

Kentsel Katı Atık Tesisi Yer Seçimi ve Atık Toplama Sistemi için Coğrafi Bilgi Sistemi
Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi

Barış Özkan

DOKTORA TEZİ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Ekim 2018

A GIS-based Multi Criteria Decision Analysis for the Municipal Solid Waste Landfill Site
Selection and Collection System

Barış Özkan

DOCTORAL DISSERTATION

Department of Industrial Engineering

October 2018

Kentsel Katı Atık Tesisi Yer Seçimi ve Atık Toplama Sistemi için Coğrafi Bilgi Sistemi
Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi

Barış Özkan

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Endüstri Mühendisliği Bilim Dalında
DOKTORA TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. İnci Sarıççek

Ekim 2018

ONAY

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora öğrencisi Barış Özkan'ın DOKTORA tezi olarak hazırladığı “Kentsel Katı Atık Tesisi Yer Seçimi ve Atık Toplama Sistemi için Coğrafi Bilgi Sistemi Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. İnci Sarıçiçek

İkinci Danışman :-

Doktora Tez Savunma Jürisi:

Üye : Prof. Dr. İnci Sarıçiçek

Üye : Doç Dr. Şerafettin Alpay

Üye : Doç. Dr. Eren Özceylan

Üye : Prof. Dr. Orhan Dengiz

Üye : Prof. Dr. Mehmet Kabak

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hürriyet ERŞAHAN
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. İnci Sarıçiçek danışmanlığında hazırlamış olduğum “Kentsel Katı Atık Tesisi Yer Seçimi ve Atık Toplama Sistemi için Coğrafi Bilgi Sistemi Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi” başlıklı DOKTORA tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 16/10/2018

Barış Özkan

İmza

ÖZET

Nüfusun ve kentleşmenin hızla artması etkin bir katı atık yönetim sisteminin kurulmasını gerektirmektedir. Günümüzde katı atıkların bertaraf edilmesi için düzenli depolama, yakma, biyolojik arıtma ve geri dönüşüm gibi çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Düzenli depolama yöntemi, Türkiye'de katı atıkların bertaraf edilmesinde son yıllarda yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Katı atık yönetiminde, depolama tesis yerinin seçimi oldukça önemli ve karmaşık bir süreçtir. Depolama tesisi yer seçimi yapılırken çevresel, sosyal, ekonomik ve mühendislik konularında göz önünde bulundurulması gereken birçok kriter bulunmaktadır. Çok kriterli karar verme yöntemleri, böylesine karmaşık karar verme problemlerinde kullanılabilecek çeşitli yöntemler sunmaktadır. Coğrafi bilgi sistemleri ise farklı mekansal veri türlerini işleyebilen ve analiz edebilen önemli bir karar destek aracıdır. Coğrafi bilgi sistemleri ve çok kriterli karar verme yöntemlerinin birlikte kullanılması karar vericilerin kriterler ve alternatifler ile ilgili tercihlerini mekânsal veriler ile bütünleştirerek karar verme sürecine büyük katkı sağlamaktadır.

Çalışmada, katı atık depolama tesisi yer seçimi probleminin çözümünde kullanılabilecek melez bir yaklaşım geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, coğrafi bilgi sistemi temelli çok kriterli karar verme yöntemi ile katı atık depolama tesisi alternatiflerinin belirlendiği ve coğrafi bilgi sistemi temelli 3 boyutlu mesafe analizleri yapılarak alternatiflerin değerlendirildiği melez bir yaklaşım önerilmiştir. Önerilen yaklaşım, Samsun ilinde katı atık depolama tesisi yer seçiminde uygulanmıştır. Ayrıca, karar vericilere farklı bakış açıları sunmak için birden fazla depolama tesisi açılması durumu ile ilgili senaryolar oluşturularak yorumlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Katı atık depolama tesisi, Coğrafi bilgi sistemleri, Çok kriterli karar verme, Tereddütlü bulanık dilsel terimler kümesi, Tesis yeri seçimi.

SUMMARY

The rapid increase in population and urbanization requires the establishment of an effective solid waste management system. Nowadays, various techniques such as landfill, incineration, biological treatment and recycling are used for the disposal of solid wastes. Landfill is a method widely used in recent years at the disposal of solid waste in Turkey. In solid waste management, selection of landfill facility location is a very important and complex process. There are many criteria that should be considered in environmental, social, economic and engineering issues when making selection landfill facility location. Multi criteria decision making methods offer a variety of methods that can be used in such complex decision making problems. Geographic information systems are an important decision support tool that can process and analyze different spatial data types. The combined use of geographic information systems and multi criteria decision making methods makes a major contribution to the decision making process by integrating decision-makers' preferences with respect to criteria and alternatives with spatial data.

The aim of this study is to develop a hybrid approach that can be used to solve the problem of location selection of solid waste landfill facility. For this purpose, a hybrid approach, in which geographic information system based multi criteria decision making method is used to determine the alternatives of solid waste landfill facility and geographic information system based 3-dimensional distance analysis is proposed. The proposed approach has been applied to the location of solid waste landfill facility in Samsun. In addition, scenarios related to the opening of multiple landfill facilities in order to present different perspectives to the decision makers were interpreted and interpreted.

Keywords: Solid waste landfill facility, Geographic information systems, Multi criteria decision making, Hesitant fuzzy linguistic terms set , Site location selection.

TEŞEKKÜR

Tez çalışması süresince, bilimsel olarak bana yol gösteren ve motive eden değerli danışmanım Prof. Dr. İnci SARIÇİÇEK'e içtenliğimle teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, tezimi hazırlarken farklı bakış açısıyla tezimin ilerlemesine katkıda bulunan Doç. Dr. Eren ÖZCEYLAN'a ve Doç. Dr. Şerafettin ALPAY'a; tezde kullandığım uygulama verilerinin temin edilmesinde ve tezin uygulanma bölümünde tecrübelerinden faydalandığım Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Mühendisliği Fakültesi Toprak Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Orhan DENGİZ'e; kendi uzmanlık alanları ile ilgili bilgi alışverişinde bulunduğum Giresun Üniversitesi Coğrafya Bölümü öğretim üyesi Dr. Öğr. Üyesi İnci DEMİRAĞ'a, Dr. Mühendis Mehmet ERBAŞ'a, Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Mehmet KABAK'a, Samsun Büyükşehir Belediyesi Katı Atık Depolama Tesisi İşletme Sorumlusu Çevre Mühendisi Levent ARSLAN'a; Devlet Su İşleri 7. Bölge Müdürlüğünde görevli Jeoloji Mühendisi Mehmet TÜRKMEN'e, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Nuran Gamze TURAN'a teşekkür ederim.

Akademik hayatım boyunca sabır ve anlayışla bana destek olan sevgili eşim Cansu ÖZKAN'a ve hayatım boyunca her konuda yanımda olan kıymetli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vi
SUMMARY	vii
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	6
2.1. Katı Atık Depolama Yeri Seçiminde Çok Kriterli Kara Verme Yöntemleri	7
2.2. Katı Atık Depolama Yeri Seçiminde Kullanılan Kriterler	13
2.3. Katı Atık Depolama Yeri Seçiminde Kullanılan Yazılımlar	22
3. YÖNTEM	24
3.1. Coğrafi Bilgi Sistemi	24
3.1.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Veriler	25
3.1.2. Coğrafi Bilgi Sisteminin Temel Fonksiyonları	27
3.1.3. Coğrafi Bilgi Sisteminin Kullanıldığı Problemler	28
3.2. Tereddütlü Bulanık Dilsel Terimler Kümesi ile Çok Kriterli Karar Verme	29
3.3. Yer Seçimi Problemlerinde P-medyan Yöntemi	33
3.4. Önerilen Melez Yaklaşım	35
4. UYGULAMA: SAMSUN İLİ İÇİN VERİLERİN HAZIRLANMASI	39
4.1. Uygulama Bölgesi	39
4.2. Yer Seçimine İlişkin Kriterlerin Belirlenmesi ve Hiyerarşik Karar Yapısı	41

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4.3. Mekânsal Kriterler Temelinin Oluşturulması	42
4.3.1. Yüzey suları.....	44
4.3.2. Ana materyal	47
4.3.3. Yeraltı suları	49
4.3.4. Kıyı şeridi	51
4.3.5. Erozyon bölgeleri	52
4.3.6. Heyelan bölgeleri.....	54
4.3.7. Yağış.....	55
4.3.8. Sıcaklık.....	57
4.3.9. Deprem	58
4.3.10. Karayolları.....	60
4.3.11. Yerleşim bölgeleri	63
4.3.12. Eğim	67
4.3.13. Yükselti	70
4.3.14. Bakı	72
4.3.15. Arazi Kullanımı	74
5. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	78
5.1. Kriterlere Ait Mekânsal Verilerin Standartlaştırılması.....	78
5.2. Kısıtlara Ait Mekânsal Verilerin Oluşturulması	83
5.3. Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi.....	86
5.4. Uygun Bölgelerin Belirlenmesi	93
5.5. Alternatiflerin Belirlenmesi	95
5.6. Yol Ağının Oluşturulması	100

İÇİNDEKİLER (devam)**Sayfa**

5.7. Rotaların Oluşturulması	102
5.8. Aktarma İstasyonlarında Oluşacak Atık Miktarlarının Belirlenmesi	111
5.9. Alternatif Katı Atık Depolama Tesislerinin Değerlendirilmesi	112
5.10. Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Senaryo Analizleri	114
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	117
KAYNAKLAR DİZİNİ	121
ÖZGEÇMİŞ	137

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Literatür araştırmasında incelenen çalışmaların yıllara göre dağılımı.....	7
2.2. Literatürde kullanılan coğrafi bilgi sistemi yazılımları	22
3.1. Mekânsal ve tanımlayıcı veriler	25
3.2. Vektör ve raster veriler	26
3.3. Önerilen melez yaklaşımın akış şeması	36
4.1. Katı atık transfer istasyonları	40
4.2. Samsun ili ilçe sınırları ve çalışma bölgesi.....	41
4.3. Kriterlerin hiyerarşik yapısı	42
4.4. Çalışma bölgesi yüzey suları haritası.....	46
4.5. Çalışma bölgesi ana materyal sınıfları haritası	48
4.6. Çalışma bölgesi büyük akifer grupları haritası	50
4.7. Çalışma bölgesi kıyı şeridi haritası	52
4.8. Çalışma bölgesi erozyon sınıfları haritası.....	53
4.9. Çalışma bölgesi heyelan bölgeleri haritası	55
4.10. Çalışma bölgesi yıllık yağış miktarı	56
4.11. Çalışma bölgesi en soğuk üç aylık sıcaklık dağılımı.....	58
4.12. Çalışma bölgesi deprem bölgeleri haritası.....	60
4.13. Çalışma bölgesi karayolları haritası.....	63
4.14. Çalışma bölgesinde yer alan yerleşim bölgeleri haritası.....	66
4.15. Çalışma bölgesi eğim haritası	69
4.16. Çalışma bölgesi yükselti haritası	71
4.17. Çalışma bölgesi bakı haritası	74
4.18. Çalışma bölgesi arazi kullanım sınıfları haritası.....	77
5.1. Kullanılan bulanık üyelik fonksiyonu grafikleri.....	79
5.2. Çevresel kriterlere ait standartlaştırılmış haritalar.....	82
5.3. Sosyal/Ekonomik kriterlere ait standartlaştırılmış haritalar.	83
5.4. Kısıtlara ait uygunluk haritalar	85
5.5. Uygunluk haritası.....	94

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.6. Alternatif bölgeler haritası	98
5.7. 1-4 Numaralı alternatiflerin uydu görüntüleri.....	98
5.8. 5-12 Numaralı alternatiflerin uydu görüntüleri.....	99
5.9. 2 Boyutlu ve 3 boyutlu mesafeler	101
5.10. 2 Boyutlu yol ağı.....	101
5.11. 3 Boyutlu mesafelere ait örnek veriler.....	102
5.12. Yol ağı veri kümesi.....	103
5.13. Transfer istasyonları ve alternatifler	104
5.14. Alternatif 1 için en kısa mesafenin rotası	104
5.15. Alternatif 2 için en kısa mesafenin rotası	105
5.16. Alternatif 3 için en kısa mesafenin rotası	105
5.17. Alternatif 4 için en kısa mesafenin rotası	106
5.18. Alternatif 5 için en kısa mesafenin rotası	106
5.19. Alternatif 6 için en kısa mesafenin rotası	107
5.20. Alternatif 7 için en kısa mesafenin rotası	107
5.21. Alternatif 8 için en kısa mesafenin rotası	108
5.22. Alternatif 9 için en kısa mesafenin rotası	108
5.23. Alternatif 10 için en kısa mesafenin rotası	109
5.24. Alternatif 11 için en kısa mesafenin rotası	109
5.25. Alternatif 12 için en kısa mesafenin rotası	110
5.26. Ağırlıksız p-medyan senaryo analizleri	115
5.27. Ağırlıklı p-medyan senaryo analizleri	116

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Çok kriterli karar verme yöntemleri ve kullanım amaçları.....	8
2.2. Kriterlerin kullanım sıklıkları	14
2.3. Kriterler ve kriteri kullanan çalışmalar	16
4.1. Veri kaynakları ve analizler	43
4.2. Yüzey sularına uzaklık kriteri ile ilgili yaklaşımlar.....	44
4.3. Jeolojik yapılar ve uygunluk puanları.....	48
4.4. Yeraltı suyu tabakasına olan uzaklıklara göre değerlendiren yaklaşımlar.....	49
4.5. Kıyı şeridi kriteri ile ilgili yaklaşımlar.....	51
4.6. Erozyon sınıfları ve uygunluk puanları.....	53
4.7. Yağış sınıfları ve uygunluk puanları.....	57
4.8. Faylara olan uzaklıklara göre değerlendiren yaklaşımlar	59
4.9. Karayollarına uzaklık kriteri ile ilgili yaklaşımlar.....	61
4.10. Yerleşim bölgelerine uzaklık kriteri ile ilgili yaklaşımlar	65
4.11. Eğim kriteri ile ilgili yaklaşımlar	68
4.12. Yükselti kriteri ile ilgili yaklaşımlar	70
4.13. Bakı kriteri ile ilgili yaklaşımlar	72
4.14. Samsun ili yönlerine göre rüzgar değerleri	73
4.15. Arazi kullanım kriteri ile ilgili yaklaşımlar	75
4.16. Arazi kullanım kabiliyeti sınıfları ve uygunluk değerleri.....	77
5.1. Uygulanan standartlaştırma yöntemleri ve uygunluk değerleri.....	81
5.2. Kısıtlar ve uygunluk durumları	84
5.3. Ana kriterler için karar vericiler tarafından belirlenen ikili karşılaştırmalar	86
5.4. Çevresel kriterler için karar vericiler tarafından belirlenen ikili karşılaştırmalar.....	87
5.5. Sosyal/Ekonomik kriterler için karar vericiler tarafından belirlenen ikili karşılaştırmalar.....	88
5.6. Sosyal/Ekonomik kriterler için zarflanmış ikili karşılaştırmalar	89
5.7. Terim setlerinin önem seviyeleri	90
5.8. Sosyal/Ekonomik kriterler için kötümser toplu tercih değerleri.....	90

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.9. Sosyal/Ekonomik kriterler için iyimser toplu tercih değerleri.....	91
5.10. Sosyal/Ekonomik kriterler için ağırlık değerleri.....	91
5.11. Kriterlere ait yerel ve global ağırlıklar.....	92
5.12. Tahmini nüfus miktarları, atık ağırlıkları ve atık hacimleri.....	97
5.13. Alternatifler ve sıralamalar tablosu.....	100
5.14. Alternatifler için hesaplanan rota mesafeleri	110
5.15. 2026-2046 Yılları tahmini toplam kişi sayıları ve atık miktarları	112
5.16. Alternatifler ve sıralamalar tablosu.....	113
5.17. P-medyan senaryo analizi sonuçları.....	114

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
BÜF	Bulanık üyelik fonksiyonu
CBS	Coğrafi bilgi sistemi
ÇKKV	Çok kriterli karar verme
DEM	Sayısal yükselti modeli
EEA	Avrupa Çevre Ajansı
FAHP	Bulanık analitik hiyerarşi prosesi
HFS	Tereddütlü bulanık küme
HFLTS	Tereddütlü bulanık dilsel terimler kümesi
KADT	Katı atık depolama tesisi
KADTYS	Katı atık depolama tesisi yer seçimi
KATİ	Katı atık transfer istasyonu
KV	Karar verici
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
WLC	Ağırlıklı doğrusal kombinasyon

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Dünya nüfusunun hızla artması, kentleşme, gelişmiş ekonomilerin yüksek malzeme tüketimi, ürün karmaşıklığının artması, tüketim mallarının üretiminde çevresel açıdan sorun oluşturabilecek maddelerin kullanılması, insanların yaşam tarzları, gelir düzeyleri ve davranışları etkin bir atık yönetim sistemi kurulmasını gerekli kılmaktadır (Demesouka vd, 2014). Atık üretiminden nihai bertarafa kadar tüm aşamaları içeren entegre bir katı atık yönetim sisteminin kurulması, önemli bir çevresel sorun olarak kabul edilmektedir. Hava, su ve toprak emisyonları da dahil olmak üzere katı atık sorunları, ciddi kamu sağlığı riskleri, yerel ve küresel çevre tehlikeleri ve sosyo-ekonomik sorunlar oluşturmaktadır (Coelho vd., 2017).

Kentsel katı atık yönetimi sadece önemli bir çevresel görev değil, aynı zamanda çeşitli sosyo-kültürel ve ekonomik konularını da içerir. Kentsel katı atık yönetiminin bileşenleri arasında atıkların azaltılması, yeniden kullanım, geri dönüşüm, enerji geri kazanımı, yakma ve depolama yer almaktadır (Moeinaddini vd., 2010).

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde katı atıklar, “üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından, düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeler ve arıtma çamuru” olarak tanımlanmaktadır. Katı atıklar kaynaklarına göre evsel katı atıklar, endüstriyel nitelikli katı atıklar (tehlikeli ve tehlikesiz atıklar), tıbbi katı atıklar ve özel katı atıklar olmak üzere dört grupta sınıflandırılmaktadır (Yılmaz ve Bozkurt, 2010).

Dünya Bankası (World Bank) 2012 verilerine göre, dünyada günlük ortalama kişi başı katı atık miktarı 1,2 kg ve yıllık toplam katı atık miktarı ise 1,3 milyar ton'dur. Hızlı nüfus artışı ve kentleşme ile birlikte, katı atık üretim miktarının 2025 yılına kadar 2,2 milyar tona yükselmesi beklenmektedir (World Bank, 2018). Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de kentsel katı atık yönetimi önem verilmesi gereken hassas bir konudur. TÜİK'in (Türkiye İstatistik Kurumu) 2016 yılı belediye atık istatistikleri raporuna göre Türkiye'de kişi başı günlük ortalama atık miktarı 1,17 kg iken, atık hizmeti veren belediyeler tarafından toplanan yıllık katı atık miktarı 31,6 milyon ton'dur (TÜİK, 2016).

