.8) ve Sinop ili korunan alanlara uzaklık yeniden sınıflandırma haritası (Şekil 5.9) oluşturulmuştur.

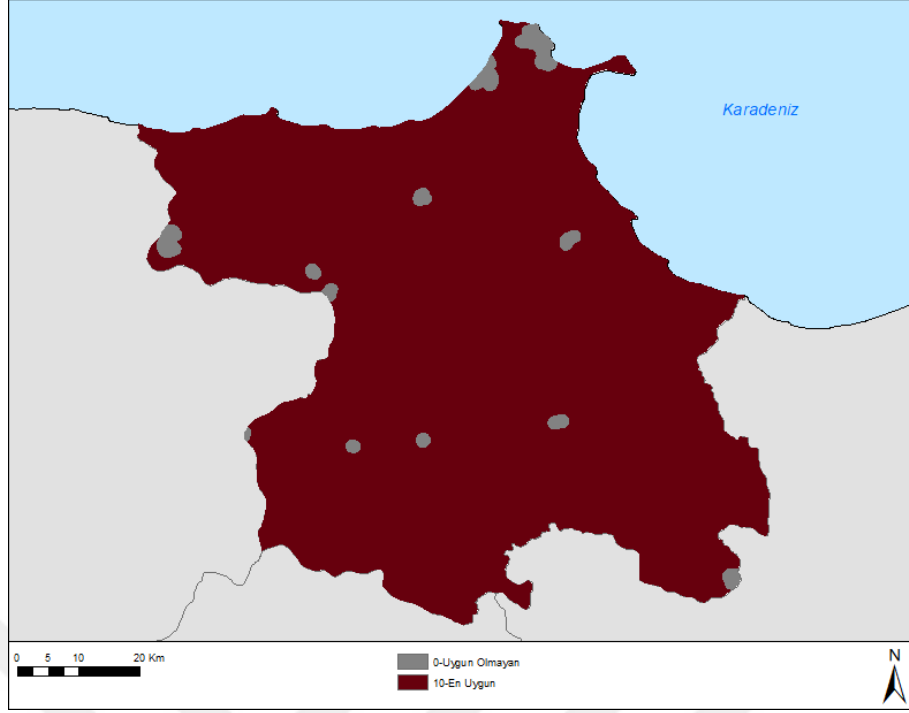
Sinop ilinde bulunan korunan alanlar şunlardır: Sarıkum tabiat koruma alanı, Hamsilos koyu tabiat parkı, Topalçam tabiat parkı, Buzluk tabiat parkı, Tatlıca tabiat parkı, Çatak Kanyonu tabiat parkı, İnaltı Mağarası tabiat parkı, Akgöl tabiat parkı, Şahinkaya Kanyonu tabiat parkı, Aksaz Sazlıkları sulak alanı, Sorkun Şelaleleri tabiat anıtı, Görkemli Meşe tabiat anıtı, Kızılca Elmalı meşesi tabiat anıtı, Bazalt Kayalıkları tabiat anıtı, Bozburun yaban hayatı geliştirme sahası, Elekdağ yaban hayatı geliştirme sahası.

Tablo 5.6 Korunan alanlara uzaklık kriterine ait sınıflar ve uygunluk dereceleri

Korunan Alanlara Uzaklık Sınıfları	Uygunluk Derecesi
0-1000	0
>1000	10



Şekil 5.8 Sinop ili korunan alanlar haritası



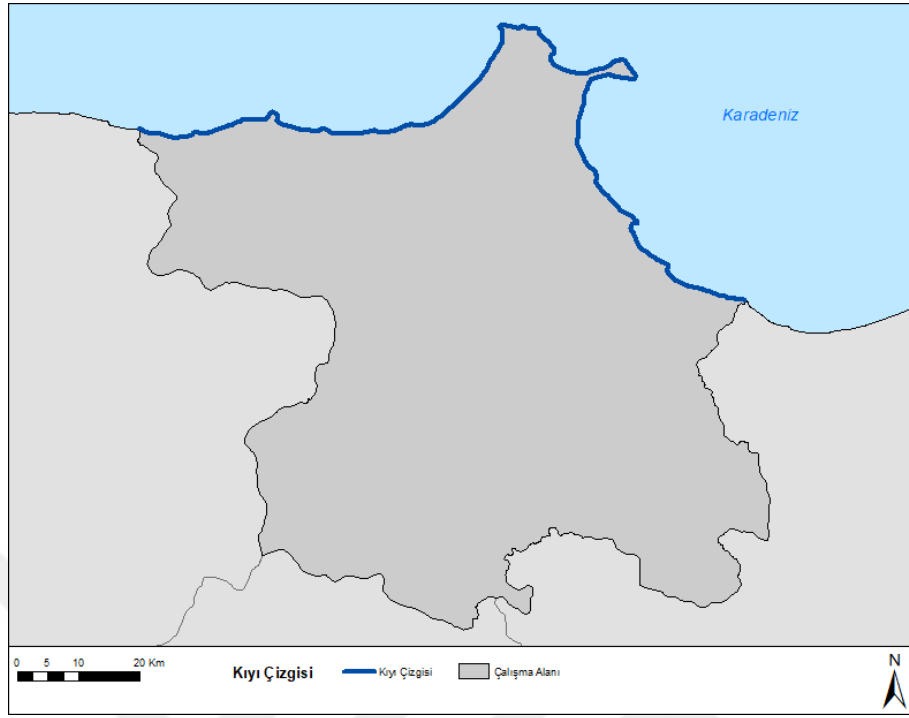
Şekil 5.9 Sinop ili korunan alanlara uzaklık yeniden sınıflandırma haritası

5.4.5 Kıyı Çizgisine Uzaklık

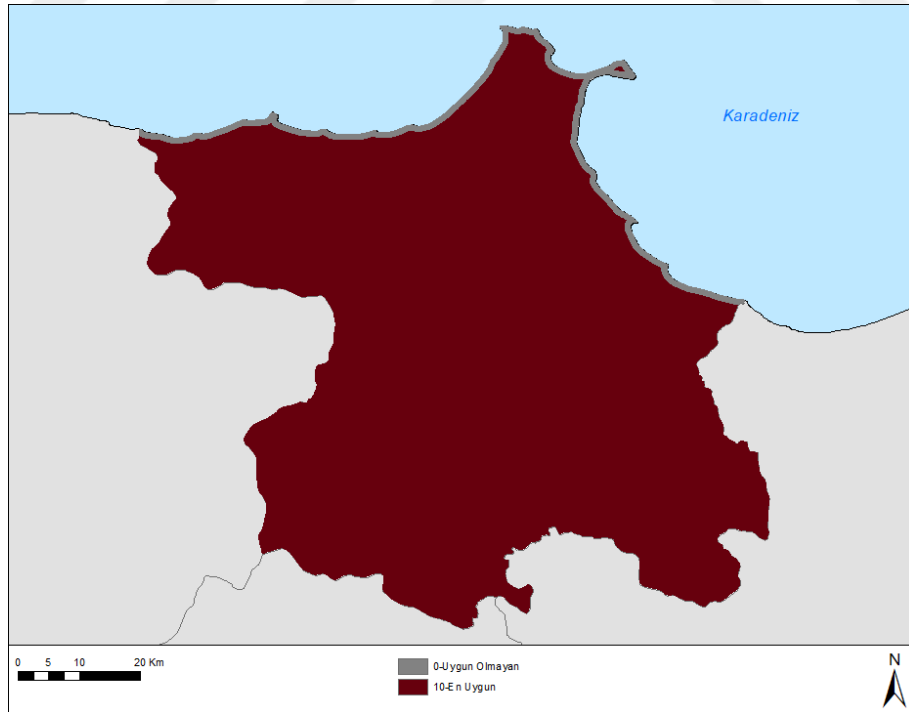
Yüzey sularından uzakta olması gerektiği ve ilin turizm potansiyelinin olumsuz etkilenmemesi için katı atık depolama alanları, kıyı çizgisinden uzakta olmalıdır. Ayrıca kıyı alanlarında yeraltı su seviyesi yüzeye yakındır ve nüfus bu bölgelerde yoğun olabilmektedir [7]. Bu kapsamda, Öklid mesafe yöntemi kullanılarak uzaklıklar hesaplanıp sınıflara ayrılmış ve her sınıfa karşılık uygunluk derecesi belirlenmiştir (Tablo 5.7). Sonrasında, Sinop ili kıyı çizgisi haritası (Şekil 5.10) ve Sinop ili kıyı çizgisine uzaklık yeniden sınıflandırma haritası oluşturulmuştur (Şekil 5.11).

Tablo 5.7 Kıyı çizgisine uzaklık kriterine ait sınıflar ve uygunluk dereceleri

Kıyı Çizgisine Uzaklık Sınıfları	Uygunluk Derecesi
0-1000	0
>1000	10



Şekil 5.10 Sinop ili kıyı çizgisi haritası



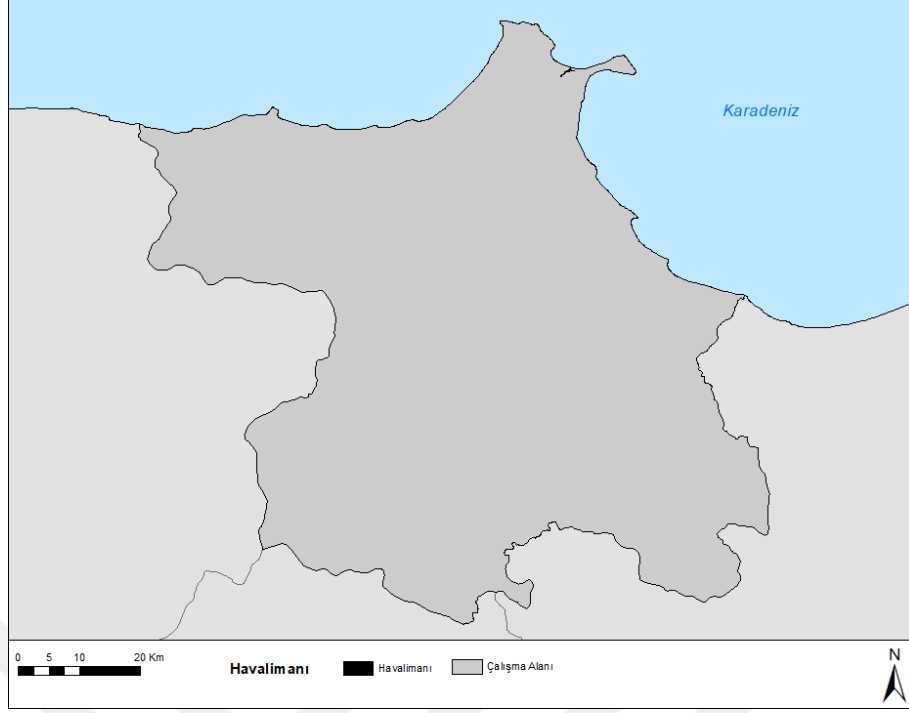
Şekil 5.11 Sinop ili kıyı çizgisine uzaklık yeniden sınıflandırma haritası