Sürdürülebilir ve yaşanılabilir şehirler için uygun bir atık yönetim sistemi seçilmelidir. Bir atık yönetimi sisteminin sürdürülebilir olması için çevresel olarak etkili, ekonomik olarak uygun ve sosyal olarak kabul edilebilir olması gerekmektedir (Morrissey ve Browne, 2004). Atıkların çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesi çevre ve insan sağlığının yanında ekonomiyi de yakından ilgilendirmektedir. Katı atıkların bertaraf yöntemi seçilirken mevcut alternatifler arasında çevreye en az zarar verecek ve en fazla ekonomik katkıyı sağlayacak yöntem seçilmelidir. Günümüzde katı atık yönetimi için düzenli depolama, ısıtma işlemi, biyolojik arıtma ve geri dönüşüm gibi çeşitli teknikler kullanılmaktadır (Kontos vd., 2005). Düzenli depolama yöntemi, özellikle gelişmekte olan ülkeler için basit ve düşük maliyetli bir yöntem olduğundan, katı atık bertarafında kullanılan en yaygın yöntemlerden biridir (Rahmat vd., 2017). Ancak düzenli depolama yönteminin arazi doldurma, yüzey ve yeraltı sularına sızıntı suyu sızması ve zehirli gazlar (CH_4 , CO_2 , aromatikler ve klorokarbonlar) salmak gibi çevreye olumsuz etkileri olabilmektedir. Birçok araştırmacı depolama tesisi için uygun yer seçiminin, olumsuz çevresel etkileri azaltılabileceğine inanmaktadır (Beskese vd., 2015; Motlagh ve Sayadi, 2015; Shahabi vd., 2014; Zanjani ve Rezaei, 2017).

Düzenli depolama, Türkiye'de katı atıkların bertarafı için uygun ve yaygın kabul gören bir seçenektir (Akinci vd., 2012). TÜİK verilerine göre Türkiye'deki düzenli depolama tesisi sayısı 2003 yılında 15 iken, 2018 yılında 88'e ulaşmıştır (TRT Haber, 2018). Türkiye'de 2016 yılında toplanan 31,6 milyon ton atığın, %61,2'si düzenli depolama tesislerine, %28,8'i belediye çöplüklerine ve %9,8'i geri kazanım tesislerine gönderilirken, %0,2'si açıkta yakarak, gömerek ve dereye/araziye dökerek bertaraf edilmiştir (TÜİK, 2016).

Kentsel katı atık yönetiminde karar vermeyi desteklemek için çeşitli sistemler geliştirilmiştir. Soltani vd. (2015), bu sistemleri maliyet temelli, çevre temelli ve çok kriter temelli olarak sınıflandırmıştır. Maliyet temelli modeller, ekonomik verimliliğin maksimize edilmesine odaklanırken, çevre temelli modeller doğal kaynakların kullanımı ve çevre üzerindeki olası etkilerine odaklanmaktadır. Çok kriter temelli modeller ise genellikle çelişen kriterleri çeşitli boyutlardan ele almakta ve birleştirmektedir. Bu nedenle çok kriter temelli sistemler diğer iki yönetime göre daha sağlam kararlar vermektedir (Morrissey ve Browne, 2004; Soltani vd., 2015).

Katı atıkların düzenli depolanmasında en önemli aşama, tesis yeri seçilmesidir (Sener, 2011). Düzenli depolama tesisi yerinin belirlenmesi, çevresel, ekolojik, sosyal, ekonomik ve mühendislik boyutlarını içeren karmaşık ve çok disiplinli bir süreçtir (Gbanie vd., 2013). Düzenli depolama tesisleri genel olarak halk sağlığı, yaşam kalitesi ve doğal ekosistemler için tehdit olarak algılandığından, istenmeyen tesisler arasında yer almaktadır. Bu nedenle tesis yeri seçimi yapılırken yüksek verimlilik, yüksek sosyal kabul olasılığı ve düşük çevresel risk faktörleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Düzenli depolama tesisi yer seçimi yaparken göz önünde bulundurulması gereken birçok kriter bulunmaktadır. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri, karar vericilere böylesine karmaşık karar verme problemlerinde etkili bir şekilde yardımcı olabilecek çeşitli metodolojileri sunmaktadır (Soltani vd., 2015). Ayrıca, ÇKKV yöntemleri ile farklı birimlerdeki (hem kalitatif hem de kantitatif) çoklu kriterler kullanılarak alternatifler değerlendirilebilmektedir (Hajkowicz ve Higgins, 2006; Achilles vd., 2013).

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), uygun depolama sahasının belirlenmesinde farklı mekânsal veri türlerini işletebilen ve analiz edebilen önemli bir karar destek aracıdır (Yildirim, 2012). CBS büyük miktarda mekânsal veriyi yönetebildiğinden, yer seçimi çalışmalarında ideal bir araç olarak kullanılabilir (Zarjani ve Rezaei, 2015). Mekânsal karar problemleri genellikle geniş bir dizi olası alternatifleri ve çok sayıda çelişen ve uygunsuz değerlendirme kriterlerini içerir. Alternatifler genellikle birtakım bireyler (karar alıcılar, yöneticiler, paydaşlar, çıkar grupları) tarafından değerlendirilmektedir. Bireyler, alternatiflerin değerlendirildiği kriterin göreceli önemine göre tercihlerini gerçekleştirir (Malchewski, 2006). CBS tabanlı araçların ve ÇKKV yöntemlerinin birlikte kullanımı, araştırma kabiliyetinide genişletebilmektedir (Demesouka vd., 2014).

ÇKKV yöntemlerinin CBS ile birlikte kullanıldığı yöntemler literatürde CBS Temelli ÇKKV (CBS-ÇKKV) yöntemleri olarak geçmektedir. CBS-ÇKKV'nin gelişimi 1990'ların ilk yarısına denk gelmektedir. En temel düzeyde CBS-ÇKKV yöntemi, mekânsal veriler ile karar vericilerin kriterler ve alternatifler ile ilgili tercihlerini bütünleştiren bir süreç olarak düşünülebilir (Malczewski, 2006). CBS-ÇKKV yöntemlerinin düzenli depolama tesisi yer seçiminde kullanılmasının avantajlarından birisi

de farklı uzmanlık alanlarındaki paydaşların kendi uzmanlıkları doğrultusunda karar verme sürecine katkıda bulunmalarıdır.

Delgado vd. (2008), düzenli depolama sahası seçiminin sadece mevcut çevresel düzenlemelere uymakla kalmayıp, aynı zamanda depolama alanlarının mali sürdürülebilirliğini etkileyen temel gereklilik olarak görülen operasyonel ve ekonomik sorunları da hesaba katması gerektiğini belirtmektedir. Katı atık yönetim sisteminde işletme maliyetlerinin büyük bir kısmını taşıma maliyetlerinin oluşturduğu bilinmektedir. Tesis sahası yer seçimi yapılırken, çevresel ve sosyal olarak uygun alternatifler belirlendikten sonra, alternatifler ekonomik açıdan da değerlendirilmelidir. Armağan ve Demir (2005), katı atık yönetim sisteminde atık toplama maliyetinin, toplam işletme maliyetinin % 65-95'i arasında bir paya sahip olduğunu belirtmiştir. Köse vd. (2011) ise yaptıkları çalışmada Bolu ilindeki evsel katı atık yönetiminin maliyetini incelemişler ve çalışma sonucunda toplama maliyetlerinin, tüm toplama ve geri dönüşüm maliyetleri içindeki oranını %92 olarak bulmuştur. Katı atıklar hanelerden toplandıktan sonra düzenli depolama tesislerine gönderilmek üzere transfer istasyonlarına taşınmakta ve geçici olarak burada beklemektedir. Bu nedenle yer seçimi yaparken transfer istasyonları ile düzenli depolama tesisleri arasındaki taşımalar da göz önünde bulundurulmalıdır.

Türkiye'deki birçok ilde olduğu gibi Samsun'da da kentsel atıkların bertaraf yöntemi olarak düzenli depolama yöntemi kullanılmaktadır. Samsun'da iki adet düzenli depolama tesisi bulunmaktadır. Bunlardan birisi büyükşehir belediyesi tarafından işletilirken diğeri özel sektör tarafından işletilmektedir. Samsun Büyükşehir Belediyesi tarafından işletilen depolama tesisi 2008 yılında faaliyete başlamıştır. İlgili tesis Samsun ilinin merkez ilçeleri olan Canik, İlkadım, Atakum ve Tekkeköy ilçelerinin 20 yıllık atıklarının bertaraf edilmesi amacı ile kurulmuştur. Ancak 2015 yılında meydana gelen yasa değişikliği, il sınırı içerisindeki tüm ilçelerdeki çöplerin bertaraf edilmesini büyükşehir belediyesinin sorumluluğuna vererek, mevcut tesisin kapasitesinin öngörülen süreden önce dolmasına neden olmuştur. Samsun ili yakın gelecekte yeni bir depolama tesisine ihtiyaç duyacağından, katı atık depolama tesisi yer seçimi (KADTYS) problemi ile karşılaşacaktır.

Tez çalışmasının amacı sırası ile düzenli depolama tesisi yer seçimi için yeni bir yaklaşım geliştirilmesi, problem için uygun olduğu düşünülen ve CBS-ÇKKV literatüründe yer almayan bir ÇKKV yönteminin bu yaklaşımda kullanılması ve önerilen yaklaşım ile var olan bir gerçek hayat probleminin çözülmesidir.

Bu amaçla yapılan tez çalışmasının literatüre katkıları: (1) karar vericilerin, uygun alternatif tesis yerleri arasında seçim yapması için yeni bir melez yaklaşım önerilmesi, (2) kriter ağırlıklarının belirlenmesinde CBS-ÇKKV literatüründe yer almayan Tereddütlü Bulanık Dilsel Terimler Kümesi (HFLTS - Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set) temelli ÇKKV yönteminin kullanılması, (3) transfer istasyonları ve alternatif tesis yerleri arasındaki en kısa mesafelerin CBS ortamında 3 boyutlu sayısal yükselti modeli (Digital Elevation Model - DEM) kullanılarak hesaplanması, (4) düzenli depolama tesisi yer seçiminde CBS-ÇKKV yaklaşımını kullanan çalışmaların detaylı literatür araştırması yapılarak problemde kullanılan ÇKKV yöntemleri ve kriterlerin belirlenerek literatüre katkı sağlanması şeklinde sıralanabilir.

Tezin giriş bölümünden sonra, ikinci bölümde düzenli depolama tesisi yer seçimi probleminde CBS-ÇKKV yöntemini kullanan çalışmaların literatür taraması verilmiştir. Üçüncü bölümde bu tez çalışmasında kullanılan yöntemler tanıtılarak, önerilen yaklaşımın akışı anlatılmıştır. Dördüncü ve beşinci bölümlerde önerilen yaklaşımın Samsun ilinde uygulaması anlatılmıştır. Altıncı bölümde sonuç ve öneriler paylaşılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

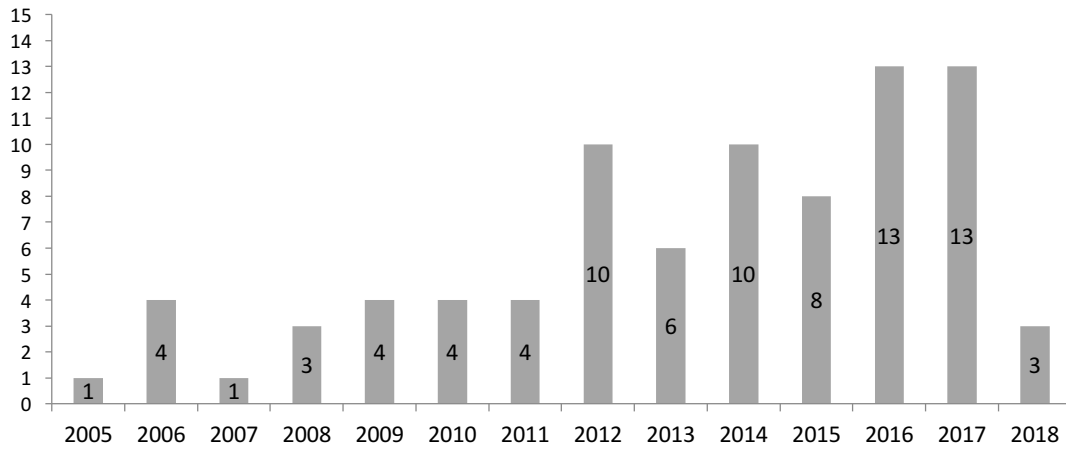
Son yıllarda CBS ve ÇKKV yöntemlerinin entegre edilmesi ile ilgili araştırmaların miktarında ve kalitesinde kayda değer bir ilerleme olmuştur. CBS-ÇKKV'nin disiplinler arası çalışma alanı, CBS kullanıcıları arasında yaygın ve güçlü bir şekilde benimsenmiştir. ÇKKV yöntemlerinin CBS temelli yöntemlere dahil edilmesinin en büyük avantajı, karar vericilerin değer yargılarını (değerlendirme kriterleri ve/veya alternatifler ile ilgili tercihleri) CBS temelli karar verme prosedürlerine ekleyebilmesi ve sonuçları hakkında geri bildirim alabilmesidir (Malczewski, 2006).

CBS-ÇKKV yaklaşımı literatürde farklı alanlardaki birçok problemin çözümünde kullanılmaktadır. Bunlara örnek verecek olursak; Chen vd. (2001), Avustralya'nın Sidney şehrinde orman yangınlarında öncelikli risk bölgelerinin belirlenmesinde, Fernandez ve Lutz (2010), Arjantin'in Tucumán eyaletinde sel riski olan bölgelerin belirlenmesinde, Feizizadeh ve Blaschke (2014) İran'da Urmia Gölü çevresinde sel riski olan bölgelerin belirlenmesinde, Barakat vd. (2017) Ürdün'ün Béni Mellal-Khénifra bölgesinde katı atık depolama tesisi (KADT) yer seçiminde, Agapiou vd. (2016) Kıbrıs'da kültürel miras alanlarının risk değerlendirilmesinde, Gigović vd. (2016) Sırbistan'ın Dunavski Ključ bölgesinin ekoturizm açısından değerlendirmesinde, Zhang vd. (2015) Çin'in Şantung eyaletinde tütün üretimi için uygun yer seçiminde, Maris vd (2008) Malezya'nın Selangor şehrinde arıcılık için yer seçiminde, Vahidina vd. (2009), İran'ın Tahran şehrinde hastane yer seçimi, Sánchez-Lozano vd. (2014) İspanya'nın Murcia şehrinde güneş pili tarlası için yer seçiminde, Özceylan vd. (2016) Türkiye'nin Ankara şehrinde lojistik köyü yer seçiminde, Gigović vd. (2017) Voyvodina özerk bölgesinde rüzgar tarlası yer seçiminde CBS-ÇKKV yaklaşımını kullanmıştır.

Örneklerde görüldüğü gibi CBS-ÇKKV yaklaşımı afet yönetimi, ziraat, turizm, atık yönetimi, enerji vb. birçok alandaki çalışmalarda kullanılmaktadır. Bu bölümde kentsel KADTYS'de ÇKKV-CBS yaklaşımını kullanan çalışmaların literatür araştırması yer almaktadır. Literatür araştırmasında incelenen makalelerin seçimi yapılırken Google Scholar ve Scopus veritabanları kullanılmıştır. Araştırma yaparken zaman sınırlaması yapılmadan ve sadece dergi makaleleri seçilerek “Landfill veya Solid waste” ve “Site

selection veya Site evaluation veya Site suitability veya Siting” ve “GIS” ve “MCDM veya MCDA veya multi-criteria veya multi-attribute” arama kurallarının varyasyonları kullanılmıştır. İlk olarak 100'ün üzerinde çalışma elde edilmiştir. Bunlar arasından konumuz ile ilgisi olmayanlar ve İngilizce olmayan çalışmalar çıkarılmıştır. Ön değerlendirme sonrası 84 makale elde edilmiştir.

Literatür araştırmasında incelenen makalelerin yıllara göre dağılımını değerlendirildiğinde, yapılan çalışmaların sayısında 2011 yılından sonra daha belirgin bir artış olduğu görülmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Literatür araştırmasında incelenen çalışmaların yıllara göre dağılımı

İzleyen kısımlarda literatür araştırmasında elde edilen 84 adet çalışmada kullanılan ÇKKV yöntemleri, çalışmalarda kullanılan kriterler ve kullanılan CBS yazılımları açısından incelenmiştir.

2.1. Katı Atık Depolama Yeri Seçiminde Çok Kriterli Kara Verme Yöntemleri

ÇKKV yöntemleri, birbiri ile çatışan birden fazla kriteri karşılayan olası en iyi çözüme ulaşmaya çalışan yöntemlerdir. ÇKKV yöntemleri kriterlerin ağırlıklandırılmasında ve/veya alternatiflerin sıralanmasında kullanılabilir. Literatür araştırmasında incelenen çalışmalarda ÇKKV yöntemlerinin her iki amaçla da kullanıldığı görülmektedir. Çizelge 2.1'de ÇKKV yöntemlerini, kriterleri ağırlıklandırmak ve

alternatifleri değerlendirmek amacı ile kullanan çalışmaların yer aldığı iki sütun bulunmaktadır.