5.4.6 Havalimanına Uzaklık

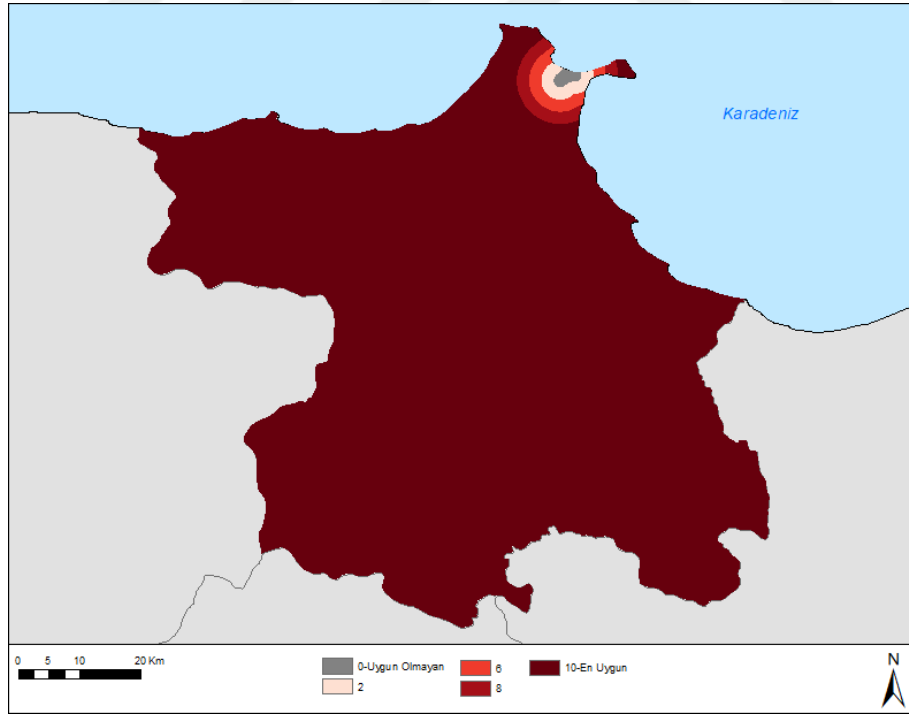
Havalimanı katı depolama alanı yer seçiminde dikkate alınır. Katı atık depolama alanları, kuş ve vahşi hayvanlar için çekici alanlardır. Bu durum uçuş güvenliği açısından tehlike oluşturabilir. Bu yüzden katı atık depolama alanları havalimanlarından uzakta olmalıdır [1]. Çalışma alanında bir tane havalimanı bulunmaktadır. Öklid mesafe yöntemi kullanılarak uzaklıklar hesaplanıp sınıflara ayrılmış ve her sınıfa karşılık uygunluk derecesi belirlenmiştir (Tablo 5.8). Sonrasında, Sinop ili havalimanı haritası (Şekil 5.12) ve Sinop ili havalimanına uzaklık yeniden sınıflandırma haritası (Şekil 5.13) oluşturulmuştur.

Tablo 5.8 Havalimanı uzaklık kriterine ait sınıflar ve uygunluk dereceleri

Havalimanına Uzaklık Sınıfları	Uygunluk Derecesi
0-1000	0
1000-3000	2
3000-5000	6
5000-7000	8
>7000	10



Şekil 5.12 Sinop ili havalimanı haritası



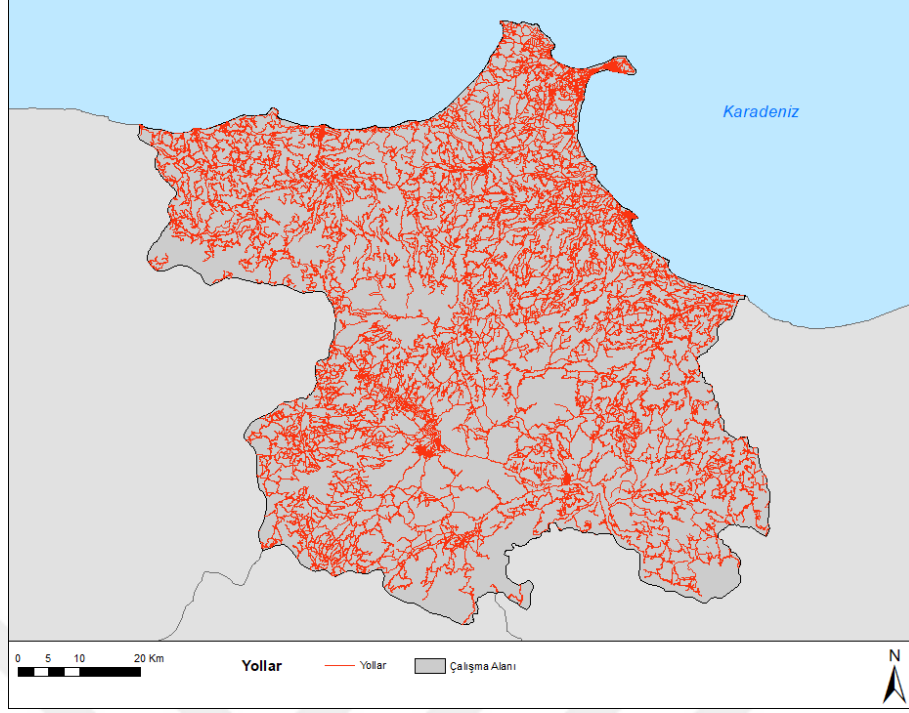
Şekil 5.13 Sinop ili havalimanına uzaklık yeniden sınıflandırma haritası

5.4.7 Yollara Uzaklık

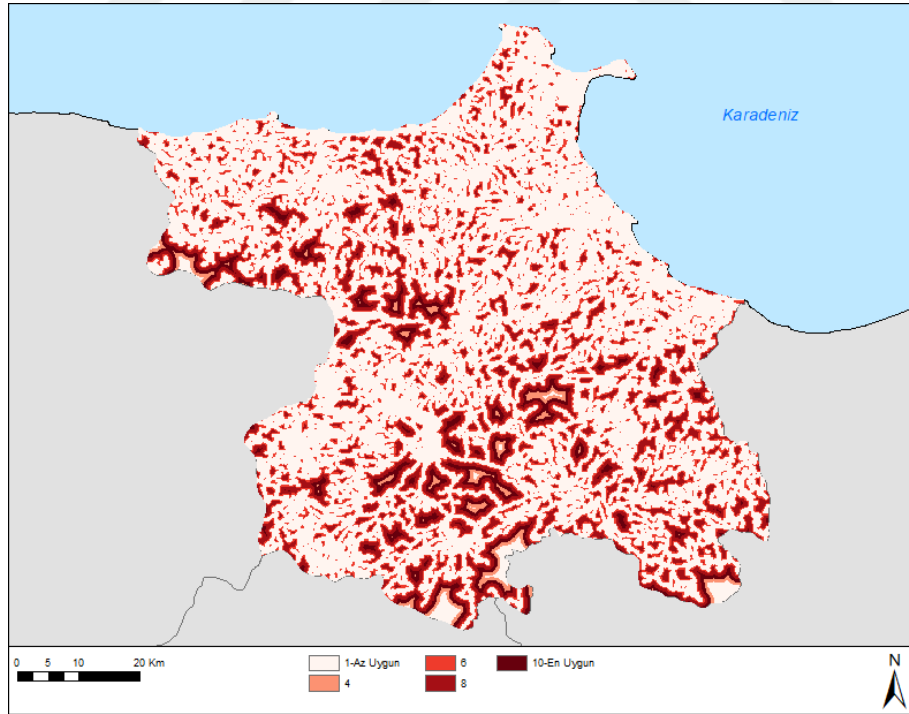
Katı atık depolama alanı için yapılacak yeni yollar, taşıma maliyetinin artmaması için mevcut yollardan çok uzakta olmamalıdır. Ancak yollara çok yakın inşa edilmesi durumunda katı atık depolama alanları koku ve peyzaj açısından sorun olmaktadır. Bu yüzden katı atık depolama alanları yollara ne çok yakın ne çok uzak olmalıdır [2]. Bu durumlar göz önüne alınarak derecelendirme yapılmıştır. Öklid mesafe yöntemi kullanılarak uzaklıklar hesaplanıp sınıflara ayrılmış ve her sınıfa karşılık uygunluk derecesi belirlenmiştir (Tablo 5.9). Sonrasında, Sinop ili yollar haritası (Şekil 5.14) ve Sinop ili yollara uzaklık yeniden sınıflandırma haritası (Şekil 5.15) oluşturulmuştur.

Tablo 5.9 Yollara uzaklık kriterine ait sınıflar ve uygunluk dereceleri

Yollara Uzaklık Sınıfları	Uygunluk Derecesi
0-300	1
300-500	6
500-1000	8
1000-1500	10
1500-2000	4
>2000	1



Şekil 5.14 Sinop ili yollar haritası



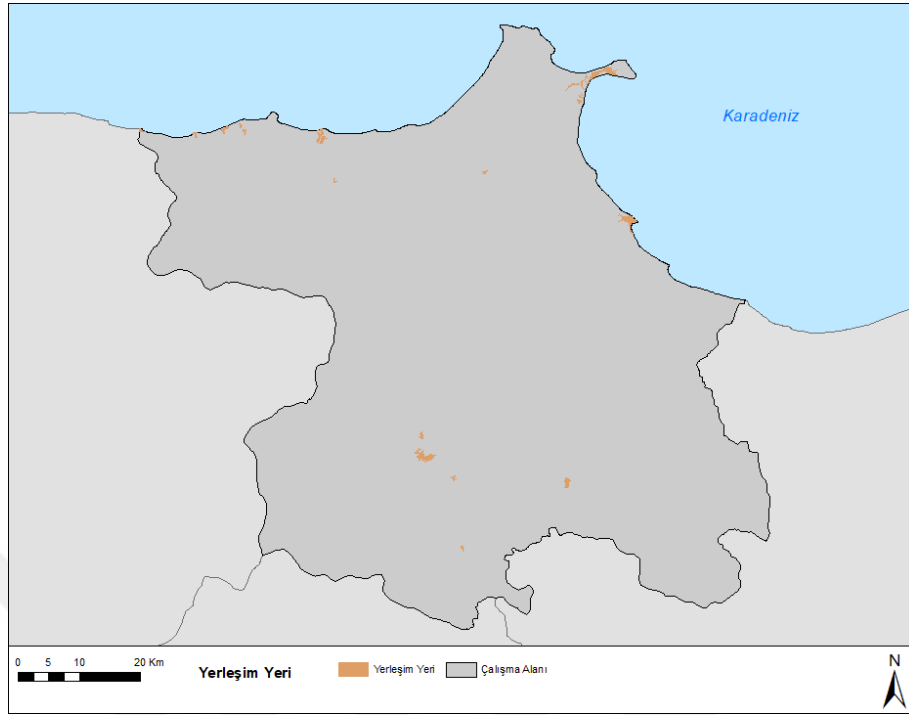
Şekil 5.15 Sinop ili yollara uzaklık yeniden sınıflandırma haritası

5.4.8 Yerleşim Alanlarına Uzaklık

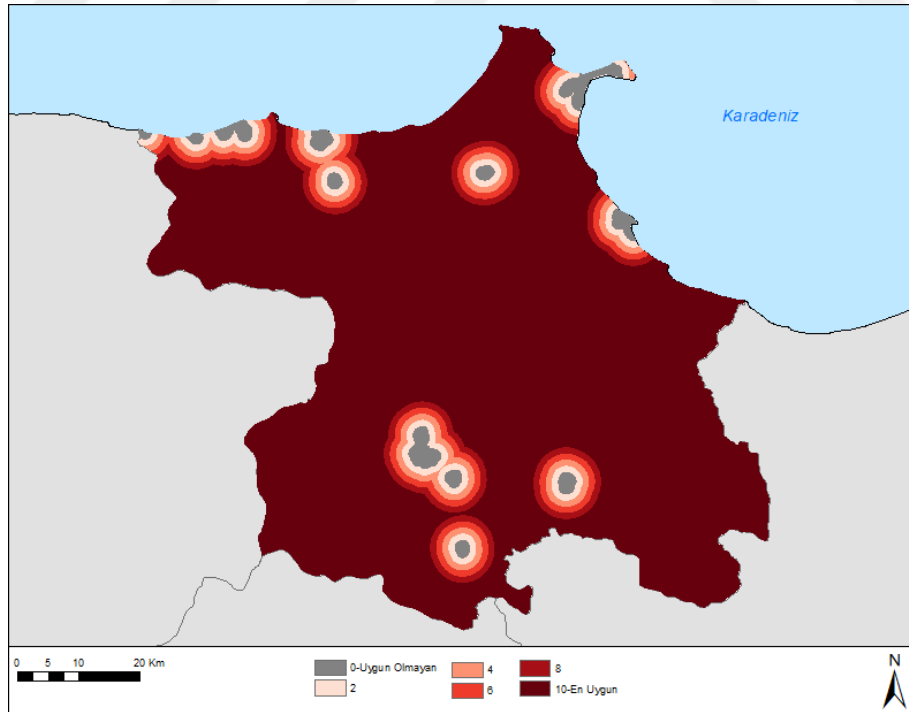
Katı atık depolama alanları, kötü koku ve estetik olmayan görüntüler gibi çevresel birçok sorun teşkil etmektedir. Atıkların düzenli depolanmasına ait yönetmelikte I. sınıf düzenli depolama tesisleri için yerleşim alanlarına uzaklık en az 1 km, II. sınıf ve III. sınıf düzenli depolama tesisleri için ise en az 250 m olmak zorundadır [21]. Yerleşim alanlarının 0-1000 metre arasında katı atık depolama alanı için uygun olmayacağı değerlendirilmiştir. Öklid mesafe yöntemi kullanılarak uzaklıklar hesaplanıp sınıflara ayrılmış ve her sınıfa karşılık uygunluk derecesi belirlenmiştir (Tablo 5.10). Sinop ili yerleşim alanları haritası (Şekil 5.16) ve Sinop ili yerleşim alanlarına uzaklık yeniden sınıflandırma haritası (Şekil 5.17) oluşturulmuştur.

Tablo 5.10 Yerleşim alanlarına uzaklık ait sınıflar ve uygunluk dereceleri

Yerleşim Alanlarına Uzaklık Sınıfları	Uygunluk Derecesi
0-1000	0
1000-2000	2
2000-3000	4
3000-4000	6
4000-5000	8
>5000	10



Şekil 5.16 Sinop ili yerleşim alanları haritası



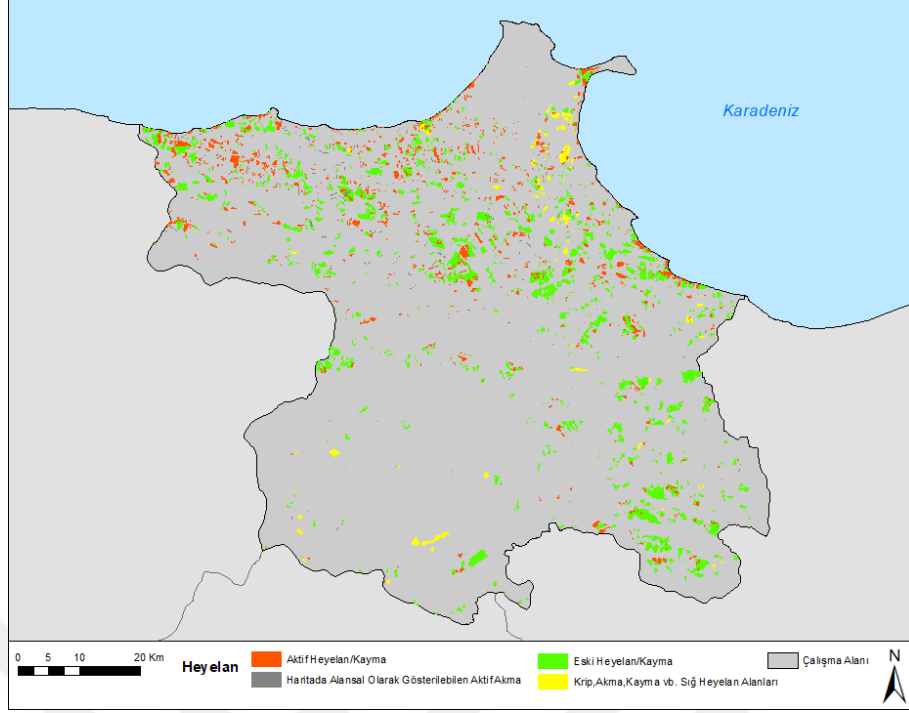
Şekil 5.17 Sinop ili yerleşim alanlarına uzaklık yeniden sınıflandırma haritası

5.4.9 Heyelan Alanları

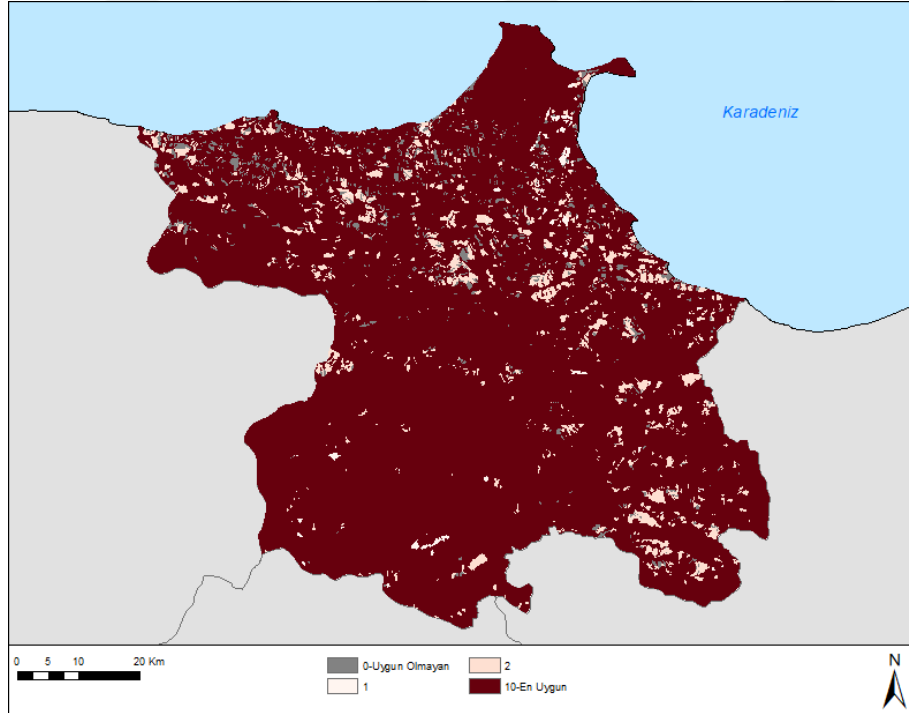
Yönetmelikte katı atık depolama alanları için yer seçimi yapılırken heyelan alanlarının dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir [21]. Aktif heyelan alanları uygun olmayan alanlar olarak kısıtlanmıştır [16]. Heyelan verisi, raster formata dönüştürülmüş ve her sınıfa karşılık uygunluk derecesi belirlenmiştir (Tablo 5.11). Sonrasında, Sinop ili heyelan alanları haritası (Şekil 5.18) ve Sinop ili heyelan alanları yeniden sınıflandırma haritası oluşturulmuştur (Şekil 5.19).

Tablo 5.11 Heyelan alanları kriterine ait sınıflar ve uygunluk dereceleri

Heyelan Alanları Sınıfları		Uygunluk Derecesi
Aktif Heyelan/Kayma	Aktif	0
Eski Heyelan/Kayma	Aktif Değil	2
Haritada Alansal Olarak Gösterilebilen Aktif Akma	Aktif	1
Krip, akma, kayma vb. Sığ Heyelan Alanları	Aktif	1



Şekil 5.18 Sinop ili heyelan alanları haritası



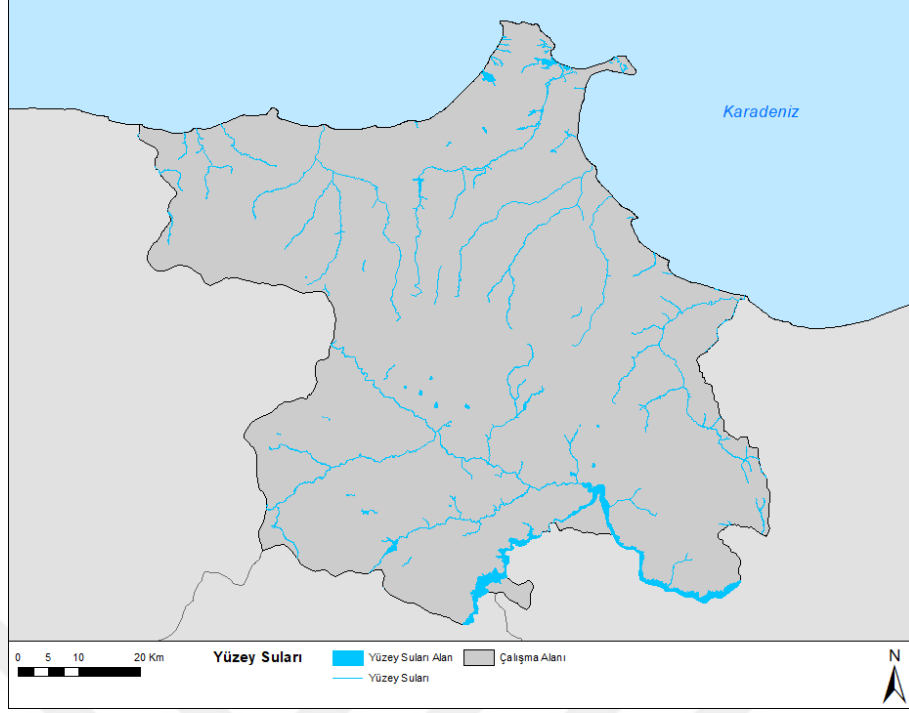
Şekil 5.19 Sinop ili heyelan alanları yeniden sınıflandırma haritası