Çizelge 2.1. Çok kriterli karar verme yöntemleri ve kullanım amaçları

ÇKKV Yöntemleri	Kriter ağırlıklandırmak için kullanan çalışmalar	Alternatifleri değerlendirmek için kullanan çalışmalar
AHP	Sarptas vd.(2005); Mahini ve Gholamalifard (2006); Gómez-Delgado ve Tarantola (2006); Melo vd. (2006); Gemitzi vd. (2007); Sumathi vd. (2008); Sharifi vd. (2009); Ersoy ve Bulut (2009); Guiqin vd. (2009); Moeinaddini vd. (2010); Şener vd. (2011); Afzali vd. (2011); Bah ve Tsiko (2011); Ouma vd. (2011); Saeed vd. (2012); Kara ve Doratli (2012); Donevska vd. (2012); Jafari vd. (2012); Eskandarivd. (2012); Gorsevski vd. (2012); Yıldırım (2012); Yal ve Akgün (2013); Aydi vd. (2013); Ohri ve Singh (2013); Demesouka vd. (2013); Gbaine vd. (2013); Uyan (2014); Ahmad vd. (2014); Feo ve Gisi (2014); Shahabi vd. (2014); Yal ve Akgün (2014); Alanbari vd. (2014); Foroughian ve Eslami (2015); Jamshidi vd. (2015); Kahvvevd. (2015); El Baba vd. (2015); Khan ve Samadder (2015); Demesouka vd. (2016); Bahrani vd. (2016); Nenkovic-Riznic vd. (2016); Yıldırım ve Güler (2016); Kharlamova vd. (2016); Kim vd. (2016); Bosompem vd. (2016); Ismail (2016); Chabuk vd. (2016); Chabuk vd. (2017 a); Chabuk vd. (2017 b);Elhamdounivd. (2017); Mahmood vd. (2017); Christian ve MacWan (2017); Nascimento vd. (2017); Barakat vd. (2017); Rahmat vd. (2017); Khodaparast vd. (2018)	Ersoy ve Bulut (2009); Moeinaddini vd. (2010); Feo ve Gisi (2014); Khan ve Samadder (2015); Demesouka vd. (2016)
ANP	Afzali vd. (2014); Motlagh ve Sayadi (2015); Hamzeh vd. (2015); Zanjani ve Rezaei (2017); Soroudi vd. (2018)	Afzali vd. (2014)
FAHP	Torabi-Kaveh vd. (2016); Hanine vd. (2017)	
MACBETH	Demesouka vd. (2016)	Demesouka vd. (2016)
Bulanık Gama Yöntemi	Baiocchi vd. (2014)	
Temel Bileşenler Analizi	Jordá-Borre vd. (2014)	
SAW		Mahini ve Gholamalifard (2006); Gemitzi vd. (2007); Moeinaddini vd. (2010); Arunkumar ve Chandrakantha (2010);Afzalivd. (2011); Jafari vd. (2012);Khanlari vd. (2012); Yesilnacar vd. (2012); Arunkumar vd. (2013); Feo ve Gisi (2014); Chabuk vd.(2016);Chabuk vd. (2017 a);Chabuk vd. (2017 b); Mahmood vd. (2017); Rahmat vd. (2017)

Çizelge 2.1. Çok kriterli karar verme yöntemleri ve kullanım amaçları (devamı)

ÇKKV Yöntemleri	Kriter ağırlıklandırmak için kullanan çalışmalar	Alternatifleri değerlendirmek için kullanan çalışmalar
TOPSIS		Yal ve Akgün (2013); Demesouka vd. (2013); Yal ve Akgün (2014); Hanine vd. (2017)
PROMETHEE II		Hamzeh vd. (2015); Hanine vd. (2017)
OWA		Gorsevski vd. (2012); Zanjani ve Rezaei (2017)
ELECTRE III		Aydi vd. (2013)
Bulanık Sıralama		Chang vd. (2008)
Belirtilmemiş / Uygulanmamış	Sadek vd. (2006); Delgado vd. (2008); Chang vd. (2008); Biotta vd. (2009); Nas vd. (2010); Geneletti (2010); Pandeyvd. (2012); Issa vd. (2014); Goe vd. (2015); Samiullah vd. (2016); El Maguiri et al (2016); Akther vd. (2016); Afzali vd. (2017); Ali ve Pradhan (2017); Elhag vd. (2017)	Sarptas vd. (2005); Melo vd. (2006); Sadek vd. (2006); Delgado vd. (2008); Biotta vd. (2009); Şener vd. (2011); Ouma vd. (2011); Saeed vd. (2012); Donevska vd. (2012); Pandeyvd. (2012); Jafari vd. (2012); Eskandarivd. (2012); Gorsevski vd. (2012); Ohri ve Singh (2013); Gbaine vd. (2013); Ahmad vd. (2014); Issa vd. (2014); Jordá-Borre vd. (2014); Baiocchi vd. (2014); Alanbari vd. (2014); Foroughian ve Eslami (2015); Jamshidi vd. (2015); Goe vd. (2015); Kahvvevd. (2015); El Baba vd. (2015); Motlagh ve Sayadi (2015); Samiullah vd. (2016); El Maguiri vd. (2016); Akther vd. (2016); Nenkovic-Riznic vd. (2016); Kim vd. (2016); Torabi-Kaveh vd. (2016); Afzali vd. (2017); Elhamdouni vd. (2017); Elhag vd. (2017); Nascimento vd. (2017); Barakat vd. (2017); Zanjani ve Rezaei (2017); Khodaparast vd. (2018); Soroudi vd. (2018)

Çizelge 2.1’de verilen literatürdeki çalışmalarda kriter ağırlıklarının değerlendirilmesinde kullanım sıklıklarına göre sırası ile AHP (Analytic Hierarchy Process), ANP (Analytic Network Process), FAHP (Fuzzy Analytic Hierarchy Process), Bulanık Gama (Fuzzy Gamma) ve Temel Bileşenler Analizi (Principal Component Factor Analysis), MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical-based Evaluation Technique) yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir.

AHP yöntemi, Saaty (1980) tarafından önerilen ve geliştirilen en sık kullanılan ÇKKV yöntemlerinden birisidir. AHP yöntemi, bir karar hiyerarşisi üzerinde önceden tanımlanmış bir karşılaştırma skalası kullanarak, gerek kararı etkileyen faktörler, gerekse bu faktörlerin karar noktalarının önem değerleri açısından, birebir karşılaştırmalara dayanmaktadır (Soltani vd., 2015). Tez çalışması kapsamında incelenen 84 makale

arasında AHP yöntemi yaklaşık %65,5 oranı ile en sık kullanılan yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. AHP yöntemini kullanan çalışmaların tümünde ilgili yöntem kriterlerin ağırlıklandırılmasında kullanırken, beş tanesinde hem kriterlerin ağırlıklandırılmasında hem de alternatif lokasyonların değerlendirilmesinde kullanılmıştır (Ersoy ve Bulut, 2009; Moeinaddini vd., 2010; Feo ve Gisi, 2014; Khan ve Samadder, 2015; Demesouka vd., 2016).

AHP yöntemi, gerçek hayatta birçok karar verme probleminin çözümünde etkin bir biçimde kullanılmasına rağmen, ikili karşılaştırmalar yaparken kesin sayılar kullanmasından dolayı eleştirilmektedir (Dağdeviren, 2007). Ayrıca belirsizlik ve kararsızlık durumlarını ele almada yetersiz olması (Deng, 1999) ve uzman kişinin bilgilerini ele alsa da, insani düşünme tarzını yansıtamaması (Kahraman vd., 2003) nedenlerinden dolayı eleştirilmektedir. Yöntemin karar verme konusundaki bu eksikliklerinin önüne geçmek amacıyla yöntem bulanık mantık ile entegre edilerek FAHP yöntemi ortaya konmuştur. İncelenen çalışmaların iki tanesinde FAHP yöntemi kriterlerin ağırlıklandırılmasında kullanıldığı görülmektedir. Torabi-Kaveh vd. (2016), Chang (1996) tarafından geliştirilen; Hanine vd. (2017), Buckley (1995) tarafından geliştirilen FAHP yöntemini kullanmıştır.

ANP yöntemi, Saaty (1997) tarafından ÇKKV problemlerinin çözümü için geliştirilen bir yöntemdir. AHP yönteminin daha genelleştirilmiş bir hali olan ANP yöntemi, daha karmaşık sorunları ele alabilen bir yöntemdir. ANP'de AHP'deki gibi yukarıdan aşağıya tek yönlü bir hiyerarşi yerine ağ yapısı vardır. Bir küme içerisindeki kriterler ve alternatifler birbirleri ile etkileşim içinde olabildikleri gibi kümeler arasında da etkileşimler olabilmektedir. ANP, hem nicel hem de nitel veri türleri için uygun olması ve aynı zamanda alternatifler arasındaki karşılıklı bağımlılık ve geri bildirim probleminin üstesinden gelebilmesi yönleri diğer yöntemlere göre avantaj sağlamaktadır (Tzeng ve Huang, 2011). İncelenen çalışmaların yaklaşık olarak %6'sında ANP yöntemi kriterlerin ağırlıklandırılmasında kullanılırken, Afzali vd. (2014) hem kriterlerin ağırlıklandırılmasında hem de alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanmıştır.

Bu yöntemlerin dışında kriter ağırlıklarının belirlenmesinde Jordá-Borrell vd. (2014), Temel Bileşenler Analizi yöntemini; Baiocchi vd. (2014), Bulanık Gama yöntemini kullanmıştır.

ÇKKV yöntemleri kriter ağırlıklarının belirlenmesinde ve/veya alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Çizelge 2.1’de ikinci sütunda alternatiflerin değerlendirilmesinde ÇKKV yöntemlerini kullanan çalışmalar yer almaktadır. Bu çalışmalar kullanım sıklıklarına göre sırası ile SAW (Simple Additive Weighting), AHP, TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), PROMETHEE (The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) II, OWA (Ordered Weighted Averaging), ANP, ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality English), MACBETH, Bulanık Sıralama (Fuzzy ranking) yöntemleridir. İncelenen çalışmalarda AHP, ANP ve MACBETH yöntemlerinin hem kriterlerin ağırlıklandırılmasında hem de alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanıldığı görülmektedir.

Churchman ve Ackoff (1954) tarafından portföy seçim problemine uygulanarak literatüre kazandırılan SAW (Simple Additive Weighting) yöntemi, literatürde Ağırlıklı Toplam Model (Weighted Sum Model) ve WLC (Weighted Linear Combination) olarak da bilinmektedir (Tzeng ve Huang, 2011; Malczewski ve Rinner, 2015). SAW yöntemi, ağırlıklı ortalamaya dayanmaktadır ve her kriterin katkılarının toplamı ile bir indeks oluşturulmaktadır. Birbirinden farklı birimler toplanamayacağı için SAW metodunda da sıralamada kullanılan diğer ÇKKV yöntemleri gibi veriler standartlaştırılmaktadır. İncelenen çalışmaların yaklaşık %17,9’unda SAW yöntemi alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılmıştır. Çalışmalarda SAW yöntemi ile alternatifler değerlendirilirken kriter ağırlıklarının hesaplanması için farklı bir ÇKKV yöntemi ile melezlenmiştir. 11 çalışmada ağırlıklar AHP yöntemi ile elde edilirken, 4 çalışmada ağırlıklar puanlanarak elde edilmiştir.

Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen TOPSIS yöntemi, alternatiflerin sıralanmasında kullanılan bir ÇKKV yöntemlerinden birisidir. TOPSIS yöntemi uygulanmasının ve sonuçlarının yorumlanmasının kolay olması nedeni ile literatürde sıklıkla kullanılmaktadır. TOPSIS yöntemi karar noktalarının ideal çözüme yakınlığı ana

prensibine dayanır. Yöntem alternatiflerin geometrik anlamda pozitif ideal çözüme en az uzaklıkta ve negatif ideal çözüme en fazla uzaklıkta olma esasına dayanır (Uzun ve Kazan, 2016). İdeal ya da pozitif ideal çözüm olarak ifade edilen çözüm, fayda kriterini maksimize eden, maliyet kriterini ise minimize eden çözümdür. İncelenen çalışmalarda alternatiflerin sıralanmasında TOPSIS yöntemi dört defa kullanılmıştır. Kriter ağırlıklarının elde edilmesi için çalışmaların üçünde AHP yöntemi ile birinde FAHP yöntemi ile melezlenmiştir.

PROMETHEE yöntemi 1982 yılında Jean-Pierre Brans tarafından geliştirilen alternatiflerin sıralanmasında kullanılan bir ÇKKV yöntemidir (Dağdeviren ve Eraslan, 2008). PROMETHEE I yöntemi, kısmi sıralama vermesi nedeniyle yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle alternatiflerin tam sıralamasını veren PROMETHEE II yöntemi geliştirilmiştir (Yıldırım ve Önder, 2015). İncelenen çalışmaların iki tanesinde PROMETHEE II yöntemi kullanılmıştır. İlgili çalışmalarda kriter ağırlıklarının belirlenmesinde FAHP ve ANP yöntemleri kullanılmıştır.

Ronald R. Yager (1988), tarafından literatüre kazandırılan OWA yaklaşımı, karar vericilerin iyimserlik/kötümserlik düzeyini ölçebilir bir şekilde ele alan ve karar vericilerin farklı risk tutumlarının nihai sonuç üzerinde etkili bir faktör olarak dikkate alan bir toplama operatörüdür (Mianabadi vd., 2014). İncelenen çalışmaların iki tanesinde kullanılan OWA yaklaşımı kullanılırken, bu çalışmalarda kriter ağırlıklarının belirlenmesinde AHP ve ANP yöntemleri kullanılmıştır.

ELECTRE yöntemi ilk olarak Bernard Roy tarafından 1965 yılında bir konferansta sunulmuştur. ELECTRE yöntemi, problemi ele alınışına göre kendi içinde; seçim, sıralama ve sınıflama olmak üzere üç başlık altında ele almaktadır. ELECTRE yöntemleri arasında en çok kullanılan ELECTRE III yöntemidir. Bu yöntem sıralama problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır (Önder ve Yıldırım, 2015). İncelenen çalışmalarda bir tanesinde ELECTRE III yöntemi kullanılmıştır. Kriter ağırlıklarının belirlenmesi için AHP yöntemi ile melezlenmiştir.

MACBETH yöntemi, 1990'ların başında Carlos Antonio Bana e Costa ve Jean-Claude Vansnick tarafından geliştirilmiştir (Demesouka vd., 2016). Yöntem kullanıcı açısından değerlendirildiğinde AHP yöntemine oldukça benzemektedir. Her iki metot da

kullanıcı tarafından belirlenmiş olan ikili karşılaştırma sonuçlarına dayanmaktadır. Ancak AHP yöntemi oran ölçek kullanırken, MACBETH yöntemi aralık ölçek kullanmaktadır (Yıldırım ve Önder, 2015). MACBETH yönteminin incelenen çalışmalar sadece Demesouka vd. (2016) tarafından kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada yöntem hem kriterlerin ağırlıklandırılmasında hem alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılmıştır.

KADTYS'de çevresel, sosyal, mühendislik ve ekonomik vb. ana kriterler altında göz önünde bulundurulması gereken birçok alt kriter bulunmaktadır. KADTYS sonucunda olası bir hatalı yer seçimi ciddi çevresel sorunlara yol açabileceğinden dolayı karar vericiler (KV) kriterleri değerlendirirken tek bir tercih yapmakta zorlanmakta ve tereddütlü durumlar oluşmaktadır. Bu nedenle tez çalışmasında Torra (2010) tarafından ortaya konulan Tereddütlü Bulanık Kümeler'in (Hesitant Fuzzy Set - HFS) kullanılmasının uygun olduğu düşünülerek, literatürden farklı olarak kriterler ağırlıklarının belirlenmesinde HFLTS temelli ÇKKV yöntemi kullanılmaktadır. Bu sayede KV'lerin iki alternatifi kıyaslarken daha esnek ve anlatımsal olarak daha zengin ifadeler kullanmasına olanak sağlanmıştır.

2.2. Katı Atık Depolama Yeri Seçiminde Kullanılan Kriterler

CBS-ÇKKV temelli KADTYS problemlerinde kullanılacak kriterlerin seçimi en az ÇKKV yöntemi seçimi kadar önemli bir adımdır. Kriter seçimi yaparken bölgenin sosyal, ekonomik, çevresel, jeolojik, hidrolojik vb. özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır. Bölgenin bu özelliklerinin yanında ulusal ve/veya yerel yönetimler tarafından yürürlüğe konulan yasalar ve yönetmelikler de dikkate alınmalıdır.

Literatürde yer alan 84 makale incelendiğinde KADTYS'de yaklaşık 40 kriterin kullanıldığı görülmektedir. İncelenen makalelerde kullanılan kriterler ve bu kriterlerin kullanım sıklıkları Çizelge 2.2'de, ilgili kriterleri kullanan çalışmalar ise Çizelge 2.3'de yer almaktadır.

İncelenen çalışmalarda yer alan kriterler, ÇKKV yönteminde kullanılmak üzere ana kriterler altında kümelendirilmiştir. Örneğin Barakat vd. (2017) yaptıkları çalışmada karayolları, yükselti, eğim kriterlerini ekonomik; bakı, yerleşim bölgeleri, jeoloji, faylar,

yüzey suları, yeraltı suları ve arazi kullanımı kriterlerini çevresel ana kriteri altında değerlendirmiştir. Çalışmalarda kullanılan ana kriterler arasında; çevresel (Chabuk vd., 2017a; Afzali vd., 2017; Nascimento vd., 2017; Barakat vd., 2017), sosyo-ekonomik (Afzali vd., 2014; Foroughian ve Eslami, 2015; Khan ve Samadder, 2015; Motlagh ve Sayadi, 2015; Soroudi vd., 2018), hidrografi (Demesouka vd., 2013; Foroughian ve Eslami, 2015; Demesouka vd., 2016; Elhamdouni vd., 2017; Khodaparast vd., 2018), ekonomik (Kara ve Doratli, 2012; Donevska vd., 2012; Gbaine vd., 2013; Uyan, 2014; Jamshidi vd., 2015) ve sosyal (Pandey vd., 2012; Arun vd., 2013; Demesouka vd., 2013; Uyan, 2014; Samiullah vd., 2016) kriterleri daha sıklıkla kullanılmaktadır.

Çizelge 2.2. Kriterlerin kullanım sıklıkları

Kriter	Sıklık	Kriter	Sıklık
Yüzey sularına	77	Atık kaynağı	13
Karayollarına	73	Sel	12
Yerleşim bölgelerine	70	Doğalgaz ve petrol boru hatları	11
Eğim	69	Kıyı şeridi	8
Arazi kullanımı	67	Popülasyon yoğunluğu	7
Jeoloji	61	Toprak kayması	7
Yeraltı suları	53	Arazi maliyeti	7
Fay hatları	37	Erozyon	6
Çevresel koruma bölgeleri	34	Sıcaklık	6
Yükselti	31	Altyapı	7
Havaalanı ve helikopter pisti	31	Toprak derinliği	5
İçme suyu kaynakları ve hatları	24	Deprem bölgeleri	5
Doğal, tarihi ve turistik bölgeler	24	Maden bölgeleri	4
Elektrik hatları ve santralleri	24	Görünürlük	3
Demiryolları	20	Yapı malzemelerine erişim	3
Bakı	16	Doğal maden ve jeotermal su kaynakları	3
Endüstriyel bölgeler	14	Mevcut KADT'lere uzaklık	2
Yol ağına erişim	14	Transfer merkezlerine uzaklık	1
Yağış	14	Hava kirliliği	1
Tarımsal arazi kullanımı	13	İletişim hatları	1

Çalışmalarda kullanılan kriterler kullanım sıklıklarına göre değerlendirildiğinde yüzey suları, karayolları, yerleşim bölgeleri, eğim, arazi kullanımı ve jeoloji kriterlerinin çalışmaların çoğunda kullanıldıkları gözlemlenmektedir. Bu kriterlerin sıklıkla

kullanılmasının nedeni tüm bölgelerde değerlendirilmesi gereken ortak kriterler olmasıdır. Örneğin çalışma bölgesinde veya yakınlarında havaalanı yer almayabilir. Böyle bir çalışma bölgesinde bu kriterin değerlendirilmesi gereksiz olacaktır.