5.4.10 Yüzey Sularına Uzaklık

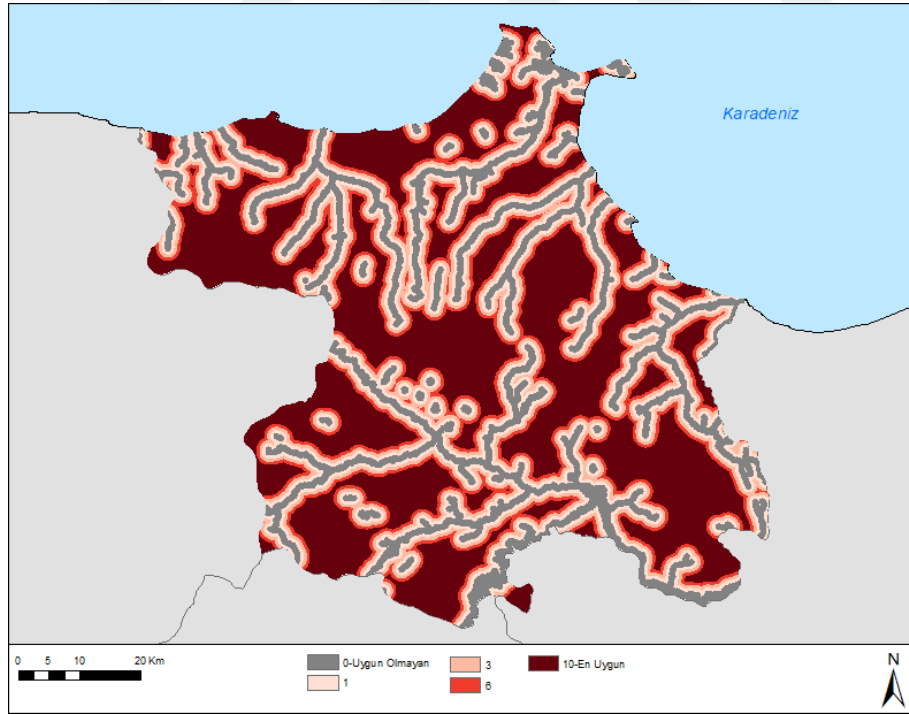
Çevreyi olumsuz etkilerden korumak için katı atık depolama alanları yüzey sularından uzakta olmalıdır. Depolama alanlarında sızıntı olabilmesi nedeniyle yüzey suları kirlenebilir. Yönetmelikte depolama alanlarının yüzey sularından uzakta olması gerektiği belirtilmiştir [21]. Depolama alanlarının 0-500 m arasında konumlandırılmasının uygun olmayacağı göz önüne alınarak derecelendirme yapılmıştır. Bu kapsamda, Öklid mesafe yöntemi kullanılarak uzaklıklar hesaplanıp sınıflara ayrılmış ve her sınıfa karşılık uygunluk derecesi belirlenmiştir (Tablo 5.12). Sonrasında, Sinop ili yüzey suları haritası (Şekil 5.20) ve Sinop ili yüzey sularına uzaklık yeniden sınıflandırma haritası (Şekil 5.21) oluşturulmuştur.

Tablo 5.12 Yüzey sularından uzaklık kriterine ait sınıflar ve uygunluk dereceleri

Yüzey Sularına Uzaklık Sınıfları	Uygunluk Derecesi
0-500	0
500-1000	1
1000-1500	3
1500-2000	6
>2000	10



Şekil 5.20 Sinop ili yüzey suları haritası



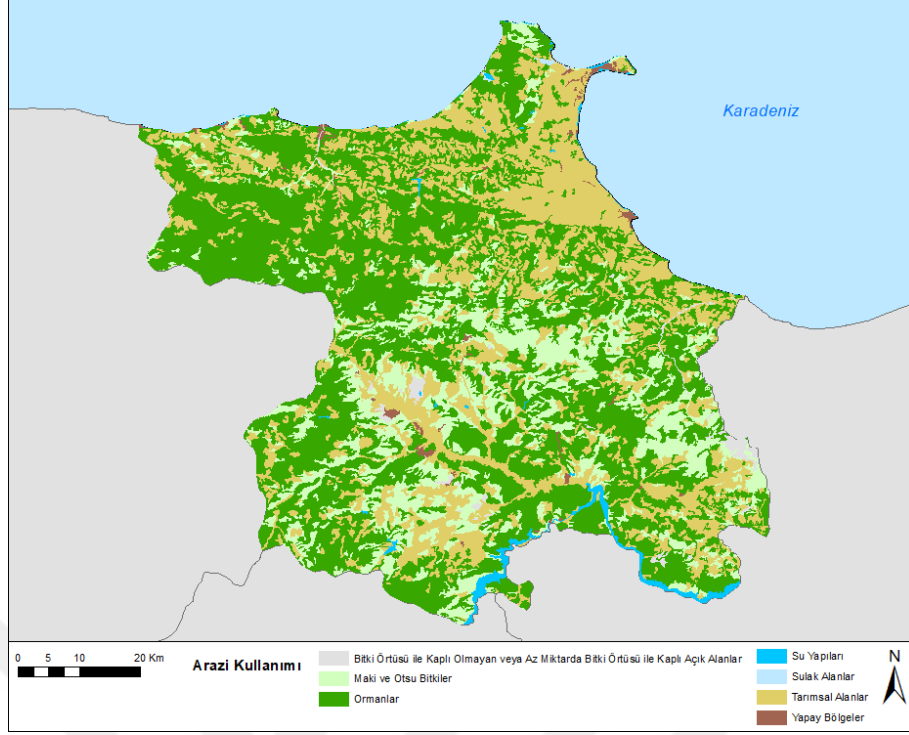
Şekil 5.21 Sinop ili yüzey sularına uzaklık yeniden sınıflandırma haritası

5.4.11 Arazi Kullanımı

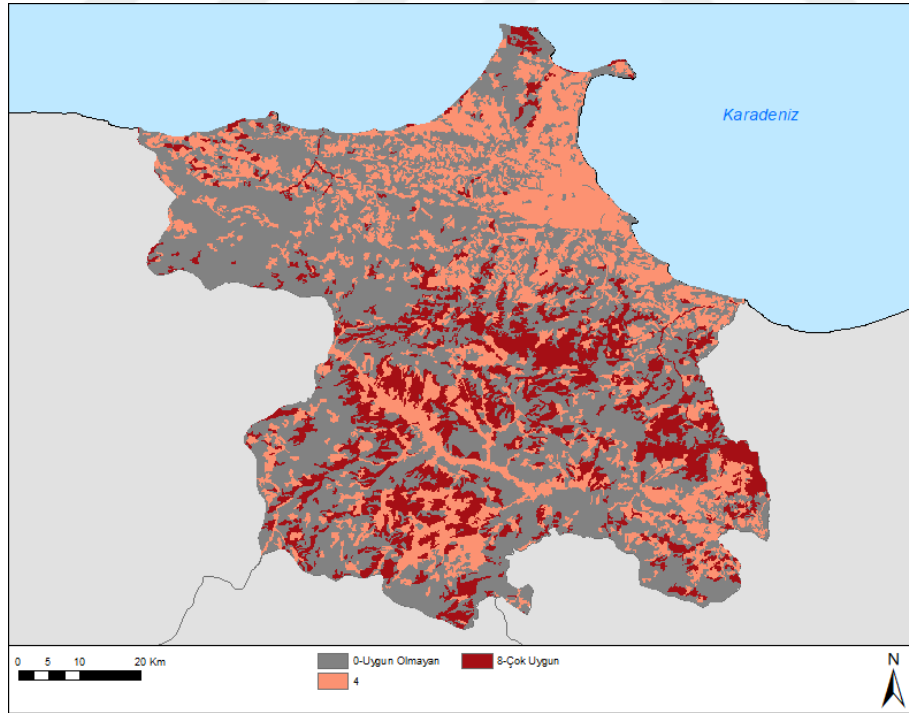
Ormanlık alanlar, yapay bölgeler, sulak alanlar ve su yapıları uygun olmayan alanlar olarak değerlendirilmiştir. Maki ve bitki örtüsü ile kaplı olmayan veya az miktarda bitki örtüsü ile kaplı açık alanların daha uygun olacağı değerlendirilmiştir. Buna göre, arazi kullanımı sınıflarına karşılık uygunluk derecesi belirlenmiştir (Tablo 5.13). Sonrasında, Sinop ili arazi kullanımı haritası (Şekil 5.22) ve Sinop ili arazi kullanımı yeniden sınıflandırma haritası (Şekil 5.23) oluşturulmuştur.

Tablo 5.13 Arazi kullanımı kriterine ait sınıflar ve uygunluk dereceleri

Arazi Kullanımı Sınıfları		Uygunluk Derecesi
Yapay Bölgeler		0
Tarımsal Alanlar		4
Orman ve yarı doğal alanlar	Ormanlar	0
	Maki ve Otsu Bitkiler	8
	Bitki Örtüsü ile Kaplı Olmayan veya Az Miktarda Bitki Örtüsü ile Kaplı Açık Alanlar	8
Sulak Alanlar		0
Su Yapıları		0



Şekil 5.22 Sinop ili arazi kullanımı haritası



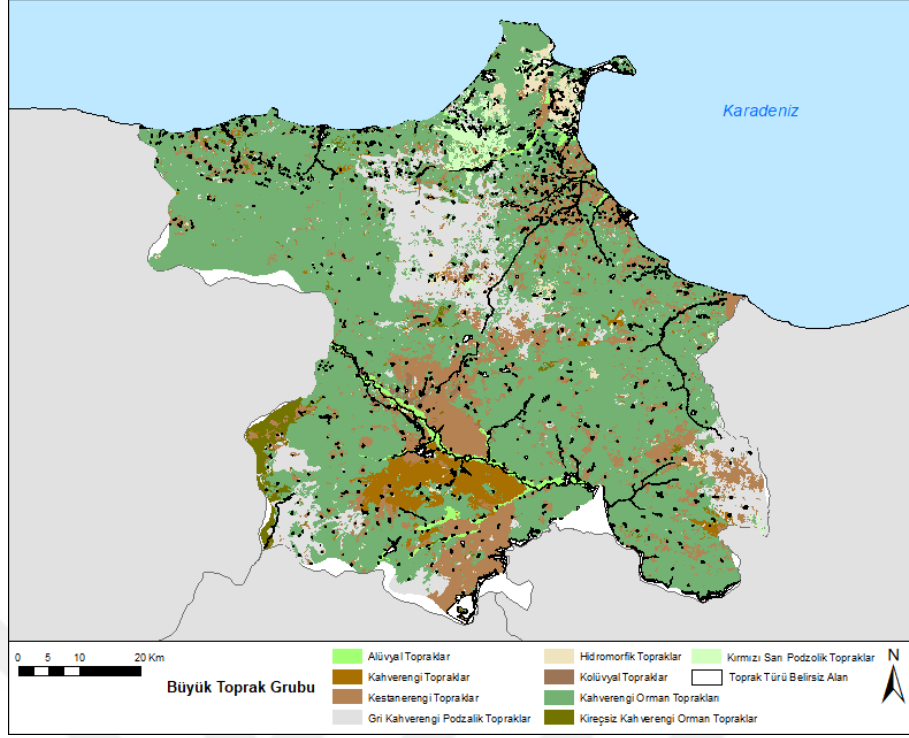
Şekil 5.23 Sinop ili arazi kullanımı yeniden sınıflandırma haritası