Bazı çalışmalarda kriterlerin, kriter ve/veya kısıt olarak kullanıldığı görülmektedir. Kriter olarak, bölge için ilgili kriterin önem seviyesinin belirlenmesi amacı ile kullanılırken; kısıt olarak, tesis kurulması potansiyel olarak mümkün olmayan alanların belirlenmesi amacı ile kullanılmaktadır. Örneğin Sahahabi vd. (2015) çalışmalarında, yüzey sularını, hem kriter hem de kısıt olarak kullanmıştır. Yüzey sularının 300m yakınlarındaki bölgeleri kısıt olarak belirleyerek yüzey suları ve 300m'ye kadar olan bölgeleri kesinlikle uygun olmayan bölge olarak belirlemiştir. Bunun yanında çalışma bölgesini, yüzey sularına olan uzaklığına göre değerlendirerek uygunluk değeri tanımlamıştır. Böylece hem yüzey suları ve 300m yakınına tesis kurulmasını kısıtlamış hem de diğer bölgeleri yüzey sularına uzaklıklarına göre değerlendirmiştir.

Yerleşim bölgeleri ve atık kaynağına uzaklık kriterleri aslında aynı kriterler gibi görünmektedir. Ancak çalışmalarda bu kritere farklı bakış açıları ile yaklaşılmaktadır. Depolama tesislerinin, sağlık problemleri ve toplumsal huzursuzluk gibi durumlara neden olabileceği düşünülerek yerleşim bölgelerine yakın olması istenmemekle birlikte, atık kaynağından depolama tesisine taşıma maliyetleri göz önünde bulundurularak fazla uzakta olması da istenmemektedir. Yerleşim bölgelerine uzaklık kriteri çalışmalarda farklı bakış açıları ile değerlendirildiğinden farklı isimlerde kullanılmaktadır. Bununla birlikte çalışmaların büyük bir çoğunluğunda insanların yer aldığı tüm bölgeler yerleşim bölgeleri olarak değerlendirilirken (Eskandari vd., 2012; Arunkumar vd., 2013; Afzali vd., 2014), bazı çalışmalarda endüstriyel bölgeler ayrı bir kriter olarak (Yesilnacar vd., 2012; Motlagh ve Sayadi, 2015; Elhag ve Bahrawi, 2017) değerlendirilmiştir.

Çalışmalarda sismik etkinin faylar ve deprem bölgeleri olmak üzere iki farklı kriterde değerlendirildiği görülmektedir. Faylar kriterini kullanan çalışmalar, çalışma bölgesini bölgede yer alan faylara uzaklığa göre değerlendirirken (Demesouka vd., 2013; Baiocchi vd., 2014; Nascimento vd., 2017); deprem bölgeleri kriterini kullanan çalışmalar çalışma bölgesinin girdiği deprem sınıfına göre değerlendirmiştir (Demesouka vd., 2013; Kahvand vd., 2015; Yıldırım ve Güler, 2016). Bazı çalışmalar sismik etkinin

değerlendirilmesinde her iki kriteride kullanılmaktadır (Gómez-Delgado ve Tarantola, 2006; Demesouka vd., 2013; Nascimento vd., 2017).

Yüzey suları kriterinde sismik etki ile benzer bir durum söz konusudur. Bazı çalışmalar yüzey suları kriterinde yüzeyde yer alan tüm suları (ırmak, göl, gölet, içme suyu bölgeleri vb.) göz önünde değerlendirirken (Ohri ve Singh, 2013; Yal ve Akgün, 2014; Samiullah vd., 2016), bazı çalışmalar içme suyu kaynaklarını ayrı kriterler olarak değerlendirmiştir (Delgado vd., 2008; Eskandari vd., 2012; Kahvand vd., 2015). Bakı kriteri, depolama tesislerinde oluşacak kötü kokuların bölgedeki aktif rüzgarlar vasıtasıyla yerleşim bölgelerine taşınmasını engellemek amacı ile kullanılmaktadır. Yerleşim bölgelerine göre rüzgar yönündeki yamaçlara kurulacak tesisler bu kokuları taşıyacağından, çalışmalarda bu bölgeler düşük uygunluk seviyesinde tanımlanmıştır.

Çizelge 2.3. Kriterler ve kriteri kullanan çalışmalar

Kriter	Kriteri kullanan çalışmalar
Yüzey suları	Mahini ve Gholamalifard (2006); Gómez-Delgado ve Tarantola (2006); Melo vd. (2006); Sadek vd. (2006); Gemitzi vd. (2007); Sumathi vd. (2008); Delgado vd. (2008); Chang vd. (2008); Sharifi vd. (2009); Ersoy ve Bulut (2009); Guiqin vd. (2009); Arunkumar ve Chandrakantha (2010); Geneletti (2010); Moeinaddini vd. (2010); Afzali vd. (2011); Ouma vd. (2011); Bah ve Tsiko (2011); Şener vd. (2011); Saeed vd. (2012); Kara ve Doratli (2012); Donevska vd. (2012); Eskandari vd. (2012); Pandey vd. (2012); Yesilnacar vd. (2012); Gorsevski vd. (2012); Khanlari vd. (2012); Jafari vd. (2012); Yıldırım (2012); Yal ve Akgün (2013); Arunkumar vd. (2013); Demesouka vd. (2013); Gbanie vd. (2013); Aydi vd. (2013); Ohri ve Singh (2013); Uyan (2014); Ahmad vd. (2014); Issa vd. (2014); Shahani vd. (2014); Afzali vd. (2014); Jordá-Borrell vd. (2014); Baiocchi vd. (2014); Yal ve Akgün (2014); Alanbari vd. (2014); Goe vd. (2015); Khan ve Samadder (2015); Motlagh ve Sayadi (2015); Kahvand vd. (2015); Foroughian ve Eslami (2015); Jamshidi vd. (2015); Hamzeh vd. (2015); Samiullah vd. (2016); Demesouka vd. (2016); Bosompen vd. (2016); El Maguiri vd. (2016); Bahrani vd. (2016); Torabi-Kaveh vd. (2016); Nenkovic-Riznic vd. (2016); Yıldırım ve Güler (2016); Kharlamova vd. (2016); Kim vd. (2016); Ismail (2016); Chabuk vd. (2016); Christian vd. (2017); Chabuk vd. (2017); Elhag ve Bahrawi (2017); Nascimento vd. (2017); Barakat vd. (2017); Chabuk vd. (2017); Afzali vd. (2017); Ali ve Pradhan (2017); Elhamdouni vd. (2017); Mahmood vd. (2017); Zanjani ve Rezaei (2017); Rahmat vd. (2017); Khodaparast vd. (2018); Soroudi vd. (2018); Khan vd. (2018)
Karayolları	Mahini ve Gholamalifard (2006); Gómez-Delgado ve Tarantola (2006); Melo vd. (2006); Sadek vd. (2006); Gemitzi vd. (2007); Sumathi vd. (2008); Delgado vd. (2008); Chang vd. (2008); Sharifi vd. (2009); Ersoy ve Bulut (2009); Guiqin vd. (2009); Arunkumar ve Chandrakantha (2010); Nas ve Cay (2010); Moeinaddini vd. (2010); Afzali vd. (2011); Ouma vd. (2011); Bah ve Tsiko (2011); Şener vd. (2011); Saeed vd. (2012); Kara ve Doratli (2012); Donevska vd. (2012); Eskandari vd. (2012); Pandey vd. (2012); Yesilnacar vd. (2012); Gorsevski vd. (2012); Khanlari vd. (2012);

Çizelge 2.3. Kriterler ve kriteri kullanan çalışmalar (devamı)

Kriter	Kriteri kullanan çalışmalar
Karayolları	Jafari vd. (2012); Yıldırım (2012); Yal ve Akgün (2013); Arunkumar vd. (2013); Gbanie vd. (2013); Aydi vd. (2013); Ohri ve Singh (2013); Uyan (2014); Ahmad vd. (2014); Issa vd. (2014); Feo ve Gisi (2014); Shahani vd. (2014); Afzali vd. (2014); Jordá-Borrell vd. (2014); Baiocchi vd. (2014); Yal ve Akgün (2014); Alanbari vd. (2014); El baba vd. (2015); Goe vd. (2015); Khan ve Samadder (2015); Motlagh ve Sayadi (2015); Kahvand vd. (2015); Foroughian ve Eslami (2015); Jamshidi vd. (2015); Hamzeh vd. (2015); Samiullah vd. (2016); Demesouka vd. (2016); Bosompen vd. (2016); El Maguiri vd. (2016); Bahrani vd. (2016); Torabi-Kaveh vd. (2016); Nenkovic-Riznic vd. (2016); Yıldırım ve Güler (2016); Kharlamova vd. (2016); Chabuk vd. (2016); Christian vd. (2017); Chabuk vd. (2017); Elhag ve Bahrawi (2017); Barakat vd. (2017); Chabuk vd. (2017); Ali ve Pradhan (2017); Elhamdouni vd. (2017); Mahmood vd. (2017); Zanjani ve Rezaei (2017); Rahmat vd. (2017); Soroudi vd. (2018); Khan vd. (2018)
Yerleşim bölgeleri	Sarptas vd. (2005); Mahini ve Gholamalifard (2006); Gómez-Delgado ve Tarantola (2006); Melo vd. (2006); Sadek vd. (2006); Gemitzi vd. (2007); Delgado vd. (2008); Sharifi vd. (2009); Biotto vd. (2009); Ersoy ve Bulut (2009); Guiqin vd. (2009); Arunkumar ve Chandrakantha (2010); Geneletti (2010); Nas ve Cay (2010); Moeinaddini vd. (2010); Afzali vd. (2011); Ouma vd. (2011); Bah ve Tsiko (2011); Kara ve Doratli (2012); Donevska vd. (2012); Eskandari vd. (2012); Pandey vd. (2012); Yesilnacar vd. (2012); Gorsevski vd. (2012); Khanlari vd. (2012); Jafari vd. (2012); Yıldırım (2012); Yal ve Akgün (2013); Arunkumar vd. (2013); Gbanie vd. (2013); Aydi vd. (2013); Ohri ve Singh (2013); Uyan (2014); Ahmad vd. (2014); Issa vd. (2014); Feo ve Gisi (2014); Shahani vd. (2014); Afzali vd. (2014); Jordá-Borrell vd. (2014); Baiocchi vd. (2014); Yal ve Akgün (2014); Khan ve Samadder (2015); Motlagh ve Sayadi (2015); Kahvand vd. (2015); Foroughian ve Eslami (2015); Jamshidi vd. (2015); Hamzeh vd. (2015); Demesouka vd. (2016); Bosompen vd. (2016); Bahrani vd. (2016); Akther vd. (2016); Torabi-Kaveh vd. (2016); Nenkovic-Riznic vd. (2016); Yıldırım ve Güler (2016); Kharlamova vd. (2016); Chabuk vd. (2016); Chabuk vd. (2017); Elhag ve Bahrawi (2017); Hanine vd. (2017); Barakat vd. (2017); Chabuk vd. (2017); Afzali vd. (2017); Ali ve Pradhan (2017); Elhamdouni vd. (2017); Mahmood vd. (2017); Zanjani ve Rezaei (2017); Rahmat vd. (2017); Khodaparast vd. (2018); Soroudi vd. (2018); Khan vd. (2018)
Eğim	Gómez-Delgado ve Tarantola (2006); Melo vd. (2006); Sadek vd. (2006); Gemitzi vd. (2007); Delgado vd. (2008); Sharifi vd. (2009); Ersoy ve Bulut (2009); Guiqin vd. (2009); Arunkumar ve Chandrakantha (2010); Geneletti (2010); Nas ve Cay (2010); Moeinaddini vd. (2010); Afzali vd. (2011); Ouma vd. (2011); Bah ve Tsiko (2011); Şener vd. (2011); Kara ve Doratli (2012); Donevska vd. (2012); Pandey vd. (2012); Yesilnacar vd. (2012); Gorsevski vd. (2012); Khanlari vd. (2012); Jafari vd. (2012); Yıldırım (2012); Yal ve Akgün (2013); Arunkumar vd. (2013); Demesouka vd. (2013); Gbanie vd. (2013); Aydi vd. (2013); Ohri ve Singh (2013); Uyan (2014); Ahmad vd. (2014); Issa vd. (2014); Shahani vd. (2014); Afzali vd. (2014); Baiocchi vd. (2014); Yal ve Akgün (2014); Alanbari vd. (2014); Goe vd. (2015); Khan ve Samadder (2015); Motlagh ve Sayadi (2015); Kahvand vd. (2015); Foroughian ve Eslami (2015); Jamshidi vd. (2015); Hamzeh vd. (2015); Samiullah vd. (2016); Demesouka vd. (2016); Bosompen vd. (2016); El Maguiri vd. (2016); Bahrani vd. (2016); Torabi-Kaveh vd. (2016); Nenkovic-Riznic vd. (2016); Yıldırım ve Güler (2016); Kharlamova vd. (2016); Ismail (2016); Chabuk vd. (2016); Christian vd. (2017); Chabuk vd. (2017); Elhag ve Bahrawi (2017); Nascimento vd. (2017); Barakat vd. (2017); Chabuk vd. (2017);

Çizelge 2.3. Kriterler ve kriteri kullanan çalışmalar (devamı)

Kriter	Kriteri kullanan çalışmalar
Eğitim	Afzali vd. (2017); Elhamdouni vd. (2017); Zanjani ve Rezaei (2017); Rahmat vd. (2017); Khodaparast vd. (2018); Soroudi vd. (2018); Khan vd. (2018)
Arazi kullanımı	Sarptas vd. (2005); Melo vd. (2006); Sadek vd. (2006); Gemitzi vd. (2007); Sumathi vd. (2008); Delgado vd. (2008); Chang vd. (2008); Sharifi vd. (2009); Ersoy ve Bulut (2009); Guiqin vd. (2009); Arunkumar ve Chandrakantha (2010); Geneletti (2010); Nas ve Cay (2010); Moeinaddini vd. (2010); Afzali vd. (2011); Şener vd. (2011); Saeed vd. (2012); Kara ve Doratli (2012); Donevska vd. (2012); Pandey vd. (2012); Yesilnacar vd. (2012); Gorsevski vd. (2012); Jafari vd. (2012); Yıldırım (2012); Yal ve Akgün (2013); Arunkumar vd. (2013); Demesouka vd. (2013); Gbanie vd. (2013); Aydi vd. (2013); Ohri ve Singh (2013); Uyan (2014); Ahmad vd. (2014); Feo ve Gisi (2014); Shahani vd. (2014); Afzali vd. (2014); Jordá-Borrell vd. (2014); Yal ve Akgün (2014); Alanbari vd. (2014); El baba vd. (2015); Goe vd. (2015); Khan ve Samadder (2015); Motlagh ve Sayadi (2015); Kahvand vd. (2015); Foroughian ve Eslami (2015); Jamshidi vd. (2015); Hamzeh vd. (2015); Samiullah vd. (2016); Demesouka vd. (2016); El Maguiri vd. (2016); Bahrani vd. (2016); Torabi-Kaveh vd. (2016); Yıldırım ve Güler (2016); Ismail (2016); Chabuk vd. (2016); Christian vd. (2017); Chabuk vd. (2017); Elhag ve Bahrawi (2017); Hanine vd. (2017); Barakat vd. (2017); Chabuk vd. (2017); Afzali vd. (2017); Elhamdouni vd. (2017); Zanjani ve Rezaei (2017); Rahmat vd. (2017); Khodaparast vd. (2018); Soroudi vd. (2018); Khan vd. (2018)
Jeoloji	Mahini ve Gholamalifard (2006); Gómez-Delgado ve Tarantola (2006); Melo vd. (2006); Sadek vd. (2006); Gemitzi vd. (2007); Sumathi vd. (2008); Delgado vd. (2008); Chang vd. (2008); Sharifi vd. (2009); Ersoy ve Bulut (2009); Arunkumar ve Chandrakantha (2010); Geneletti (2010); Moeinaddini vd. (2010); Afzali vd. (2011); Bah ve Tsiko (2011); Şener vd. (2011); Saeed vd. (2012); Kara ve Doratli (2012); Eskandari vd. (2012); Yesilnacar vd. (2012); Khanlari vd. (2012); Jafari vd. (2012); Yıldırım (2012); Yal ve Akgün (2013); Arunkumar vd. (2013); Demesouka vd. (2013); Gbanie vd. (2013); Aydi vd. (2013); Ohri ve Singh (2013); Uyan (2014); Ahmad vd. (2014); Issa vd. (2014); Afzali vd. (2014); Jordá-Borrell vd. (2014); Yal ve Akgün (2014); Alanbari vd. (2014); El baba vd. (2015); Khan ve Samadder (2015); Motlagh ve Sayadi (2015); Kahvand vd. (2015); Foroughian ve Eslami (2015); Jamshidi vd. (2015); Hamzeh vd. (2015); Demesouka vd. (2016); Bosompen vd. (2016); El Maguiri vd. (2016); Bahrani vd. (2016); Torabi-Kaveh vd. (2016); Nenkovic-Riznic vd. (2016); Yıldırım ve Güler (2016); Kharlamova vd. (2016); Chabuk vd. (2016); Chabuk vd. (2017); Elhag ve Bahrawi (2017); Hanine vd. (2017); Barakat vd. (2017); Chabuk vd. (2017); Mahmood vd. (2017); Zanjani ve Rezaei (2017); Rahmat vd. (2017); Soroudi vd. (2018)
Yeraltı suları	Mahini ve Gholamalifard (2006); Sadek vd. (2006); Gemitzi vd. (2007); Sumathi vd. (2008); Delgado vd. (2008); Chang vd. (2008); Sharifi vd. (2009); Ersoy ve Bulut (2009); Guiqin vd. (2009); Arunkumar ve Chandrakantha (2010); Moeinaddini vd. (2010); Afzali vd. (2011); Ouma vd. (2011); Şener vd. (2011); Kara ve Doratli (2012); Donevska vd. (2012); Eskandari vd. (2012); Yesilnacar vd. (2012); Gorsevski vd. (2012); Arunkumar vd. (2013); Demesouka vd. (2013); Gbanie vd. (2013); Aydi vd. (2013); Ahmad vd. (2014); Feo ve Gisi (2014); Shahani vd. (2014); Afzali vd. (2014); Baiocchi vd. (2014); El baba vd. (2015); Khan ve Samadder (2015); Kahvand vd. (2015); Jamshidi vd. (2015); Hamzeh vd. (2015); Samiullah vd. (2016); Demesouka vd. (2016); Bahrani vd. (2016); Nenkovic-Riznic vd. (2016); Yıldırım ve Güler (2016); Kharlamova vd. (2016); Ismail (2016); Chabuk vd. (2016); Chabuk vd. (2017); Elhag ve Bahrawi (2017); Nascimento vd. (2017);