5.4.12 Toprak Türü

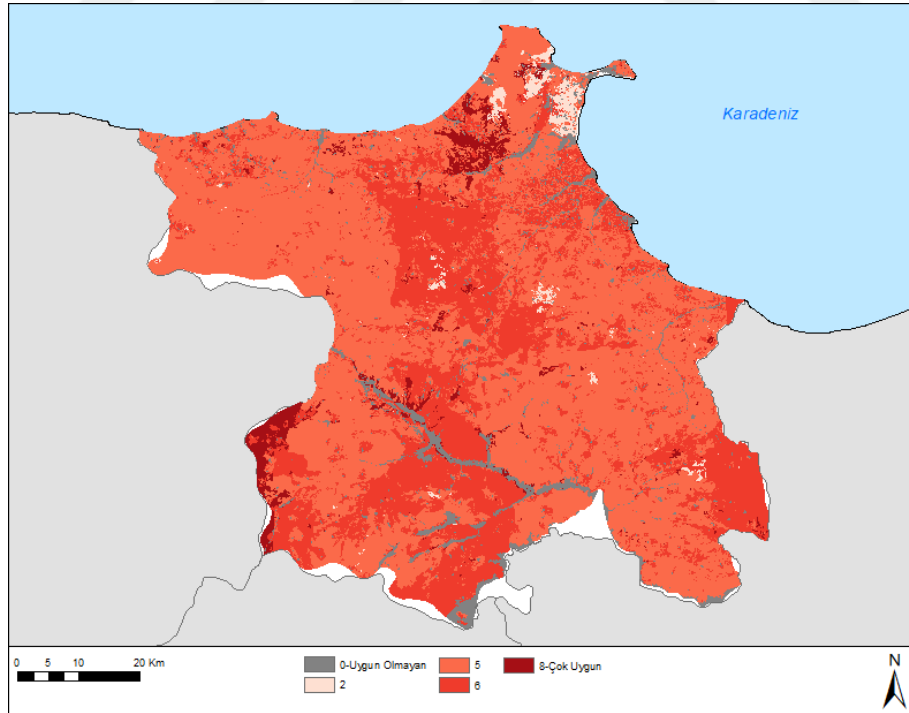
Toprak türü, oluşabilecek sızıntı açısından dikkate alınmalıdır. Katı atık depolama alanlarında toprak geçirgenlikleri sızıntı miktarını etkilemektedir. Alüvyal topraklar, akarsular tarafından taşınan geçirgenlikleri yüksek mineral ve organik madde olarak zengin yerlerdir. Hidromorfik toprak türü taban su seviyesi yüksek olan sulak alanlar ve bataklık olan alanlarda bulunur. Kolüvyal toprak türü taşınan çeşitli malzemelerin dağ yamaçlarında birikmesiyle olan eğimli yamaçlarda bulunur. Bu toprak türleri katı atık depolama sahası için çok uygun değildir. Çalışma alanının toprak türü derecelendirilmesinde, literatür araştırması ve uzman görüşlerinden yararlanılmıştır. Toprak sınıflarına karşılık uygunluk derecesi belirlenmiştir (Tablo 5.14). Sonrasında, Sinop ili büyük toprak grubu haritası (Şekil 5.24) ve Sinop ili büyük toprak grubu yeniden sınıflandırma haritası (Şekil 5.25) oluşturulmuştur.

Tablo 5.14 Toprak türü kriterine ait sınıflar ve uygunluk dereceleri

Toprak Türü Sınıfları	Uygunluk Derecesi
Alüvyal Topraklar	0
Kahverengi Topraklar	6
Kestanerengi Topraklar	6
Gri Kahverengi Podzalik Topraklar	6
Hidromorfik Topraklar	2
Kolüvyal Topraklar	2
Kahverengi Orman Toprakları	5
Kireçsiz Kahverengi Orman Topraklar	8
Kırmızı Sarı Podzolik Topraklar	8



Şekil 5.24 Sinop ili büyük toprak grubu haritası



Şekil 5.25 Sinop ili büyük toprak grubu yeniden sınıflandırma haritası

5.4.13 Jeolojik Formasyon

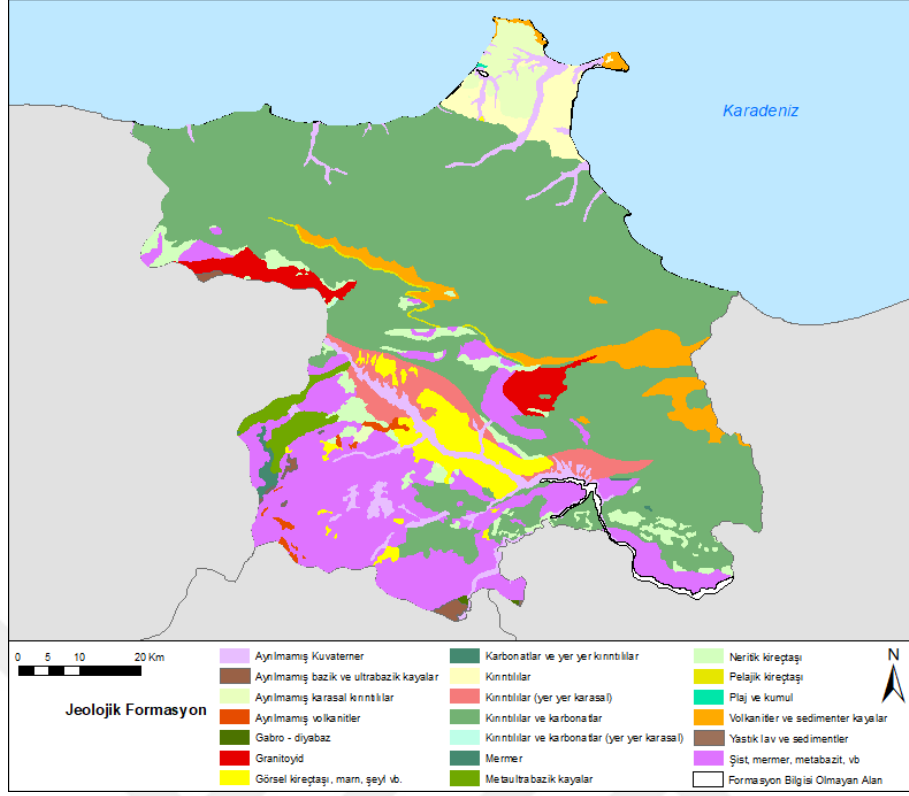
Katı atık depolama tesisleri, geçirgenlik açısından az olan yerler üzerine yapılmalıdır. Volkanik özellikli kayalar, su geçirgenlikleri daha az olduğundan depolama alanları için daha uygun yerlerdir. Mermerler de su geçirgenlikleri düşük olduğundan depolama alanları için uygun yerlerdir. Geçirgenlikler ile ilgili olarak literatürdeki çalışmalardan ve uzman görüşlerden yararlanılmış ve her sınıfa karşılık uygunluk derecesi belirlenmiştir (Tablo 5.15). Sonrasında, Sinop ili jeolojik formasyon haritası (Şekil 5.26) ve jeolojik formasyon yeniden sınıflandırma haritası (Şekil 5.27) oluşturulmuştur.

Tablo 5.15 Jeolojik formasyon kriterine ait sınıflar ve uygunluk dereceleri

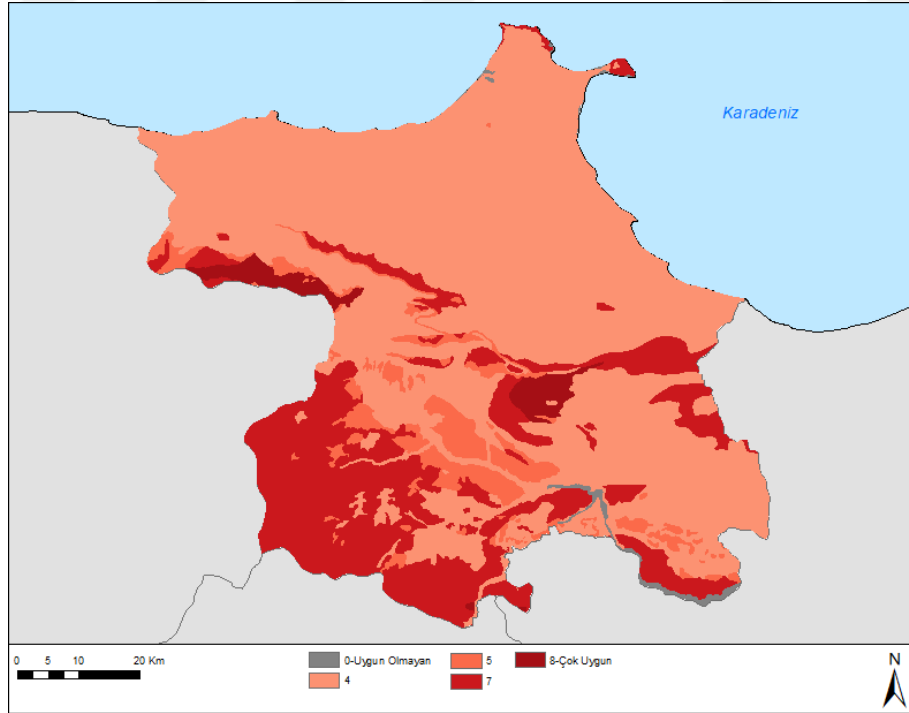
Jeolojik Formasyon Sınıfları	Uygunluk Derecesi
Ayrılmamış Kuvaterner	4
Ayrılmamış bazik ve ultrabazik kayalar	7
Ayrılmamış karasal kırıntılılar	4
Ayrılmamış volkanitler	7
Gabro - diyabaz	8
Granitoyid	8
Görsel kireçtaşı, marn, şeyl vb.	5
Karbonatlar ve yer yer kırıntılılar	4
Kırıntılılar	4
Kırıntılılar (yer yer karasal)	4
Kırıntılılar ve karbonatlar	4
Kırıntılılar ve karbonatlar (yer yer karasal)	4

Tablo 5.15 Jeolojik Formasyon kriterine ait sınıflar ve uygunluk dereceleri
(devamı)

Mermer	7
Metaultrabazik kayalar	7
Neritik kireçtaşı	5
Pelajik kireçtaşı	5
Plaj ve kumul	0
Volkanitler ve sedimenter kayalar	7
Yastık lav ve sedimentler	7
Şist, mermer, metabazit, vb	7



Şekil 5.26 Sinop ili jeolojik formasyon haritası



Şekil 5.27 Sinop ili jeolojik formasyon yeniden sınıflandırma haritası

5.5 Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile Ağırlıkların Belirlenmesi

En uygun katı atık depolama alanı yer seçimi için 13 kriter belirlenmiştir. Bu kriterler literatürde yapılan çalışmalar, yönetmelikler ve uzman görüşleri yardımıyla değerlendirilerek ve üçgensel bulanık sayılar kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur (Tablo 5.16). İkili karşılaştırma matrisi kullanılarak kriterlerin bulanık geometrik ortalamaları elde edilmiştir. Sonrasında kriterlerin bulanık ağırlıkları ve ardından durulaştırılmış ağırlıkları hesaplanmıştır (Eşitlik 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13). Hesaplanan değerler tablo 5.17’ de gösterilmiştir.

Tablo 5.16 Bulanık sayılarla oluşturulan karşılaştırma matrisi

Kriter	YS	AK	B	E	DFH	HU	JF	KÇ	KA	T	YA	Y	H
YS	1	3	6	4	2	5	3	1	1	3	1	5	5
	1	4	7	5	3	6	4	1	2	4	1	6	6
	1	5	8	6	4	7	5	1	3	5	1	7	7
AK	1/5	1	5	2	1/5	3	1	1/5	1/3	1	1/5	3	4
	1/4	1	6	3	1/4	4	2	1/4	1/2	2	1/4	4	5
	1/3	1	7	4	1/3	5	3	1/3	1	3	1/3	5	6
B	1/8	1/7	1	1/6	1/8	1/5	1/7	1/8	1/8	1/7	1/8	1/5	1/4
	1/7	1/6	1	1/5	1/7	1/4	1/6	1/7	1/7	1/6	1/7	1/4	1/3
	1/6	1/5	1	1/4	1/6	1/3	1/5	1/6	1/6	1/5	1/6	1/3	1/2
E	1/6	1/4	4	1	1/6	1	1/4	1/6	1/5	1/4	1/6	1	2
	1/5	1/3	5	1	1/5	2	1/3	1/5	1/4	1/3	1/5	2	3
	1/4	1/2	6	1	1/4	3	1/2	1/4	1/3	1/2	1/4	3	4
DFH	1/4	3	6	4	1	5	1	1/4	1/4	1	1/4	2	4
	1/3	4	7	5	1	6	2	1/3	1/3	2	1/3	3	5
	1/2	5	8	6	1	7	3	1/2	1/2	3	1/2	4	6
HU	1/7	1/5	3	1/3	1/7	1	1/5	1/7	1/5	1/5	1/7	1	2
	1/6	1/4	4	1/2	1/6	1	1/4	1/6	1/4	1/4	1/6	2	3
	1/5	1/3	5	1	1/5	1	1/3	1/5	1/3	1/3	1/5	3	4
JF	1/5	1/3	5	2	1/3	3	1	1/5	1/4	1	1/5	3	4
	1/4	1/2	6	3	1/2	4	1	1/4	1/3	2	1/4	4	5
	1/3	1	7	4	1	5	1	1/3	1/2	3	1/3	5	6
KÇ	1	3	6	4	2	5	3	1	1	3	1	5	5
	1	4	7	5	3	6	4	1	2	4	1	6	6
	1	5	8	6	4	7	5	1	3	5	1	7	7
KA	1/3	1	6	3	2	3	2	1/3	1	2	1/3	4	4
	1/2	2	7	4	3	4	3	1/2	1	3	1/2	5	5
	1	3	8	5	4	5	4	1	1	4	1	6	6

Tablo 5.16 Bulanık sayılarla oluşturulan karşılaştırma matrisi (devamı)

T	1/5 1/4 1/3	1/3 1/2 1	5 6 7	2 3 4	1/3 1/2 1	3 4 5	1/3 1/2 1	1/5 1/4 1/3	1/4 1/3 1/2	1 1 1	1/5 1/4 1/3	3 4 5	4 5 6
YA	1 1 1	3 4 5	6 7 8	4 5 6	2 3 4	5 6 7	3 4 5	1 1 1	1 2 3	3 4 5	1 1 1	5 6 7	5 6 7
Y	1/7 1/6 1/5	1/5 1/4 1/3	3 4 5	1/3 1/2 1	1/4 1/3 1/2	1/3 1/2 1	1/5 1/4 1/3	1/7 1/6 1/5	1/6 1/5 1/4	1/5 1/4 1/3	1/7 1/6 1/5	1 1 1	1 2 3
H	1/7 1/6 1/5	1/6 1/5 1/4	2 3 4	1/4 1/3 1/2	1/6 1/5 1/4	1/4 1/3 1/2	1/6 1/5 1/4	1/7 1/6 1/5	1/6 1/5 1/4	1/6 1/5 1/4	1/7 1/6 1/5	1/3 1/2 1	1 1 1

YS: Yüzey Sularına Uzaklık, AK: Arazi Kullanımı, B: Bakı, E: Eğim, DFH: Diri Fay Hatlarına Uzaklık, HU: Havalimanına Uzaklık, JF: Jeolojik Formasyon, KÇ: Kıyı Çizgine Uzaklık, KA: Korunan Alanlara Uzaklık, T: Toprak Türü, YA: Yerleşim Alanlarına Uzaklık, Y: Yollara Uzaklık, H: Heyelan Alanları

Tablo 5.17 Hesap tablosu

Kriter	Kriterlerin bulanık geometrik ortalamalar			Kriterlerin bulanık ağırlıkları			Kriterlerin durulaştırılmış ağırlıkları	Kriterlerin normalize durulaştırılmış ağırlıkları
	l	m	u	l	m	u		
YS	2,516	3,142	3,704	0,108	0,170	0,259	0,179	0,165
AK	0,881	1,205	1,604	0,038	0,065	0,112	0,072	0,066
B	0,175	0,205	0,249	0,008	0,011	0,017	0,012	0,011
E	0,434	0,583	0,773	0,019	0,032	0,054	0,035	0,032
DFH	1,205	1,640	2,163	0,052	0,089	0,152	0,097	0,090
HU	0,353	0,455	0,596	0,015	0,025	0,042	0,027	0,025
JF	0,823	1,107	1,521	0,035	0,060	0,107	0,067	0,062
KÇ	2,516	3,142	3,704	0,108	0,170	0,259	0,179	0,165
KA	1,532	2,133	2,967	0,066	0,115	0,208	0,130	0,120
T	0,757	0,995	1,398	0,032	0,054	0,098	0,061	0,057
YA	2,516	3,142	3,704	0,108	0,170	0,259	0,179	0,165
Y	0,317	0,411	0,562	0,014	0,022	0,039	0,025	0,023
H	0,251	0,310	0,405	0,011	0,017	0,028	0,019	0,017

5.6 Tutarlılık Oranı Hesabı

BAHP yöntemiyle elde edilen ikili karşılaştırma matrisi Tablo 5.18’de gösterilmiştir. Tutarlılık oranı hesaplanırken karşılaştırma matrisi normalize edilmiştir. Normalize edilmiş karşılaştırma matrisi Tablo 5.19’da gösterilmiştir.

Tablo 5.18 İkili karşılaştırma matrisi

Kriter	YS	AK	B	E	DFH	HU	JF	KÇ	KA	T	YA	Y	H
YS	1	4	7	5	3	6	4	1	2	4	1	6	6
AK	1/4	1	6	3	1/4	4	2	1/4	1/2	2	1/4	4	5
B	1/7	1/6	1	1/5	1/7	1/4	1/6	1/7	1/7	1/6	1/7	1/4	1/3
E	1/5	1/3	5	1	1/5	2	1/3	1/5	1/4	1/3	1/5	2	3
DFH	1/3	4	7	5	1	6	2	1/3	1/3	2	1/3	3	5
HU	1/6	1/4	4	1/2	1/6	1	1/4	1/6	1/4	1/4	1/6	2	3
JF	1/4	1/2	6	3	1/2	4	1	1/4	1/3	2	1/4	4	5
KÇ	1	4	7	5	3	6	4	1	2	4	1	6	6
KA	1/2	2	7	4	3	4	3	1/2	1	3	1/2	5	5
T	1/4	1/2	6	3	1/2	4	1/2	1/4	1/3	1	1/4	4	5
YA	1	4	7	5	3	6	4	1	2	4	1	6	6
Y	1/6	1/4	4	1/2	1/3	1/2	1/4	1/6	1/5	1/4	1/6	1	2
H	1/6	1/5	3	1/3	1/5	1/3	1/5	1/6	1/5	1/5	1/6	1/2	1

Normalize ikili karşılaştırma matrisinin satır satır değer ortalaması alınarak ölçütlerin ağırlık değerleri (öncelikler vektörü) hesaplanmıştır. Öncelik vektörü Tablo 5.20’ de gösterilmiştir. Tutarlılık hesabı için ikili karşılaştırma matrisi ve öncelikler vektörünün çarpılmasıyla elde edilen matrisin öncelikler vektöründe kendisine karşılık olan elemana bölünmesiyle elde edilen vektörün elemanlarının ortalaması alınarak λ_{max} (maksimum özdeğer) hesaplanmıştır. Tutarlılık oranının 0.10 değerinden küçük olması kabul edilebilir olduğu göstermektedir (Eşitlik 4.1, 4.2, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 ve 4.8).

Tablo 5.19 Normalize ikili karşılaştırma matrisi

Kriter	YS	AK	B	E	DFH	HU	JF	KÇ	KA	T	YA	Y	H
YS	0,18	0,19	0,10	0,14	0,20	0,14	0,18	0,18	0,21	0,17	0,18	0,14	0,11
AK	0,05	0,05	0,09	0,08	0,02	0,09	0,09	0,05	0,05	0,09	0,05	0,09	0,10
B	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01
E	0,04	0,02	0,07	0,03	0,01	0,05	0,02	0,04	0,03	0,01	0,04	0,05	0,06
DFH	0,06	0,19	0,10	0,14	0,07	0,14	0,09	0,06	0,03	0,09	0,06	0,07	0,10
HU	0,03	0,01	0,06	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	0,03	0,01	0,03	0,05	0,06
JF	0,05	0,02	0,09	0,08	0,03	0,09	0,05	0,05	0,03	0,09	0,05	0,09	0,10
KÇ	0,18	0,19	0,10	0,14	0,20	0,14	0,18	0,18	0,21	0,17	0,18	0,14	0,11
KA	0,09	0,09	0,10	0,11	0,20	0,09	0,14	0,09	0,10	0,13	0,09	0,11	0,10
T	0,05	0,02	0,09	0,08	0,03	0,09	0,02	0,05	0,03	0,04	0,05	0,09	0,10
YA	0,18	0,19	0,10	0,14	0,20	0,14	0,18	0,18	0,21	0,17	0,18	0,14	0,11
Y	0,03	0,01	0,06	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01	0,03	0,02	0,04
H	0,03	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01	0,03	0,01	0,02

Tablo 5.20 Öncelik vektörü

Öncelik vektörü(w)
0,16
0,07
0,01
0,03
0,09
0,03
0,06
0,16
0,11
0,06
0,16
0,02
0,02

Tutarlılık oranı hesaplamaları Tablo 5.21’de gösterilmiştir.