Çizelge 2.3. Kriterler ve kriteri kullanan çalışmalar (devamı)

Kriter	Kriteri kullanan çalışmalar
Eğim	Hanine vd. (2017); Barakat vd. (2017); Chabuk vd. (2017); Afzali vd. (2017); Elhamdouni vd. Mahmood vd. (2017); Zanjani ve Rezaei (2017); Rahmat vd. (2017); Khodaparast vd.
Faylar	Gómez-Delgado ve Tarantola (2006); Melo vd. (2006); Sadek vd. (2006); Sumathi vd. (2008); Delgado vd. (2008); Sharifi vd. (2009); Ersoy ve Bulut (2009); Moeinaddini vd. (2010); Afzali vd. (2011); Ouma vd. (2011); Şener vd. (2011); Donevska vd. (2012); Eskandari vd. (2012); Gorsevski vd. (2012); Khanlari vd. (2012); Jafari vd. (2012); Yıldırım (2012); Yal ve Akgün (2013); Demesouka vd. (2013); Ahmad vd. (2014); Shahani vd. (2014); Afzali vd. (2014); Yal ve Akgün (2014); Goe vd. (2015); Motlagh ve Sayadi (2015); Kahvand vd. (2015); Jamshidi vd. (2015); Hamzeh vd. (2015); Bosompen vd. (2016); Bahrani vd. (2016); Yıldırım ve Güler (2016); Nascimento vd. (2017); Barakat vd. (2017); Afzali vd. (2017); Zanjani ve Rezaei (2017); Khodaparast vd. (2018); Soroudi vd. (2018)
Çevresel koruma bölgeleri	Gómez-Delgado ve Tarantola (2006); Melo vd. (2006); Sadek vd. (2006); Sumathi vd. (2008); Delgado vd. (2008); Sharifi vd. (2009); Ersoy ve Bulut (2009); Moeinaddini vd. (2010); Afzali vd. (2011); Ouma vd. (2011); Şener vd. (2011); Donevska vd. (2012); Eskandari vd. (2012); Gorsevski vd. (2012); Khanlari vd. (2012); Jafari vd. (2012); Yıldırım (2012); Yal ve Akgün (2013); Demesouka vd. (2013); Ahmad vd. (2014); Shahani vd. (2014); Afzali vd. (2014); Yal ve Akgün (2014); Goe vd. (2015); Motlagh ve Sayadi (2015); Kahvand vd. (2015); Jamshidi vd. (2015); Hamzeh vd. (2015); Bosompen vd. (2016); Bahrani vd. (2016); Yıldırım ve Güler (2016); Nascimento vd. (2017); Barakat vd. (2017); Afzali vd. (2017); Zanjani ve Rezaei (2017); Khodaparast vd. (2018); Soroudi vd. (2018)
Doğal, tarihi ve turistik bölgeler	Gómez-Delgado ve Tarantola (2006); Sadek vd. (2006); Gemitzi vd. (2007); Chang vd. (2008); Sharifi vd. (2009); Geneletti (2010); Moeinaddini vd. (2010); Afzali vd. (2011); Bah ve Tsiko (2011); Kara ve Doratli (2012); Donevska vd. (2012); Pandey vd. (2012); Gorsevski vd. (2012); Yıldırım (2012); Demesouka vd. (2013); Aydi vd. (2013); Uyan (2014); Feo ve Gisi (2014); Shahani vd. (2014); Afzali vd. (2014); Baiocchi vd. (2014); Motlagh ve Sayadi (2015); Foroughian ve Eslami (2015); Demesouka vd. (2016); Bahrani vd. (2016); Nenkov-Riznic vd. (2016); Kharlamova vd. (2016); Ismail (2016); Elhag ve Bahrawi (2017); Afzali vd. (2017); Zanjani ve Rezaei (2017); Rahmat vd. (2017); Soroudi vd. (2018); Khan vd. (2018)
Yükselti	Sadek vd. (2006); Sumathi vd. (2008); Sharifi vd. (2009); Guiqin vd. (2009); Geneletti (2010); Ouma vd. (2011); Şener vd. (2011); Donevska vd. (2012); Yesilnacar vd. (2012); Gorsevski vd. (2012); Jafari vd. (2012); Demesouka vd. (2013); Gbanie vd. (2013); Aydi vd. (2013); Uyan (2014); Jordá-Borrell vd. (2014); Baiocchi vd. (2014); El baba vd. (2015); Goe vd. (2015); Demesouka vd. (2016); Bahrani vd. (2016); Torabi-Kaveh vd. (2016); Yıldırım ve Güler (2016); Kharlamova vd. (2016); Chabuk vd. (2016); Chabuk vd. (2017); Elhag ve Bahrawi (2017); Barakat vd. (2017); Chabuk vd. (2017); Elhamdouni vd. (2017); Soroudi vd. (2018)
Havaalanlarına uzaklık	Gómez-Delgado ve Tarantola (2006); Sadek vd. (2006); Delgado vd. (2008); Chang vd. (2008); Ersoy ve Bulut (2009); Guiqin vd. (2009); Moeinaddini vd. (2010); Afzali vd. (2011); Ouma vd. (2011); Yesilnacar vd. (2012); Yıldırım (2012); Demesouka vd. (2013); Gbanie vd. (2013); Ohri ve Singh (2013); Uyan (2014); Ahmad vd. (2014); Shahani vd. (2014); Baiocchi vd. (2014); Alanbari vd. (2014); Goe vd. (2015); Khan ve Samadder (2015); Motlagh ve Sayadi (2015); Kahvand vd. (2015); Samiullah vd. (2016); Demesouka vd. (2016); Bosompen vd. (2016);

Çizelge 2.3. Kriterler ve kriteri kullanan çalışmalar (devamı)

Kriter	Kriteri kullanan çalışmalar
Havaalanlarına uzaklık	Kharlamova vd. (2016); Christian vd. (2017); Khodaparast vd. (2018); Soroudi vd. (2018); Khan vd. (2018)
İçme suları	Melo vd. (2006); Sadek vd. (2006); Gemitzi vd. (2007); Sumathi vd. (2008); Delgado vd. (2008); Chang vd. (2008); Sharifi vd. (2009); Nas ve Cay (2010); Moeinaddini vd. (2010); Bah ve Tsiko (2011); Eskandari vd. (2012); Demesouka vd. (2013); Aydi vd. (2013); Uyan (2014); Issa vd. (2014); Feo ve Gisi (2014); Shahani vd. (2014); Motlagh ve Sayadi (2015); Kahvand vd. (2015); Yıldırım ve Güler (2016); Elhag ve Bahrawi (2017); Nascimento vd. (2017); Elhamdouni vd. (2017); Khodaparast vd. (2018)
Elektrik hatları ve santralleri	Gómez-Delgado ve Tarantola (2006); Sadek vd. (2006); Moeinaddini vd. (2010); Saeed vd. (2012); Yesilnacar vd. (2012); Yıldırım (2012); Arunkumar vd. (2013); Demesouka vd. (2013); Ohri ve Singh (2013); Uyan (2014); Shahani vd. (2014); Alanbari vd. (2014); Jamshidi vd. (2015); Hamzeh vd. (2015); Demesouka vd. (2016); Bahrani vd. (2016); Nenkovic-Riznic vd. (2016); Chabuk vd. (2016); Chabuk vd. (2017); Chabuk vd. (2017); Elhamdouni vd. (2017); Khodaparast vd. (2018); Khan vd. (2018)
Demiryolları	Gómez-Delgado ve Tarantola (2006); Sadek vd. (2006); Gemitzi vd. (2007); Arunkumar ve Chandrakantha (2010); Nas ve Cay (2010); Moeinaddini vd. (2010); Pandey vd. (2012); Yıldırım (2012); Arunkumar vd. (2013); Ohri ve Singh (2013); Uyan (2014); Baiocchi vd. (2014); Alanbari vd. (2014); Foroughian ve Eslami (2015); Kharlamova vd. (2016); Chabuk vd. (2016); Chabuk vd. (2017); Chabuk vd. (2017); Ali ve Pradhan (2017); Soroudi vd. (2018)
Bakı	Mahini ve Gholamalifard (2006); Geneletti (2010); Moeinaddini vd. (2010); Şener vd. (2011); Eskandari vd. (2012); Demesouka vd. (2013); Gbanie vd. (2013); Feo ve Gisi (2014); Khan ve Samadder (2015); Kahvand vd. (2015); Torabi-Kaveh vd. (2016); Nenkovic-Riznic vd. (2016); Yıldırım ve Güler (2016); Kharlamova vd. (2016); Barakat vd. (2017); Soroudi vd. (2018)
Endüstriyel bölgeler	Gómez-Delgado ve Tarantola (2006); Sharifi vd. (2009); Biotto vd. (2009); Moeinaddini vd. (2010); Yesilnacar vd. (2012); Jordá-Borrell vd. (2014); Alanbari vd. (2014); Motlagh ve Sayadi (2015); Kahvand vd. (2015); Foroughian ve Eslami (2015); Demesouka vd. (2016); Nenkovic-Riznic vd. (2016); Elhag ve Bahrawi (2017); Khan vd. (2018)
Yol ağına erişim	Gómez-Delgado ve Tarantola (2006); Gemitzi vd. (2007); Biotto vd. (2009); Geneletti (2010); Feo ve Gisi (2014); Jordá-Borrell vd. (2014); Demesouka vd. (2016); Akther vd. (2016); Nenkovic-Riznic vd. (2016); Ismail (2016); Hanine vd. (2017); Afzali vd. (2017); Mahmood vd. (2017); Khodaparast vd. (2018)
Yağış	Sadek vd. (2006); Sharifi vd. (2009); Moeinaddini vd. (2010); Jafari vd. (2012); Arunkumar vd. (2013); Demesouka vd. (2013); Feo ve Gisi (2014); El baba vd. (2015); Khan ve Samadder (2015); Kahvand vd. (2015); Jamshidi vd. (2015); Hamzeh vd. (2015); Demesouka vd. (2016); Nascimento vd. (2017)
Tarımsal arazi kullanımı	Melo vd., (2006); Guiqin vd., (2009); Nas ve Cay, (2010); Kara ve Doratli, (2012); Eskandari vd., (2012); Pandey vd., (2012); Yal ve Akgün, (2013); Shahani vd., (2014); Yal ve Akgün, (2014); Kahvand vd., (2015); Chabuk vd., (2016); Chabuk vd., (2017); Khodaparast vd., (2018)
Atık kaynağına uzaklık	Melo vd. (2006); Gemitzi vd. (2007); Guiqin vd. (2009); Kara ve Doratli (2012); Eskandari vd. (2012); Gbanie vd. (2013); Aydi vd. (2013); Goe vd. (2015); Demesouka vd. (2016); Bosompen vd. (2016); El Maguiri vd. (2016); Bahrani vd. (2016); Rahmat vd. (2017)

Çizelge 2.3. Kriterler ve kriteri kullanan çalışmalar (devamı)

Kriter	Kriteri kullanan çalışmalar
Doğalgaz ve petrol boru hatları	Gómez-Delgado ve Tarantola (2006); Arunkumar ve Chandrakantha (2010); Yıldırım (2012); Demesouka vd. (2013); Uyan (2014); Alanbari vd. (2014); Hamzeh vd. (2015); Demesouka vd. (2016); Chabuk vd. (2016); Chabuk vd. (2017); Chabuk vd. (2017)
Sel	Moeinaddini vd. (2010); Ouma vd. (2011); Eskandari vd. (2012); Ohri ve Singh (2013); Afzali vd. (2014); Baiocchi vd. (2014); Goe vd. (2015); Foroughian ve Eslami (2015); Hamzeh vd. (2015); Nascimento vd. (2017); Afzali vd. (2017); Khan vd. (2018)
Kıyı şeridi	Sadek vd. (2006); Gemitzi vd. (2007); Bah ve Tsiko (2011); Yıldırım (2012); Demesouka vd. (2013); Aydi vd. (2013); Baiocchi vd. (2014); Goe vd. (2015)
Popülasyon yoğunluğu	Gómez-Delgado ve Tarantola (2006); Biotto vd. (2009); Donevska vd. (2012); Gorsevski vd. (2012); Aydi vd. (2013); Kim vd. (2016); Christian vd. (2017)
Toprak kayması	Gómez-Delgado ve Tarantola (2006); Ersoy ve Bulut (2009); Yıldırım (2012); Baiocchi vd. (2014); Yıldırım ve Güler (2016); Kim vd. (2016); Nascimento vd. (2017)
Arazi maliyeti	Gómez-Delgado ve Tarantola (2006); Sadek vd. (2006); Guiqin vd. (2009); Gbanie vd. (2013); Samiullah vd. (2016); Kim vd. (2016); Hanine vd. (2017)
Erozyon	Ouma vd. (2011); Yal ve Akgün (2013); Shahani vd. (2014); Yal ve Akgün (2014); Zanjani ve Rezaei (2017); Soroudi vd. (2018)
Sıcaklık	Sharifi vd. (2009); Moeinaddini vd. (2010); Demesouka vd. (2013); Demesouka vd. (2016); Nenkovic-Riznic vd. (2016); Nascimento vd. (2017)
Altyapı	Sadek vd. (2006); Delgado vd. (2008); Saeed vd. (2012); Issa vd. (2014); Nenkovic-Riznic vd. (2016); Elhag ve Bahrawi (2017); Soroudi vd. (2018)
Toprak derinliği	Delgado vd. (2008); Moeinaddini vd. (2010); Eskandari vd. (2012); Motlagh ve Sayadi (2015); Soroudi vd. (2018)
Deprem bölgeleri	Gómez-Delgado ve Tarantola (2006); Demesouka vd. (2013); Baiocchi vd. (2014); Demesouka vd. (2016); Nascimento vd. (2017)
Maden bölgeleri	Kara ve Doratli (2012); Demesouka vd. (2013); Feo ve Gisi (2014)
Görünürlük	Geneletti (2010); Moeinaddini vd. (2010); Jordá-Borrell vd. (2014)
Yapı malzemeleri	Donevska vd. (2012); Gorsevski vd. (2012); Hanine vd. (2017)
Transfer istasyonu	Sarptas vd. (2005); Christian vd. (2017); Hanine vd. (2017)
Doğal maden ve jeotermal su kaynakları	Kara ve Doratli, (2012); Demesouka vd., (2013); Feo ve Gisi, (2014)
Mevcut KADT'ne uzaklık	Sadek vd. (2006); Khan vd. (2018)

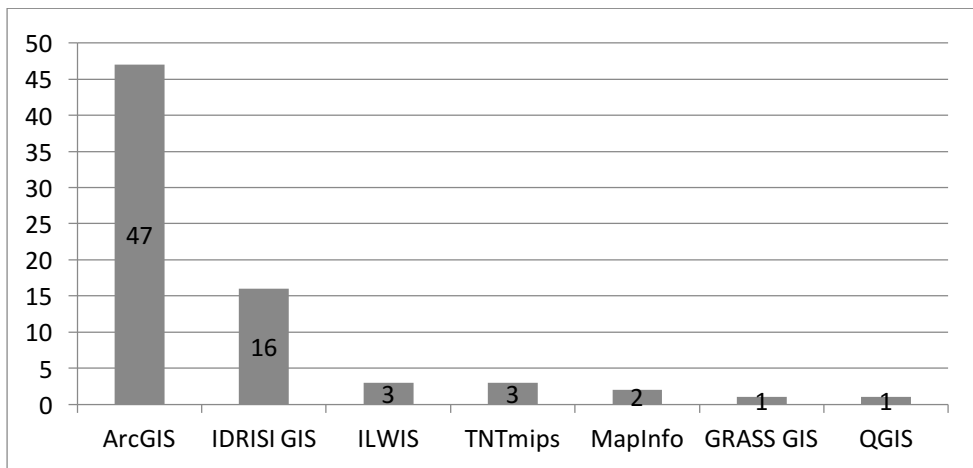
Çizelge 2.3. Kriterler ve kriteri kullanan çalışmalar (devamı)

Kriter	Kriteri kullanan çalışmalar
Hava kirliliği	Sumathi vd. (2008)
Transfer merkezlerine uzaklık	Christian vd., (2017)
İletişim hatları	Nenkovic-Riznic vd., (2016)

Tez çalışmasında çalışma bölgesinin konumu ve yasal yönetmelikler göz önünde bulundurularak, çevresel ve sosyo-ekonomik ana kriterleri altında 15 adet kriter ve 9 adet kısıt kullanılmasına karar verilmiştir. Çalışmada kullanılan kriterlerin detaylı açıklamaları ve uygulanan standartlaştırma yöntemleri ile ilgili detaylı bilgiler dördüncü bölümde verilmiştir.

2.3. Katı Atık Depolama Yeri Seçiminde Kullanılan Yazılımlar

CBS, coğrafi bilgi üzerinde çok çeşitli işlemleri gerçekleştirmek için tasarlanmış bir bilgisayar yazılımıdır. Dünyada yaygın olarak kullanılan ücretli ve ücretsiz birçok CBS yazılımı vardır. İncelenen çalışmalarda kullanılan CBS yazılımları ve kullanım sıklıkları Şekil 2.2’de yer almaktadır.



Şekil 2.2. Literatürde kullanılan coğrafi bilgi sistemi yazılımları

Şekilde ArcGIS yazılımının çalışmaların büyük bir çoğunluğunda tercih edildiği görülmektedir. ArcGIS’den sonra en sık IDRISI GIS yazılımı kullanılmaktadır. Ancak kullanım sıklıkları arasında büyük bir fark vardır. Diğer CBS yazılımlarının ise daha

nadiren kullanıldıkları görülmektedir. Çalışmalarda kullanılan yazılımlar arasında ILWIS, GRASS GIS ve QGIS yazılımları açık kaynak kodlu ve ücretsiz, diğer yazılımlar ise ücretlidir. Bazı çalışmalarda birden fazla CBS yazılımı kullanılmakla birlikte incelenen 84 yazılımın 17 tanesinde ise kullanılan yazılım belirtilmemiştir. Bu tez çalışmasında CBS yazılımı olarak ArcGIS yazılımı kullanılmıştır.



3. YÖNTEM

KADTYS süreci, doğal çevrenin kirletilmesi ve depolama yerinde oluşabilecek sosyal muhalefet risklerinden dolayı atık yönetim sistemi içerisinde en kritik görevlerden birisi olarak kabul edilmektedir. KADTYS süreci çevresel, sosyal ve ekonomik ana kriterleri altında birçok alt kriteri barındırmaktadır. İlgili kriterlerin bazıları mekânsal bazıları ise metinsel verilerdir. CBS-ÇKKV yaklaşımı, depolama sahası yer seçimi ve değerlendirmesi için en çok kullanılan yöntemdir (Malczewski, 2006). Bu bölümde öncelikle bu tez çalışmasında kullanılan metotlar ile ilgili genel bilgiler paylaşılmış, sonrasında KADTYS için melez bir yaklaşım önerilmiştir.

3.1. Coğrafi Bilgi Sistemi

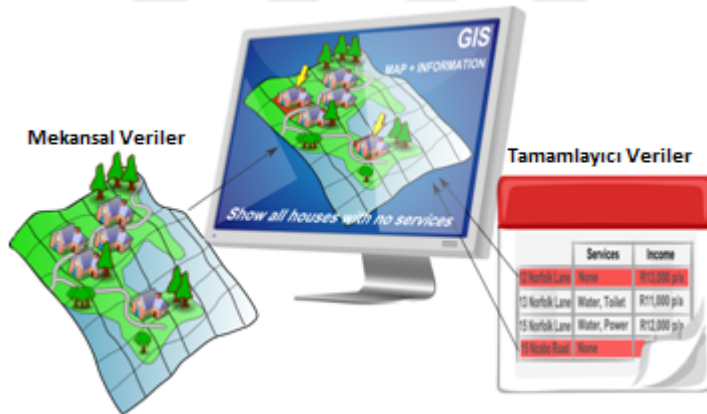
Coğrafi bilgi, dünya yüzeyinde veya yakınında bulunan yerler hakkında bilgi olarak tanımlanır ve çeşitli şekillerde düzenlenir. Dolayısıyla CBS, bu tür bilgilerin girilmesi, saklanması, görselleştirilmesi, ihraç edilmesi ve analiz edilmesi için fonksiyonlar içerir. Günümüzde CBS, küresel iklim değişikliği üzerine yapılan araştırmalardan, hastalık ve suç örüntülerine ya da bitki ve hayvan dağılımlarına kadar herhangi bir bilim alanından çok geniş bir uygulama alanına sahiptir (Goodchild, 2009). CBS'nin faydalarını genel olarak şu şekilde sıralayabiliriz (Töreay vd., 2010):

- Bilgi akışını hızlandırır.
- Daha verimli üretim ve envanter yönetimi sağlar.
- İş verimliliğini artırır.
- Etkili ve doğru analizler (acil durum müdahale, kritik bilgi analizleri vb.) sağlar.
- Veri güncelleme kolaylığı sağlar.
- İş gücünü artırır ve zaman kaybını önler.

3.1.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Veriler

Temiz bir sayısal veri tabanının oluşturulması, CBS'ler için en önemli ve zaman alıcı görevlerden birisidir. Güçlü bir mekânsal veri tabanının oluşturulması ve bakımı, başarılı bir CBS uygulamasının temel taşıdır. CBS teknolojisinin uygulanması sırasında ortaya çıkan maliyetlerin % 60-80'ini veri toplama, veri derleme ve veri tabanı geliştirme oluşturmaktadır (Buckley, 2018).

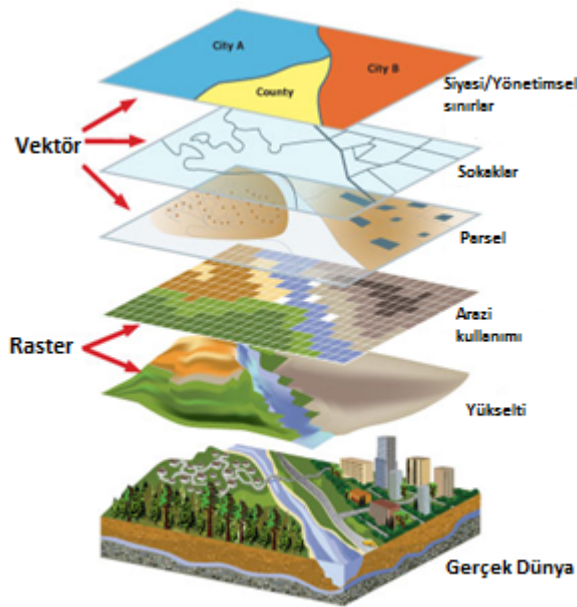
CBS'nin kaynağı olan veriler türlerine göre mekânsal veriler ve tanımlayıcı veriler olmak üzere ikiye ayrılır (Şekil 3.1). Mekânsal veriler, coğrafi varlıkların yerini, şeklini ve diğer mekânsal veriler ile ilişkilerini belirler. Örneğin bir ulaşım planlaması için, otobüs yolları, topoğrafik harita, mevcut yollar vb. mekânsal verilerdir. Tanımlayıcı veriler ise özelliklere ya da coğrafi varlıklara ait bilgilerin veri tabanında tutulması ile oluşan verilerdir. Diğer bir ifade ile CBS'de kullanılan haritalara ait verilerin özellikleri ile ilgili detayları içeren bilgilerdir. Örneğin karayolundaki trafik hacmi, nüfus yoğunluğu, şerit sayısı gibi bilgiler bu bilgi grubuna girer (Karaşahin ve Terzi, 2003; Töreay vd., 2010).



Şekil 3.1. Mekânsal ve tanımlayıcı veriler (ECSECC, 2018)

Mekânsal ve öznitelik verileri için birçok veri kaynağı vardır. En yaygın mekânsal veri kaynakları basılı kopyalar, hava fotoğrafları, uzaktan algılanan görüntüler, anketlerden elde edilen noktasal veriler ve mevcut sayısal veri dosyalardır. Tanımlayıcı veriler daha fazla çeşitlilikte veri kaynağına sahiptir. Coğrafi bir özellikten referans alınabilecek herhangi bir metin veya tablo verileri tanımlayıcı veri olarak CBS sistemine girilebilir.

Tüm mekânsal veri modelleri, coğrafi özelliklerin mekânsal konumunu bir veritabanında depolamak için kullanılan yaklaşımlardır. CBS'de veri modelleri vektörel veri ve raster veri olmak üzere iki şekilde oluşmaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Vektör ve raster veriler (Geologiveneto, 2018)

Vektör veri modelinde coğrafi bir özellik vektörler (yön çizgileri) kullanılarak temsil edilir. Vektör veriler, belirli koordinat değerleri (x ve y koordinatı) ile depolanan verilerdir. Vektör veriler noktasal (point) veri, çizgisel (line) veri, alansal (polygone) veri olmak üzere üçe ayrılır. Noktasal veriler, sadece koordinat değerleri ile ifade edilirken uzunluk ve alan bilgileri yoktur. Elektrik direkleri, kuyular, ağaçlar vb. noktasal veri türüne örnek verilebilir. Çizgisel veriler, başlangıç, bitiş ve yön değiştirdiği noktaların koordinatları ile tanımlıdır ve sadece uzunluk bilgisine sahiptirler. Yollar, akarsular, elektrik hatları çizgisel veri türüne örnek olarak verilebilir. Alansal veriler, başlangıç ve bitiş koordinatı aynı olan çizginin ifade biçimidir. Alansal veriler iki boyutludur. Bu nedenle bir coğrafi özelliğin alanını ve çevresini ölçmek için kullanılabilirler. Binalar, orman alanları, parseller alansal veri türüne örnek olarak verilebilir (Yomralıoğlu 2005; Töreay vd., 2010).

Raster veriler, hücrelere bağlı olarak temsil edilen verilerdir. Birbirlerine komşu ızgara yapıdaki hücrelerin bir araya gelmesi ile oluşurlar. Hücreler, aynı boyutta olup,

farklı renkte olabildikleri gibi, birbirini izleyen herhangi bir rengin tonları şeklinde de olabilir (Yomralıoğlu 2005).

Raster veri modelinde, her bir hücrenin (pikselin) bir değeri vardır. Hücre değerleri, kategori, büyüklük, yükseklik veya spektral değer gibi raster veri kümesi tarafından tasvir edilen olguyu temsil eder. Kategori, otlak, orman veya yol gibi bir arazi kullanım sınıfı olabilir. Büyüklük, yerçekimi veya ses kirliliğini temsil edebilir. Yükseklik (mesafe), eğim, görünüm ve havza özelliklerinden türetilmek için kullanılabilecek, ortalama deniz seviyesinin üzerindeki yüzey yüksekliğini temsil edebilir. Spektral değerler, ışık yansımaları ve rengini temsil etmek için uydu görüntülerinde ve hava fotoğrafçılığında kullanılır. Raster hücre değerleri pozitif veya negatif, tam sayı veya ondalık sayı olabilir (ArcGIS, 2018).

Raster veriler, vektör verilere göre daha fazla veri depolama kapasitesine sahiplerdir. Bazı konumsal analizler raster verilerde daha kolaydır. Ancak raster verilerin hassasiyeti hücre boyutu ile orantılı olduğu için hassas çalışmalarda veri kaybına neden olabilirler (Töreay vd., 2010).

3.1.2. Coğrafi Bilgi Sisteminin Temel Fonksiyonları

CBS'nin temel fonksiyonları; “veri toplama ve üretimi”, “veri depolama”, “sorgulama ve analiz” ve “çıkı oluşturma” olmak üzere dört ana başlık altında toplanabilir (Töreay vd., 2010).

Veri toplama ve üretim fonksiyonu, farklı ölçekteki haritalar, uydu görüntüleri, hava fotoğrafları ve yersel ölçüm ile elde edilen koordinat bilgileri gibi veri kaynaklarından elde edilen verilerin farklı yöntemlerle CBS'ye aktarılması işlemidir (Töreay vd., 2010).

Veri depolama fonksiyonu, coğrafi analizlerde ve sorgulamalarda etkin bir şekilde kullanılan vektör ve raster veri formatı şeklindeki verilerin depolanmasıdır. CBS'de veriler birbirlerinden soyutlanmış olarak ve tabakalar halinde bulunurlar (Töreay vd., 2010).

Sorgulama ve analiz fonksiyonu, CBS ortamında grafik ve/veya grafik olmayan (metinsel) verilerin belirli bir koordinat sisteminde modellenmesi ve modellerin yorumlanması işlemidir. Bu modellemeler sonucunda yeni veri kümeleri üretilebilmektedir. Tampon bölge oluşturma, bindirme analizleri, yakınlık analizleri, görünürlük analizleri, taşkın analizleri, yer seçimi analizleri, yoğunluk analizleri, kısayol ve altyapı yönetim analizleri ve yüzey analizleri bu tür analizlere örnek olarak verilebilir (Töreyen vd., 2010).

Çıktı oluşturma ya da görüntüleme fonksiyonu, depolanan verilerin, veri tabanına göre sınıflandırıldıktan sonra grafik görüntüler, normal haritalar veya türetilmiş bilgi ürünlerini temsil eden raporlar üretilmesine olanak sağlar.

3.1.3. Coğrafi Bilgi Sisteminin Kullanıldığı Problemler

Coğrafi Bilgi Sistemleri, mekânsal verilere ait sözel bilgileri veritabanında entegre bir şekilde saklama yeteneğinin yanı sıra, kendine has teknolojisiyle sorgulama ve istatistiksel analiz gibi klasik veri tabanı işlemlerini görselleştirme ve haritalar tarafından sağlanan coğrafi analizler ile birleştirmektedir. Bu yeteneği sayesinde CBS diğer bilgi sistemlerinden ayrılmakta, kamu ve özel girişimlerde olayların açıklanabilmesi, sonuçların tahmini ve strateji geliştirebilmesi bakımında önem kazanmaktadır. CBS'nin temel kullanım alanlarını aşağıda belirtilen şekilde bir dizi ana başlık altında toplamak mümkündür (Töreyen vd., 2010).

- Çevre Yönetimi: Çevre düzeni planlamaları (Waddell, 2002), çevre koruma alanları, ÇED raporu hazırlama, göller, göletler ve sulak alanların tespiti, çevresel izleme, hava (Briggs vd., 1997) ve gürültü kirliliği (Alam, 2011), kıyı yönetimi, meteoroloji (Wang, 2014) ve hidroloji.
- Doğal Kaynak Yönetimi: Arazi yapısı, su kaynakları, akarsular, havza analizleri, yabani hayat, yeraltı ve yer üstü doğal kaynak yönetimi, madenler ve petrol kaynakları (Mallawaarachchi vd., 1996).
- Mülkiyet-İdari Yönetim: Tapu-kadastro, vergilendirme, seçmen tespiti, nüfus, kentler, beldeler, kıyı sınırları, idari sınırlar, tapu bilgileri, mücavir alan dışında kalan alanlar ve imar planları uygulamaları.

- Bayındırlık Hizmetleri: İmar faaliyetleri, otoyollar, devlet yolları, demiryolları ön etütleri, deprem bölgeleri (Chen vd., 2012), afet yönetimi (Tran vd., 2004), bina hasar tespitleri, binaların cinslerine göre dağılımları ve bölgesel kalkınma dağılımı.
- Eğitim: Araştırma-inceleme, eğitim kurumlarının kapasiteleri ve bölgesel dağılımları, okuma-yazma oranları, öğrenci ve öğretmen sayıları ve planlama uygulamaları (Mulaku ve Nyadimo, 2011).
- Sağlık Yönetimi: Sağlık-coğrafya ilişkisi, sağlık birimlerinin dağılımı, personel yönetimi, hastane vb. birimlerin kapasiteleri, bölgesel hastalık analizleri, sağlık tarama faaliyetleri ve ambulans hizmetleri uygulamaları (Luo and Wang, 2003).
- Belediye Faaliyetleri: Kentsel faaliyetler, imar vergisi toplama, imar düzenlemeleri, çevre, park, bahçeler, fen işleri, su-kanalizasyon-doğalgaz tesis işleri, uygulama imar planları, nazım imar planları, hali hazır haritalar, altyapı, ulaştırma planı, toplu taşımacılık, belediye yolları ve tesisleri uygulamaları (Benenson vd., 2011).
- Ulaşım Planlaması: Kara-hava-deniz ulaşım ağları, doğalgaz boru hatları (Chen vd., 2012), iletişim istasyonları, yer seçimi, enerji nakil hatları, ulaşım haritaları.
- Turizm: Turizm bölgeleri alanları ve merkezleri (Gigović vd., 2016), turizm amaçlı uygulama imar planları, turizm tesisleri, kapasiteleri ve arkeoloji çalışmaları uygulamaları.
- Orman ve Tarım: Eğim-bakı hesapları, orman amenajman haritaları, orman sınırları, peyzaj planlaması (Xiang, 1996), milli parklar, orman kadastrası, arazi örtüsü, toprak haritaları uygulamaları (Zhu vd., 2001).
- Ticaret ve Sanayi: Sanayi alanları (Li ve Feng, 2012), organize sanayi bölgeleri, serbest bölgeler, bankacılık, pazarlama, sigorta, risk yönetimi, abone ve adres yönetimi.

3.2. Tereddütlü Bulanık Dilsel Terimler Kümesi ile Çok Kriterli Karar Verme

ÇKKV yöntemleri KV'lerin belirsizliği, karmaşıklığı ve çatışan hedefleri ele almasını sağlar. ÇKKV problemlerinde genellikle hem kalitatif hem de kantitatif ölçütler değerlendirilir. Geleneksel ÇKKV yaklaşımlar, dilbilimsel değerlendirmenin anlamsızlığı veya belirsiz doğasıyla baş etmede daha az etkili olma eğilimindedir. Bulanık küme teorisi, dilbilimsel değerlendirmelerin sayısal analizlere dahil edilmesini sağlar. Bu nedenle, ÇKKV'de bulanık kümelerin kullanımı karar vericilerin çeşitli ölçütleri ve alternatifleri

değerlendirirken vermiş oldukları kararları daha uygun bir şekilde ifade edilmelerine izin verir (Tüysüz ve Şimşek, 2017).

Bulanık kümeler yakın zamanda tip-2 bulanık kümelere, tereddütlü bulanık kümelere, sezgisel bulanık kümelere, durağan olmayan bulanık kümelere ve bulanık çoklu kümelere genişletilmiştir (Rodríguez vd., 2012). Klasik bulanık kümeler KV'lerin tek bir tercih yapmakta tereddüt ettiği durumlarda yetersiz kalmaktadır. Torra (2010), tarafından geliştirilen Tereddütlü Bulanık Kümeler (HFS), bir öğenin üyelik değerini tanımlamak için birden fazla değere izin vererek, KV'nin kararını daha iyi ifade etmesini sağlamaktadır (Onar vd., 2016). Rodríguez vd. (2012), bulanık dilbilimsel yaklaşıma dayanan dilbilimsel elemanın zenginliğini arttırmak için dilbilimsel ve sayısal bir temel sağlamak üzere HFLTS kavramını önermiştir (Yavuz vd., 2015).

HFLTS, KV'nin bilgilerini diğer bulanık yaklaşımlardan daha doğru ifade etmesine olanak sağlamaktadır. KV'ler birkaç dil ifadesi arasında tereddüt ettiğinde HFLTS'i rahatlıkla kullanabilirler. Örneğin, klasik bulanık ifadelerde bir ölçüt değerine göre “çok düşük önemli”, “orta düzey önemli”, “yüksek önemli” gibi ifadelerle kıyaslanabiliyorken, HFLTS ile “en azından orta düzeyde önemli”, “çok düşük ve orta düzey önemli arası” gibi ifadelerle de kıyaslanabilmektedir.

Rodríguez vd. (2013) tarafından önerilen tek kriterli tereddütlü dilsel küme karar verme modeli sadece tek bir kriteri ele almakta ve karmaşık ÇKKV problemleri için kullanılamamaktadır. Yavuz vd. (2015) uzmanların üyelik derecelerini veya işlevlerini tanımlama konusundaki tereddütlerini dikkate alarak, Rodríguez vd. (2013) tarafından önerilen bu modeli geliştirmiş ve karmaşık ÇKKV problemlerinde kullanılabilecek bir model önermiştir.

HFS, son yıllarda ÇKKV problemleri için giderek daha fazla kullanılmaktadır. Onar vd. (2014), en iyi stratejiyi için Tip-2 FAHP ve Hesitant Fuzzy TOPSIS'i birleştiren bir karma çok kriterli karar verme modelini geliştirmiştir. Kahraman vd. (2014), tedarikçi seçimi problemi için çok kriterli HFLTS yaklaşımını önermiştir. Yavuz vd. (2015), filo yönetiminde alternatif yakıt seçimi için HFLTS'i kullanmıştır. Liao vd. (2015), geleneksel VIKOR yöntemi tarafından motive olan Tereddütlü Bulanık Dilsel VIKOR (HFL-VIKOR)

yöntemini geliştirmiştir. Adem ve Dağdeviren (2016), sigorta poliçelerinin seçimi için HFLTS temelli bir karar modeli kullanmıştır. Fahmi vd. (2016), tedarikçi seçim problemini çözmek için ELECTRE I ve HFLTS'yi birleştiren bir karma ÇKKV modeli geliştirmiştir. Tüysüz vd. (2017), bir kargo firmasının şubelerinin performanslarını etkileyen ölçütleri analiz etmek için HFLTS temelli AHP yöntemini kullanmıştır.