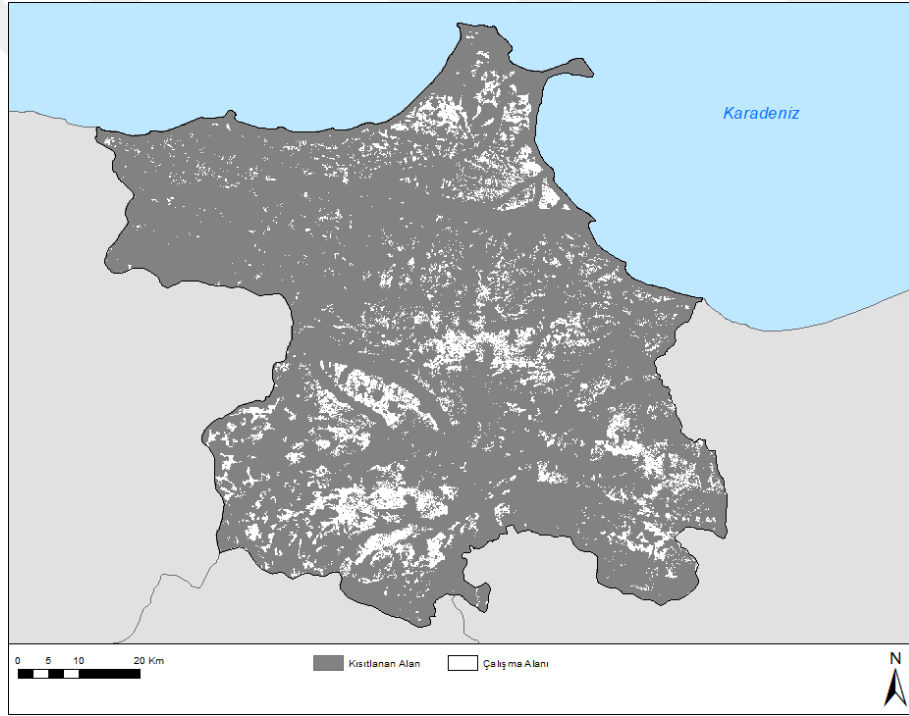
Tablo 5.21 Tutarlılık oranı hesaplamaları

λ_{max}	14,21
CI Tutarlılık İndeksi	0,10
RI Rastgele İndeksi	1,56
CR Tutarlılık Oranı	0,06

5.7 Bulgular

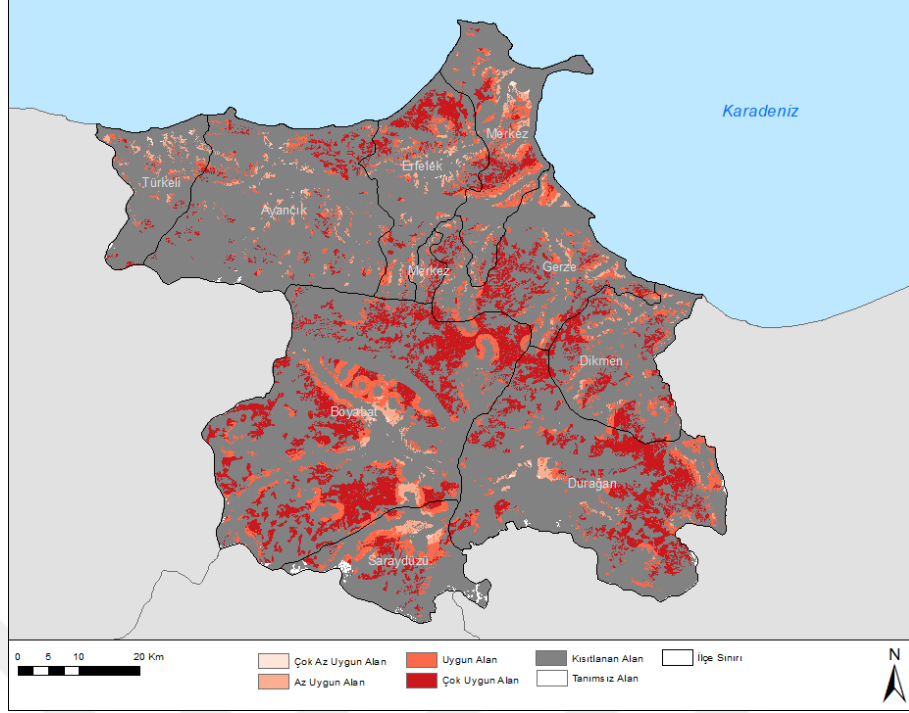
Çalışma alanında kriterlerin uygunluk derecelendirmesinde 0 değeri atanan sınıflar, uygun olmayan yerler olarak belirlenmiştir. Bu alanlar kısıtlanan alandır ve çalışma alanının yaklaşık %75'ini kapsamaktadır (Şekil 5.28).

Kısıtlanan alanlar şunlardır: Ormanlar, yapay bölgeler ve sulak alanlar, alüvyal topraklar, aktif heyelan alanları, yüzey sularına uzaklık 0-500 m, korunan alanlara uzaklık 0-1000 m, kıyı çizgisine uzaklık 0-1000 m, eğim $> 20^\circ$, fay hatlarına uzaklık 0-1000 m, yerleşim alanlarına uzaklık 0-1000 m, havalimanına uzaklık 0-1000 m.



Şekil 5.28 Kısıtlanan alanlar haritası

Kriterlerin BAHP yöntemiyle hesaplanan ağırlıkları dikkate alınarak, yeniden sınıflandırılmış raster haritalar, ağırlıklı toplama işlemiyle birleştirilmiş ve ardından kısıtlanan alanlar çıkarıldıktan sonra çalışma alanının uygunluk haritası elde edilmiştir (Şekil 5.29). Uygunluk haritasındaki sınıflar şunlardır: Kısıtlanan alan, çok az uygun alan, az uygun alan, uygun alan, çok uygun alan ve tanımsız alan.

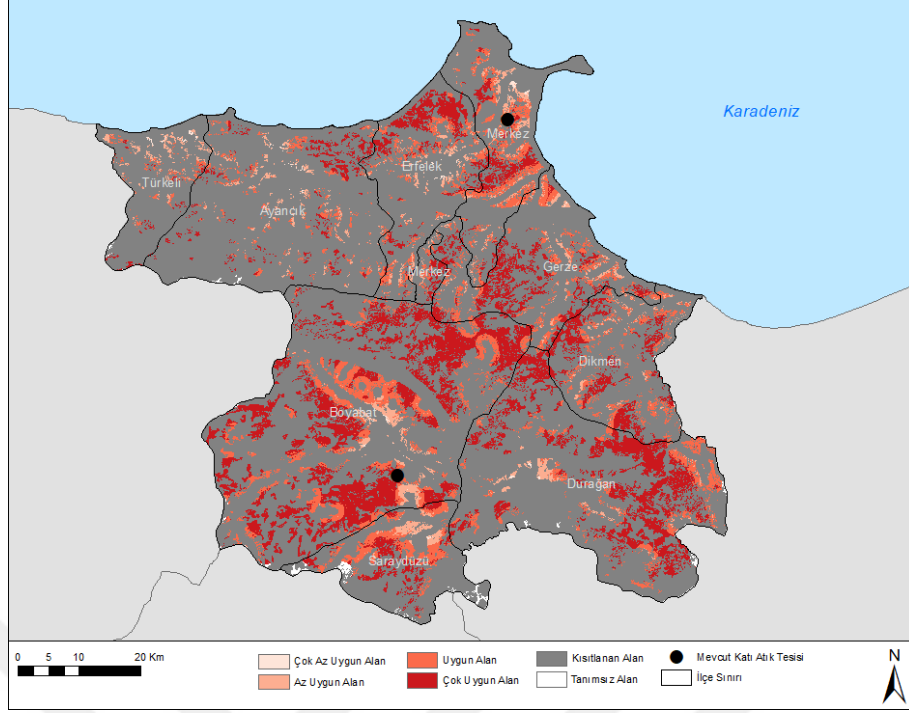


Şekil 5.29 Katı atık depolama alanı yeri uygunluk haritası

Tablo 5.22 Sınıfların bilgileri

Sınıflar	Yüzölçümü (km ²)	Yüzde (%)
Kısıtlanan alan	4259,10	74,46
Çok az uygun	6,77	0,12
Az uygun	144,50	2,53
Uygun	475,76	8,32
Çok uygun	818,88	14,32
Tanımsız alan	14,92	0,26

Çalışma bölgesinin %74,46'sı kısıtlanan alan, %0,12'si çok az uygun alan, %2,53'ü az uygun alan, %8,32'si uygun alan, %14,32'si uygun alan ve %0,26'sı tanımsız alan olarak tespit edilmiştir (Tablo 5.22)



Şekil 5.30 Uyumluk haritası ve mevcut katı atık depolama alanları

Çalışma alanına bulunan katı atık tesisleri iki adettir (Şekil 5.30). İlin kuzeyindeki tesisin bir kısmı kısıtlanmış alana (ormanlık alan), bir kısmı uygun alana denk gelmektedir. Ormanlık alan olarak kısıtlanmadığı durumda ise uygun alan sınıfında bulunmaktadır. Güneydeki tesis ise uygun alan sınıfında bulunmaktadır.

Ormanlık alanlar katı atık depolama alanları için tercih edilmemesi gereken alanlardır. Çalışmada kısıtlanmıştır. Bununla birlikte bazı Çevre Kurulu kararlarında ormanlık alanların depolama sahası için uygun olabileceği belirtilmiştir.

Kentleşme ve nüfusun hızla atmasıyla birlikte atık üretimi ve atık miktarında da ciddi artış olmaktadır. Bu atıkların bertarafı ve yönetimi, önemli bir sorun haline gelmiştir. Bu sorunu azaltmak amacıyla katı atık bertaraf yöntemlerinden biri olan düzenli depolama yöntemi kullanılabilir. Düzenli depolama için uygun yer seçimi; çevre, ekoloji ve halk sağlığı açısından önemlidir. Çalışma alanı olarak, daha önce literatürde bu kapsamda bir çalışmanın yapılmadığı Sinop ili seçilmiştir. Sinop'ta özellikle yaz aylarında gelen turistlerle birlikte atık miktarı da artmaktadır. Bu bağlamda, Sinop ili için katı atık düzenli depolama alanı olarak kullanılabilecek uygun yerler belirlenmiş ve ayrıca mevcut katı atık tesislerinin konumları, bu çalışmada gerçekleştirilen mekânsal analiz sonucunda elde edilen uygunluk haritasına göre değerlendirilmiştir.

Çalışmada coğrafi bilgi sistemi ve çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan BAHP yöntemi kullanılmıştır. Uygun alan yer seçiminde kullanılacak kriterler; literatür çalışmaları, yönetmelikler, bölgesel özellikler ve uzman görüşleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu bağlamda, eğim, bakı, diri fay hatlarına uzaklık, korunan alanlara uzaklık, kıyı çizgisine uzaklık, havalimanına uzaklık, yollara uzaklık, yerleşim alanlarına uzaklık, heyelan alanları, yüzey sularına uzaklık, arazi kullanımı, toprak türü ve jeolojik formasyon kriterleri kullanılmıştır. Çalışmada belirli alanlar; literatür çalışmaları, yönetmelikler ve uzman görüşleri dikkate alınarak kısıtlanmıştır. Bu alanlar, ilin yaklaşık 3/4'üne karşılık gelmektedir. Kriterlere ait CBS ve harita verileri çeşitli kurum ya da kaynaklardan elde edilmiş ve ortak bir projeksiyon koordinat sistemine dönüştürülmüştür. Kriterlerin uygunluk dereceleri dikkate alınarak yeniden sınıflandırılmış kriter katmanları elde edilmiştir. BAHP yöntemiyle ağırlıkları hesaplanan kriterlere ait haritalar kullanılarak ağırlıklı toplama yöntemi ile katı atık depolama alanları için uygunluk haritası oluşturulmuştur.

Çalışma sonucu elde edilen uygunluk haritası, hangi alanlara odaklanması gerektiğini göstermektedir. Sonrasında, daha ayrıntılı ve yüksek doğruluklu veriler ile parsel temelinde analizler yapılmalıdır. Özellikle mülkiyet kriteri dikkate

alınabilir ve kamulaştırma gibi maliyetler olmaması için hazine arazilerinin yerleri dikkate alınarak katı atık depolama alanları belirlenebilir.

Yer seçimi ve mekânsal karar verme problemleri, sıklıkla çeşitli kurumlarca üretilen çok sayıda farklı verinin entegrasyonunu gerektirmektedir. Bu nedenle, verilerin amaca uygun ve eşdeğer ayrıntıda ve doğrulukta olması önemlidir. Öte yandan, özellikle akademik çalışmalar için istenen kalitede veri temini ülkemizde güçtür. Bunda, istenen nitelikte veri bulunmaması ve kurumların verileri paylaşmak istememesi ya da ücret talep etmesinin önemli rolü vardır. Bu çalışmada da farklı kriterler için aynı kalitede veri temin edilememiştir. Bu durum, yapılan mekânsal analizlerin ve üretilen sonuç haritanın doğruluğunu bir miktar azaltmaktadır.



- [1] S. S. Bilgilioglu, C. Gezgin, O. Orhan, and P. Karakus, ‘A GIS-based multi-criteria decision-making method for the selection of potential municipal solid waste disposal sites in Mersin, Turkey’, *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 29, no. 4, pp. 5313–5329, 2021, doi: 10.1007/s11356-021-15859-2.
- [2] E. Tercan, M. A. Dereli, and S. Tapkın, ‘A GIS-based multi-criteria evaluation for MSW landfill site selection in Antalya, Burdur, Isparta planning zone in Turkey’, *Environmental Earth Sciences*, vol. 79, no. 10, 2020, doi: 10.1007/s12665-020-08974-9.
- [3] S. S. Bilgilioglu and C. Gezgin, ‘Nevşehir İli 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*, vol. 22, no. 4, pp. 836–849, 2022, doi: 10.35414/akufemubid.1105426.
- [4] D. Güler and T. Yomralıoğlu, ‘Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile Düzenli Deponi Yer Seçimi: İstanbul İli Örneği’, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, vol. 17, no. 4, pp. 262–269, 2017.
- [5] A. M. Armanuos, K. A. Elgaafary, and T. A. Gado, ‘Landfill site selection using MCDM methods and GIS in the central part of the Nile Delta, Egypt’, *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 195, no. 12, 2023, doi: 10.1007/s10661-023-11946-8.
- [6] H. Asefi, Y. Zhang, S. Lim, M. Maghrebi, and S. Shahparvari, ‘A multi-criteria decision support framework for municipal solid waste landfill siting: a case study of New South Wales (Australia)’, *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 192, no. 11, 2020, doi: 10.1007/s10661-020-08565-y.
- [7] M. Barzehkar, N. M. Dinan, S. Mazaheri, R. M. Tayebi, and G. I. Brodie, ‘Landfill site selection using GIS-based multi-criteria evaluation (case study:

- SaharKhiz Region located in Gilan Province in Iran)', *SN Applied Sciences*, vol. 1, no. 9, 2019, doi: 10.1007/s42452-019-1109-9.
- [8] V. Yildirim, T. Memisoglu, S. Bediroglu, and H. E. Colak, 'Municipal solid waste landfill site selection using multi-criteria decision making and gis: Case study of Bursa province', *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, vol. 26, no. 2, pp. 107–119, 2018, doi: 10.3846/16486897.2017.1364646.
- [9] I. Kamdar, S. Ali, A. Bennui, K. Techato, and W. Jutidamrongphan, 'Municipal solid waste landfill siting using an integrated GIS-AHP approach: A case study from Songkhla, Thailand', *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 149, pp. 220–235, 2019, doi: 10.1016/j.resconrec.2019.05.027.
- [10] Z. G. Rahmat *et al.*, 'Landfill site selection using GIS and AHP: a case study: Behbahan, Iran', *KSCE Journal of Civil Engineering*, vol. 21, no. 1, pp. 111–118, 2016, doi: 10.1007/s12205-016-0296-9.
- [11] M. Mozaffari, A. Bemani, M. Erfani, N. Yarami, and G. Siyahati, 'Integration of LCSA and GIS-based MCDM for sustainable landfill site selection: a case study', *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 195, no. 4, 2023, doi: 10.1007/s10661-023-11112-0.
- [12] M. Çeliker, O. Yıldız, and N. N. Koçer, 'Evaluating solid waste landfill site selection using multi-criteria decision analysis and geographic information systems in the city of Elazığ, Turkey', *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, vol. 25, no. 6, pp. 683–691, 2019, doi: 10.5505/pajes.2018.70493.
- [13] D. Ciritci and T. Türk, 'Alternatif katı atık depolama alanlarının analitik hiyerarşi süreci ve coğrafi bilgi sistemleri ile otomatik olarak belirlenmesi: Sivas ili örneği', *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, vol. 6, no. 1, pp. 61–74, 2019, doi: 10.9733/jgg.2019r00601005.t.
- [14] L. Randazzo *et al.*, 'Landfill site selection for municipal solid waste by using AHP method in GIS environment: Waste management decision-support in Sicily (Italy)', *Multidisciplinary Journal for Waste Resources & Residues*, vol. 2, no. 1, pp. 78–88, 2018, doi: 10.31025/2611-4135/2018.13656.

- [15] M. Deniz and M. Topuz, ‘Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Destekli Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Analitik Hiyerarşi Tekniği Kullanarak Uşak Merkez İlçede Alternatif Çöplük Alanlarının Belirlenmesi’, *Journal of History Culture and Art Research*, vol. 7, no. 5, p. 544, 2018, doi: 10.7596/taksad.v7i5.1830.
- [16] T.C. Kalkınma Bakanlığı Doğu Karadeniz Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı (DOKAP) Çevre ve Turizm Koordinatörlüğü, Proje Yürütücüsü Volkan YILDIRIM, ‘Düzenli Depolama Alanları İçin Yer Tespiti Çalışması ve Alternatif Katı Atık Bertaraf Sistemleri Araştırma Projesi’, 2017.
- [17] Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği. (1991). T.C. Resmi Gazete, 20814, 14 Mart 1991.
- [18] Atık Yönetimi Yönetmeliği (2015). T.C. Resmi Gazete, 29314, 2 Nisan 2015.
- [19] N. B. Chang and A. Pires, *Sustainable Solid Waste Management*. John Wiley & Sons, 2015.
- [20] T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, ‘Düzenli Depolama Tesisleri Saha Yönetimi Ve İşletme Kılavuzu’, 2014.
- [21] Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik. (2010). T.C. Resmi Gazete, 27533, 26 Mart 2010.
- [22] ‘Atıklar’. Erişim: 28 Mayıs, 2024. Erişim adresi: https://webdosya.csb.gov.tr/db/destek/icerikler/10_at-kler_brosur-20191128080759.pdf
- [23] T. Yomralıoğlu, *Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar*. Trabzon, 2015.
- [24] K.-T. Chang, *Introduction to geographic information systems*, Ninth Edition. McGraw-Hill, 2019.
- [25] P. A. Longley, M. F. Goodchild, D. J. Maguire, D. W. Rhind, A. Singleton, and P. Longley, *Geographic Information Science and Systems*, Fourth Edition. John Wiley & Sons, 2015.

- [26] K. K. Kemp, *Encyclopedia of Geographic Information Science*. Sage, 2008.
- [27] J. Malczewski, *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. John Wiley & Sons, 1999.
- [28] J. Malczewski and C. Rinner, *Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science*. Springer, 2015
- [29] M. Zarghami and F. Szidarovszky, *Multicriteria analysis applications to water and environment management*. Springer Berlin Heidelberg, 2011. doi: 10.1007/978-3-642-17937-2.
- [30] M. H. Phua and M. Minowa, 'A GIS-based multi-criteria decision making approach to forest conservation planning at a landscape scale: A case study in the Kinabalu Area, Sabah, Malaysia', *Landscape and Urban Planning*, vol. 71, no. 2–4, pp. 207–222, 2005, doi: 10.1016/j.landurbplan.2004.03.004.
- [31] T. L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, 1980.
- [32] O. S. Vaidya and S. Kumar, 'Analytic hierarchy process: An overview of applications', *European Journal of Operational Research*, vol. 169, no. 1, pp. 1–29, 2006, doi: 10.1016/j.ejor.2004.04.028.
- [33] T. L. Saaty, *The analytic hierarchy process for decisions in a complex world*, Third Edition. RWS Publications, 2012.
- [34] T. L. Saaty, 'Decision making with the Analytic Hierarchy Process', *International Journal of Services Sciences*, vol. 1, no. 1, pp. 83–98, 2008, doi: 10.1504/ijssci.2008.017590.
- [35] C. F. Chen, 'Applying the analytical hierarchy process (AHP) approach to convention site selection', *Journal of Travel Research*, vol. 45, no. 2, pp. 167–174, 2006, doi: 10.1177/0047287506291593.
- [36] L. A. Zadeh, 'Fuzzy sets', *Information Sciences*, vol. 8, no. 3, pp. 338–353, 1965.
- [37] L. A. Zadeh, 'Quantitative fuzzy semantics', *Information Sciences*, vol. 3, no. 2, pp. 159–176, 1971.
- [38] A. Emrouznejad, *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*. CRC Press, 2018.

- [39] J. J. Buckley, ‘Fuzzy hierarchical analysis’, *Fuzzy Sets and System*, vol. 17, no. 3, pp. 233–247, 1985.
- [40] Erişim 15 Mayıs 2024, ‘<http://www.sinop.gov.tr/cografya>’.
- [41] Erişim 15 Mayıs 2024, ‘<https://cip.tuik.gov.tr>’.
- [42] Erişim 15 Mayıs 2024, ‘<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=SINOP>’.



TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

1. Y. Türe ve M. Başaraner, “Coğrafi Bilgi Sistemi ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Yardımıyla Katı Atık Depolama Alanı Yer Seçimi” 4. Uluslararası Lisansüstü Çalışmalar Kongresi, 5-8 Haziran, 2024, pp. 865-866 (Online).