Bu çalışmada Yavuz vd. (2015), tarafından önerilen model kullanılmıştır. Modelin adımları:

Herhangi bir kriter $z \in \{1, 2, \dots, \tau\}$ ile ifade edilsin;

Adım 1. Dilsel ve simgesel terim seti belirlenir (Eşitlik 3.1).

$$S = \left\{ \begin{array}{l} \text{önemsiz}(\text{öz}), \text{çok düşük önemli}(\text{çdö}) \\ \text{düşük önemli}(\text{dö}), \text{orta düzey öneme sahip}(\text{odö}), \\ \text{yüksek önemli}(\text{yö}), \text{çok yüksek önemli}(\text{çyö}), \\ \text{kesinlikle önemli}(\text{kö}) \end{array} \right\} \quad (3.1)$$

Adım 2. $G_H = \{V_N, V_T, I, P\}$ 'den oluşan serbest içerikli terim seti belirlenir.

$$V_N = \{\langle \text{tekli terim} \rangle, \langle \text{birleşik terim} \rangle, \langle \text{tekli bağlantı} \rangle, \langle \text{ikili bağlantı} \rangle, \langle \text{bağlaç} \rangle\}$$

$$V_T = \{-\text{den daha düşük}, -\text{den daha yüksek}, \text{en az}, \text{en çok}, \text{arasında}, \text{ve } s_0, s_1, \dots, s_g\}$$

$$I \in V_N$$

Serbest içerikli terim seti için üretim kuralları aşağıdaki gibidir:

$$P = \left\{ \begin{array}{l} I = \langle \text{tekli terim} \rangle \mid \langle \text{birleşik terim} \rangle, \\ \langle \text{birleşik terim} \rangle ::= \langle \text{tekli bağlantı} \rangle \langle \text{tekli bağlantı} \rangle \mid \\ \langle \text{ikili bağlantı} \rangle \langle \text{tekli terim} \rangle \langle \text{bağlaç} \rangle \langle \text{tekliterim} \rangle, \\ \text{tekli terim} ::= s_0 \mid s_1 \mid \dots \mid s_g, \langle \text{tekli bağlantı} \rangle ::= \\ -\text{den daha düşük} \mid -\text{den daha yüksek} \mid \text{en az} \mid \text{en çok}, \\ \langle \text{ikili bağlantı} \rangle ::= \text{arasında}, \langle \text{bağlaç} \rangle ::= \text{ve} \end{array} \right\} \quad (3.2)$$

Adım 3. Hem alternatif hem de kriterler için $k \in \{1,2,...,m\}$ uzmanlar tarafından sağlanan p^k tercih ilişkileri üretilir.

Adım 4. Dönüşüm fonksiyonu E_{GH} kullanılarak HFLTS'ler tercih ilişkilerine dönüştürülür.

Adım 5. Her bir HFLTS için $[p^{k-}_{ij}, p^{k+}_{ij}]$ zarfı elde edilir.

Adım 6. ϕ ile gösterilen bir dilsel birleştirme operatörü seçilir. Bu operatör kullanılarak iyimser P_c^+ ve kötümser P_c^- toplam tercih ilişkileri elde edilir. Bu çalışmada dilsel birleştirme operatörü olarak Eşitlik (3.3)'de verilen aritmetik ortalama kullanılmıştır.

$$\bar{x} = \Delta \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta^{-1}(s_i, \alpha_i) \right) = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \beta_i \right) \quad (3.3)$$

S ile ilişkilendirilmiş 2-tuple set $S = S \times [0.5, 0.5]$ olarak tanımlansın. $\Delta: [0, g] \rightarrow S$ fonksiyonu Eşitlik (3.4) ile verilmiştir.

$$\Delta(\beta) = (s_i, \alpha) \begin{cases} i = \text{yuvarla}(\beta) \\ \alpha = \beta - i \end{cases} \quad (3.4)$$

$i \in \{0,1, \dots, g\}$, β' 'ye en yakın tamsayıya yuvarlanır ve $\Delta^{-1}: \langle S \rangle \rightarrow [0, g]$ fonksiyonu Eşitlik (3.5) ile belirlenir.

$$\Delta^{-1}(s_i, \alpha) = i + \alpha \quad (3.5)$$

Adım 7. Toplam tercihlerin $V^R = p_1^R, p_2^R, \dots, p_n^R$ aralık değerleri vektörü $p_i^R = [p_i^-, p_i^+]$ şeklinde oluşturulur.

Adım 8. Elde edilen aralık değerler normalleştirilir.

Adım 9. Ağırlık skorları hesaplanır.

3.3. Yer Seçimi Problemlerinde P-medyan Yöntemi

Tesis yeri seçimi problemi, 1960'lardan beri operasyonel araştırma, yönetim bilimi, endüstri mühendisliği, ekonomik coğrafya ve mekânsal planlama literatürlerinde kapsamlı bir şekilde çalışılmıştır (Teixeira ve Antunes, 2008). Tesis yeri seçim problemi, Sule (2001), tarafından p-medyan problemi, p-merkez problemi, kapasite kısıtsız tesis yeri seçim problemi, kapasite kısıtlı tesis yeri seçim problemi, karesel atama problemi olmak üzere temel beş kategoriye ayrılmıştır (Bastı, 2012).

P-medyan problemi literatürde ilk kez Hakimi tarafından ortaya konulmuştur (Hakimi, 1964). Hakimi'nin çalışmasından günümüze kadar p-medyan problemi yerleşim teorisinin ayrılmaz bir parçası olmuştur ve en yaygın kullanılan tesis yer seçimi modellerinden birisi haline gelmiştir (Rees, 2006). P-medyan problemi, p adet tesisin n adet düğümden oluşan şebeke üzerinde minimum maliyet oluşacak şekilde yerleştirilmesi ve yerleştirilen bu tesislerden hizmet alacak talep noktalarının belirlenmesi problemidir. Buradaki bahsedilen maliyet; zaman, para, toplam uzaklık gibi bir ölçüt olabilir. Bazı problemlerde tüm talep noktaları amaç fonksiyonunu eşit miktarda etkileyebilir. Bu türdeki p-medyan problemlerine ise ağırlıklı p-medyan problemi isimi verilmektedir (Ozcarar ve Bastı, 2015). Kariv ve Hakimi (1979), problemin bir kombinatoriyal NP-Zor problem olduğunu kanıtlamıştır.

P-medyan probleminin matematiksel modeli ilk defa ReVelle ve Swain (1970) tarafından yapılmıştır. Formülasyondaki notasyonlarda zamanla bazı küçük değişiklikler yapılmakla birlikte P-medyan probleminin (Rolland vd., 1996) tarafından literatüre kazandırılan modeli;

n = toplam talep noktası sayısı

a_i = i noktasındaki talep

d_{ij} = i noktası ile j noktası arasındaki en kısa mesafe

p = yerleştirilecek olan hizmet verecek tesis (medyan) sayısı

olmak üzere,

Karar Değişkenleri

$$z_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ müşterisi } j \text{ tesisine atanmışsa,} \\ 0 & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

$$y_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ noktasında bir tesis açılmışsa,} \\ 0 & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

Amaç fonksiyonu

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i d_{ij} z_{ij} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.6)$$

Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^n z_{ij} = 1 \quad \forall i \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.7)$$

$$z_{ij} \leq y_j \quad \forall i, j \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.8)$$

$$\sum_{j=1}^n y_j = p \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.9)$$

$$z_{ij}, y_i \in \{0,1\} \quad \forall i, j \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.10)$$

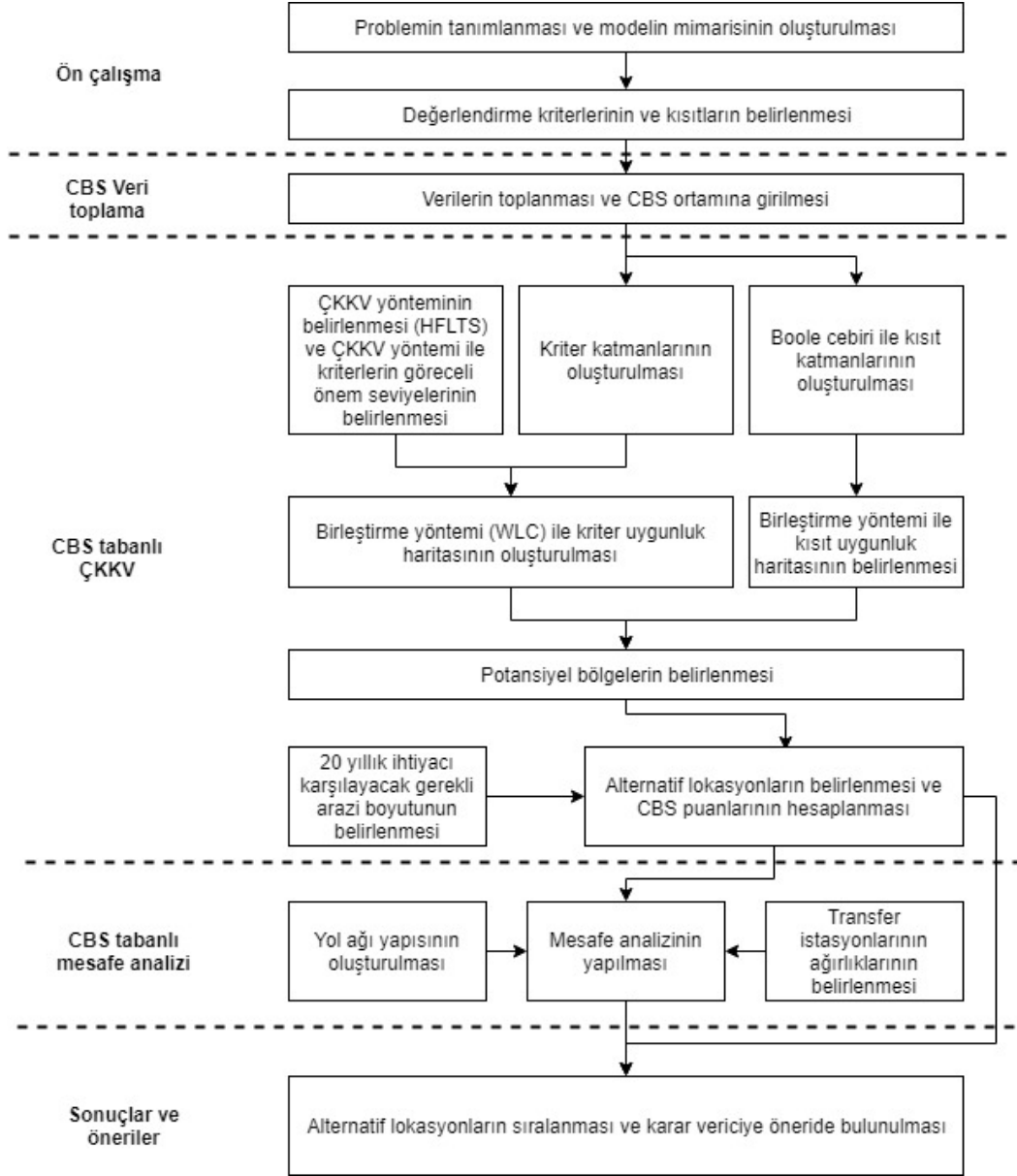
Hizmet veren tesisler ile talep noktaları arasında oluşan toplam maliyeti enküçüklemek için oluşturulan amaç fonksiyonu Eşitlik (3.6) ile gösterilmektedir. Eşitlik (3.7) her talep noktasının yalnızca bir tesise atanmasını sağlamaktadır. Eşitlik (3.8) açık olmayan bir tesise talep noktası ataması yapılmaması şartını sağlanmaktadır. Eşitlik (3.9) açılacak olan tesis sayısını p adet ile sınırlandırmaktadır. Eşitlik (3.10) ise tesis atamasını ve tesis açılmasını ikili sayı sistemi ile sınırlamaktadır.

3.4. Önerilen Melez Yaklaşım

Bu tez çalışmasında önerilen yaklaşım, CBS-ÇKKV yöntemi ile mekânsal analizler yapılarak alternatif yerlerin belirlenmesi ve CBS ortamında taşıma maliyetlerinin göz önünde bulundurularak alternatiflerin değerlendirilmesi temeline dayanmaktadır. Temel olarak CBS-ÇKKV yöntemi, mekânsal veriler ile karar vericilerin kriterler ve alternatifler ile ilgili tercihlerini bütünleştiren bir süreç olarak düşünülebilir. CBS ve ÇKKV'yi entegre etmenin ana avantajı, birbirini destekleyen özel yeteneklerinde görülebilir. CBS, coğrafi verilerin işlenmesi, depolanması, yönetimi, analizi ve görselleştirilmesi için büyük olanaklara sahipken, ÇKKV, karar problemlerinin yapılandırılması, karar alternatiflerinin tasarlanması, değerlendirilmesi ve önceliklendirmesi için bir dizi prosedür, teknik ve algoritma sağlamaktadır (Gigović vd., 2017).

KADTYS probleminde, göz önünde bulundurulması gereken çok fazla kriter (yeraltı suları, yüzey suları, eğim, yükselti vb.) vardır. Buna bağlı olarak da yapılması gereken bir çok analiz bulundurmaktadır. Bu nedenle KADTYS, karmaşık bir problemidir. Modelin karar yapısının oluşturulması, karar verme sürecinde çok büyük bir öneme sahiptir. Tüm veriler ve yapılacak analizler arasındaki etkileşimler dikkate alınarak doğru bir model oluşturulmalıdır. Bu tez çalışmasında önerilen melez yaklaşım Şekilde 3.3'de yer almaktadır.

Birinci aşama, ön çalışma aşamasıdır ve iki adımdan oluşmaktadır. Bu aşamanın ilk adımı, problemin tanımlanması ve model yapısının oluşturulmasıdır. İkinci adımı, değerlendirme kriterlerinin ve kısıtların belirlenmesidir. Burada literatür, uzman görüşleri ve yönetmelikler çalışma bölgesinin coğrafi konumu göz önünde bulundurularak değerlendirilir ve depolama tesisi yer seçiminde kullanılacak kriterlere ve kısıtlara karar verilir. ÇKKV'de kullanılacak kriterlerin belirlenmesinden sonra ana kriterler ve alt kriterlerden oluşan hiyerarşik karar yapısı da bu aşamada oluşturulur.



Şekil 3.3. Önerilen melez yaklaşımın akış şeması

İkinci aşama, kriterlere ait mekânsal/metinsel verilerin toplanması ve gerekli düzenlemelerin yapılarak CBS ortamına girilmesidir. Girdi verileri genellikle sayısal ortamdaki haritalardan ve istatistiksel raporlardan oluşmaktadır.

Üçüncü aşama, CBS-ÇKKV yöntemi kullanılarak alternatif lokasyonların belirlenmesidir. Bu aşamanın birinci adımı, potansiyel bölgelerin belirlenmesinde kullanılmak üzere kriter uygunluk haritasının oluşturulmasıdır. Düzenli depolama tesisi yer seçimi probleminde tüm kriterler aynı önem seviyesine sahip değildir. Bu nedenle değerlendirmede kullanılan kriterlerin göreceli önem seviyelerinin belirlenmesi

(ağırlıklandırılması) gerekmektedir. Literatürde yer alan bir çok ÇKKV yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler arasından problem için uygun olan ÇKKV yöntemi belirlenmelidir. Bu tez çalışmasında kriter ağırlıklarının belirlenmesinde HFLTS temelli ÇKKV yöntemi kullanılmıştır.

Kriter ağırlıkları belirlendikten sonra kriterlere ait verilere çeşitli standartlaştırma yöntemleri (bulanık dönüştürme, doğrusal dönüştürme vb.) uygulanarak kriter katmanları oluşturulur. Kriter katmanları oluşturulurken ölçek birlikteliğinin sağlanması için sabit bir raster hücre boyutu tanımlanmalıdır. Daha sonra Ağırlıklı Doğrusal Kombinasyon (WLC-Weighted Linear Combination) yöntemi kullanılarak kriter uygunluk haritası elde edilir.

İkinci adım, kısıt uygunluk haritasının oluşturulmasıdır. Kısıtlar düzenli depolama tesisi için kesinlikle uygun olmayan bölgelerin tanımlanması amacı ile kullanılır. Kısıt katmanlarının oluşturulmasında Boole cebiri kullanılır. Boole cebiri ile uygun olan bölgelere 1, uygun olmayan bölgelere 0 değeri tanımlanır. Kriter katmanlarında olduğu gibi kısıt katmanlarında da sabit bir raster hücre boyutu kullanılır. Daha sonra tüm kısıt katmanları çakıştırılarak kısıt uygunluk haritası elde edilir.

Üçüncü adımda, kriter uygunluk haritası ve kısıt uygunluk haritası çakıştırılarak genel uygunluk haritası elde edilir.

Dördüncü adımda kurulması planlanan düzenli depolama tesisinin bölgenin ne kadar sürelik ihtiyacını karşılayacağına karar verilerek ihtiyaç duyulan arazi boyutu belirlenir. Bu tez çalışmasında öncelikle, çalışma bölgesinde gelecek 20 yılda oluşacak atık miktarı tahmin edilir. Daha sonra 20 yıllık tahmini atık miktarının kaplayacağı hacim üzerinden gerekli arazi boyutu hesaplanır.

Beşinci adımda, genel uygunluk haritasında en yüksek seviyede uygunluk gösteren bölgeler tespit edilerek alternatif lokasyonlar belirlenir. Daha sonra bu lokasyonlarda yer alan raster hücre değerlerinin ortalaması alınarak CBS puanları hesaplanır. Alternatif bölge seçiminde gereken arazi boyutu göz önünde bulundurulmalıdır.

Dördüncü aşama, CBS tabanlı mesafe analizinin yapılmasıdır. Bu aşamanın ilk adımında, CBS ortamında çalışma bölgesinde yer alan yol ağı oluşturulur. İkinci adımda, transfer istasyonlarının ağırlıkları belirlenir. Ağırlıklar belirlenirken transfer istasyonlarına atıklarını gönderen ilçelerin nüfus miktarları göz önünde bulundurulur. Böylece transfer istasyonları kendilerinde oluşacak atık miktarlarına göre ağırlıklandırılmış olur. Son adımında, alternatif düzenli depolama tesisi lokasyonları ile transfer istasyonları arasındaki ağırlıklı mesafeler hesaplanır.

Beşinci aşamada, alternatif lokasyonlar oluşturulan ampirik formüle göre sıralanır ve karar vericiye önerilerde bulunulur.



4. UYGULAMA: SAMSUN İLİ İÇİN VERİLERİN HAZIRLANMASI

Önerilen melez yaklaşım, Samsun ilinde uygulanmıştır. Uygulama, Samsun için verilerin hazırlanması ve yer seçiminin yapılması olarak iki bölümde anlatılmaktadır. Bu bölümde uygulama bölgesinin tanıtımı, yer seçimi için kriterlerin belirlenmesi ve CBS ortamında analizler yapılması için kriterlere ait verilerin düzenlenmesi verilmiştir.

4.1. Uygulama Bölgesi

Önerilen melez yaklaşım Türkiye'nin kuzeyinde yer alan Samsun ilinde uygulanmıştır. Samsun coğrafi konum olarak 40° 50' ve 41° 51' kuzey enlemleri, 37° 08' ve 34° 25' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Yeşilırmak ve Kızılırmak nehirlerinin Karadeniz'e döküldükleri deltalar arasında yer alan Samsun 9 725 km²'lik bir yüz ölçüme sahiptir (Milli Savunma Bakanlığı, 2014). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2017 verilerine göre Samsun'un nüfusu 1 312 990'dır.

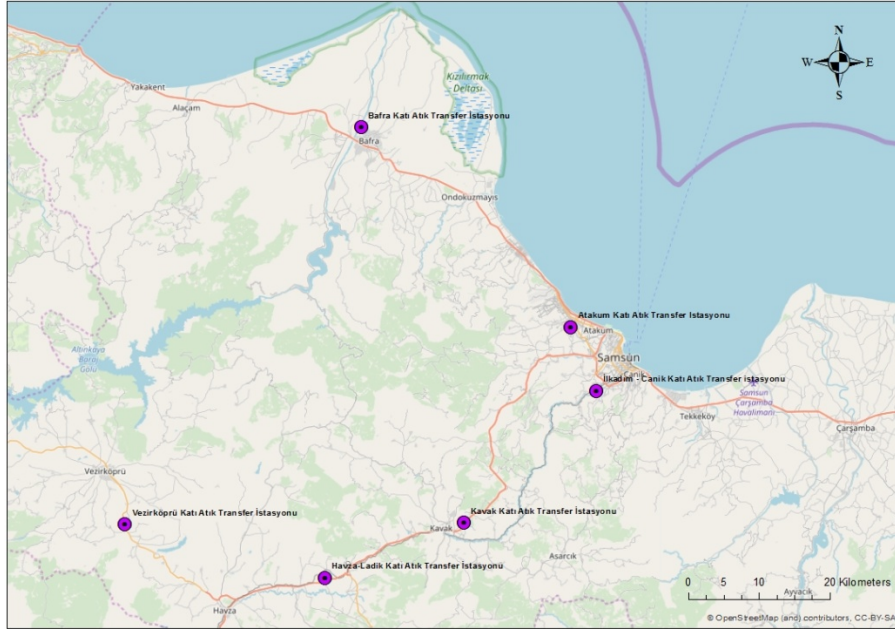
Samsun, kuzey rüzgarlarına devamlı olarak açıktır. En şiddetli esen rüzgarın yönü güney-güneybatı olup, bu rüzgarın adı aralık ayında esen Kible rüzgarıdır. Samsun genellikle ılıman bir iklime sahiptir. Ancak sahil şeridi ve iç kesimlerinde iklim iki ayrı özellik gösterir. Sahil şeridinde yazlar sıcak, kışlar ılık ve yağışlı geçerken, iç kesimlerde kışlar soğuk, yağmur ve kar yağışlı, yazlar ise serin geçer (Samsun Valiliği, 2018). Yıllık ortalama sıcaklık 14,5°C iken, ortalama yağış miktarı 716,6 mm'dir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2018).

TÜİK 2016 yılı istatistiklerine göre Samsun ili kişi başı günlük ortalama atık miktarı 1,29 kg/kişi-gün, toplam atık miktarı ise 508.643 ton/yıl'dır (TÜİK, 2017).

Türkiye Büyük Millet Meclisi'nde 2012 yılında kabul edilen 6360 sayılı kanunun yürürlüğe girmesi ile ilçe belediyelerinin sınırları içerisindeki katı atıkların kaynaklarından toplanması ilçe belediyelerinin sorumluluğunda iken, toplanan katı atıkların bertaraf edilmesi büyükşehir belediyesinin sorumluluğuna bırakılmıştır. Mevcut KADT'nin büyüklüğü 4 merkez ilçenin katı atıklarının bertaraf edilmesini sağlayacak kapasitede planlandığı için

yeni yasanın yürürlüğe girmesi mevcut tesisin planlanan süreden önce dolmasına neden olacaktır. Bu nedenle ilerleyen yıllarda yeni bir KADT'nin yapılması gerekecektir.

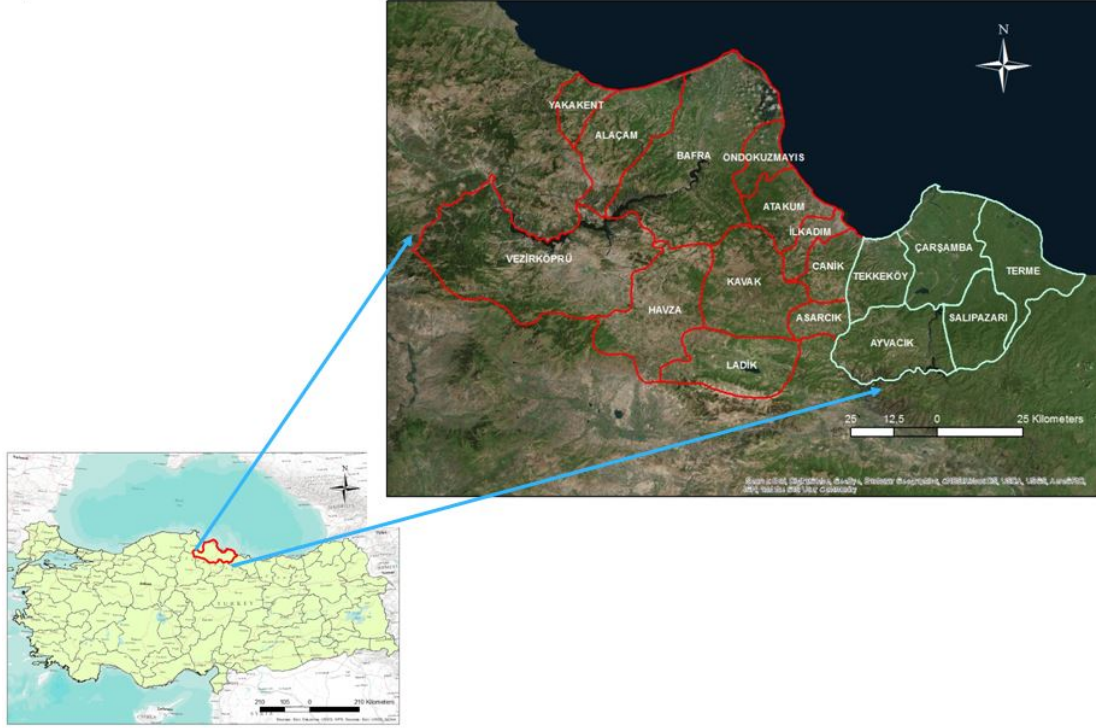
Samsun Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde 4'ü merkez ilçe olmak üzere 17 ilçe bulunmaktadır. Bunlardan Çarşamba, Terme, Tekkeköy, Ayvacık, Salıpazarı ilçelerinin katı atıkları Çarşamba KADT'de bertaraf edilmektedir. Bu 5 ilçenin dışında kalan 12 ilçenin katı atıkları ilgili belediyelerin yerlerini belirlediği 5 katı atık transfer istasyonunda (KATİ) toplanmaktadır. Farklı boyutlarda araçlarla toplanan katı atıklar KATİ'lere geldikten sonra sıkıştırılarak Samsun Büyükşehir Belediyesi KADT'ne transfer edilerek burada bertaraf edilmektedir. İlkadım ve Canik ilçesinin katı atıkları İlkadım-Canik KATİ'de; Atakum ilçesinin katı atıkları Atakum KATİ'de; Kavak ve Asarcık ilçelerinin katı atıkları Kavak KATİ'de; Havza ve Ladik ilçelerinin çöpleri Havza-Ladik KATİ; Vezirköprü ilçesinin katı atıkları Vezirköprü KATİ; Bafra, Alaçam, Ondokuzmayıs ve Yakakent ilçelerinin katı atıkları ise Bafra KATİ'de toplanmaktadır. Çalışma bölgesinde yer alan KATİ'lerin harita üzerindeki yerleşimleri Şekil 4.1'de yer almaktadır.



Şekil 4.1. Katı atık transfer istasyonları

Samsun ili merkez ilçelerinin (İlkadım, Canik, Atakum, Samsun) toplam nüfusu 676 845'dir (TÜİK, 2017). Bu sayı, toplam nüfusun %51,55'ine denk gelmektedir. Samsun Büyükşehir Belediyesi'nde görevli uzmanlar ile yapılan değerlendirmeler sonucunda

yapılacak yeni katı atık depolama tesisinin merkez ilçe sınırlarında yer almasının uygun olacağına karar verilmiştir. Söz konusu çalışma bölgesi Şekil 4.2’de yer almaktadır.



Şekil 4.2. Samsun ili ilçe sınırları ve çalışma bölgesi

4.2. Yer Seçimine İlişkin Kriterlerin Belirlenmesi ve Hiyerarşik Karar Yapısı

KADTYS’de kullanılacak kriterlerin belirlenerek hiyerarşik karar yapısının oluşturulması önemlidir. Literatür incelendiğinde KADTYS’de kullanılan birçok kriter olduğu görülmektedir (bkz. Çizelge 2.2). Yer seçimi probleminde kullanılacak kriterlerin belirlenmesinde çalışma bölgesinin mekânsal özellikleri ve yasal mevzuatlar göz önünde bulundurulmalıdır. Ülkemizde KADT ile ilgili 26.3.2010 tarih ve 27533 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik” yürürlüktedir. Çalışmada kullanılan kriterlerin seçiminde yönetmelikte yer alan teknik ve idari esaslar ile literatürden faydalanılmıştır.

KADTYS probleminin çözümünde ana ve alt kriterlerden oluşan hiyerarşik karar yapısının doğru oluşturulması oldukça önemlidir. Tüm model bu karar yapısı üzerinden ilerleyeceğinden ana kriterlerin sayısına, ana kriterlerin neler olacağına ve alt kriterlerin ana kriterler altında ne şekilde gruplandırılacağına dikkatli bir şekilde karar verilmelidir.

KADTYS problemlerinin çözümünde CBS temelli ÇKKV yaklaşımı ile ilgili literatür incelendiğinde karar yapısının en az 2 (Gemitzi vd., 2009; Donevska vd. 2012; Chabuk vd., 2016) en fazla 5 (Saharifi vd. 2013; Arun Kumar vd. 2013; Demesouka vd. 2013) ana kriterden oluşacak şekilde kurulduğu görülmektedir. Ana kriter olarak ise birçok farklı kriter yer almaktadır. Bunlar arasında çevresel (Chabuk vd. 2017; Afzali vd. 2017), sosyo-ekonomik (Afzali vd. 2014; Foroughian ve Eslami, 2015), hidrografi (Demesouka vd. 2013; Foroughian ve Eslami, 2015), ekonomik (Kara ve Doratlı, 2012; Donevska vd. 2012) ve sosyal (Pandey vd. 2012; Arun Kumar vd. 2013) kriterleri sıklıkla kullanılmaktadır. Uzmanlar ile yapılan değerlendirmeler sonucunda bu çalışmada “Çevresel” ve “Sosyal/Ekonomik” olmak üzere 2 ana kriterden oluşan bir hiyerarşik karar yapısı oluşturulmuştur. Ana kriter ve alt kriterlerin hiyerarşik yapısı Şekil 4.3’de yer almaktadır.



Şekil 4.3. Kriterlerin hiyerarşik yapısı

Şekil 4.3’de çalışmada kullanılan ana ve alt kriterlerin isimleri ve kısaltmaları yer almaktadır. Örneğin SEK2, yerleşim bölgeleri kriterini ifade etmektedir.

4.3. Mekânsal Kriterler Temelinin Oluşturulması

Kriter haritalarının oluşturulması için gerekli veriler çeşitli kaynaklardan temin edilmiştir. Sıcaklık, yağış ve bakı kriterlerinin veri kaynağı türü metinsel veriler iken, diğer kriterlerin veri kaynağı türü sayısal haritalardır. Ortak katman mantığına göre ortak bir ölçekte oluşturulacak haritalara bindirme analizi yapılacağından kullanılacak olan

haritaların ölçek birlikteliğinin sağlanması son derece önemlidir. Çalışmada raster veri modeli kullanılmıştır. Literatürde yer alan uygulamalarda haritaların çeşitli raster hücre boyutlarında oluşturuldukları görülmektedir. Literatürde, kullanılan en küçük raster hücre boyutu $7m^2$ (Eskandari vd., 2012) iken, en büyük raster hücre boyutu $100m^2$ (Afzali vd., 2011) olarak yer almaktadır. Bu çalışmada yer alan haritaların tamamında raster hücre boyutu $40m^2$ olarak kullanılmıştır.

Temin edilen veriler CBS ortamında düzenlenerek her bir kriter için harita katmanları oluşturulmuş ve çalışma bölgesine uygun şekilde düzenlenmiştir. Daha sonra kriterlerin özelliklerine göre gereken mekânsal analizler yapılmıştır. Çizelge 4.1’de kriterler, veri kaynakları ve yapılan analizler yer almaktadır.

Çizelge 4.1. Veri kaynakları ve analizler

	Kriter	Veri Kaynağı	Analiz
ÇK1	Yüzey Suları	Devlet Su İşleri 7. Bölge Müdürlüğü	Öklit mesafe
ÇK2	Ana Materyal	MTA Genel Müdürlüğü	Sınıflandırma
ÇK3	Yeraltı Suları	Devlet Su İşleri 7. Bölge Müdürlüğü	Öklit mesafe
ÇK4	Kıyılar	Avrupa Çevre Ajansı (EEA)	Öklit mesafe
ÇK5	Erozyon	Topraksu Genel Müdürlüğü	Sınıflandırma
ÇK6	Heyelan	MTA Genel Müdürlüğü	Öklit mesafe
ÇK7	Yağış	Meteoroloji 10. Bölge Müdürlüğü / EEA	Enterpolasyon
ÇK8	Sıcaklık	Meteoroloji 10. Bölge Müdürlüğü/ EEA	Enterpolasyon
ÇK9	Deprem	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	Sınıflandırma
SEK1	Karayolları	OpenStreetMap Foundation	Öklit mesafe
SEK2	Yerleşim Bölgeleri	Google Earth	Öklit mesafe
SEK3	Eğim	EEA	Eğim
SEK4	Yükselti	EEA	-
SEK5	Bakı	Meteoroloji Genel Müdürlüğü / EEA	Bakı
SEK6	Arazi Kullanımı	Topraksu Genel Müdürlüğü	Sınıflandırma

Örneğin Çizelge 4.1’de yer alan Yüzey suları kriteri katmanı, DSİ 7. Bölge Müdürlüğü’nden alınan sayısal haritaya öklit mesafe analizi uygulanarak oluşturulmuştur. Çizelge 4.1’de yer alan tüm kriterler hakkında ayrıntılı bilgi izleyen alt başlıklarda verilmiştir.

4.3.1. Yüzey suları

Yüzey suları kriteri KADT'nin nehirler, dereler, göller, göletler, içme suyu kaynakları ve sulak alanlardan ne kadar uzaklıkla olması gerektiği ile ilgilidir. Yüzey suyu kirliliği, KADT alanlarının belirlenmesinde büyük bir endişe kaynağıdır. Depolama alanlarının su gövdelerinden (göl, gölet, nehir vb.) mümkün olduğunca uzakta kurulması gerekmektedir (Gbaine, 2013). Yüzey suları kriterinin değerlendirilmesinde literatürde yer alan farklı yaklaşımlar Çizelge 4.2’da özetlenmiştir.

Çizelge 4.2. Yüzey sularına uzaklık kriteri ile ilgili yaklaşımlar

Yazarlar	Eşik Değeri	Standartlaştırma Yöntemi
Melo vd. (2006)	Su kaynaklarından en az 0,2 km uzaklıkta olmalı	BÜF
Sadek vd. (2006)	Göllerden en az 1 km, nehirlerden en az 0,5 km, ırmaklardan en az 0,25 km, diğer akarsulardan en az 0,15 km uzaklıkta olmalı	S
Sumathi vd. (2007)	İçme suyu kaynaklarından en az 0,5 km, nehirlerden en az 0,2 km, göletlerden en az 0,1 km uzaklıkta olmalı	S
Gemitzi vd. (2007)	Yüzey sularından en az 0,5 km uzaklıkta olmalı	BÜF
Delgado vd. (2008)	Yüzey sularından en az 1 km uzaklıkta olmalı	S
Chang vd. (2008)	Nehirlerden en az 1 km uzaklıkta olmalı	S
Guiqin vd. (2009)	Göller, bataklıklar ve nehirlerden en az 0,5 km uzaklıkta olmalı	S
Sener vd. (2010)	Yüzey sularından uzakta olmalı	İK
Geneletti (2010)	Akarsular, göller ve sulak arazilerden en az 0,1 km uzaklıkta olmalı	D
Moeinaddini vd. (2010)	Ana akarsulardan en az 0,08 km, küçük akarsulardan en az 0,04 km uzaklıkta olmalı	BÜF
Ouma vd. (2011)	Göllerden, ırmaklardan, göletlerden, derelerden ve su depolarından en az 0,3 km uzaklıkta olmalı	D
Yildirim (2012)	Baraj ve göllerden en az 1 km, içme suyu kaynaklarından ve akarsulardan en az 0,5 km uzaklıkta olmalı	S
Eskandari vd. (2012)	Nehirlerden en az 1 km, içme suyu kaynaklarından en az 0,4 km uzaklıkta olmalı	S
Gorsevski vd. (2012)	Göllerden ve içme suyu kaynaklarından en az 0,5 km; 1., 2. ve 3. sınıf nehirlerden sırası ile 0,5, 0,3 ve 0,1 km uzaklıkta olmalı	BÜF
Gbaine vd. (2013)	Akarsulardan en az 0,15 km uzaklıkta olmalı	BÜF
Demesouka vd. (2013)	Göllerden, içme suyu kaynaklarından ve sulak arazilerden en az 0,5 km uzaklıkta olmalı	BÜF
Ismail (2016)	Akarsular ve göllerden en az 0,1 km uzaklıkta olmalı	T
Bosompem (2016)	Irmaklar ve derelerden en az 0,5 km uzaklıkta olmalı	S

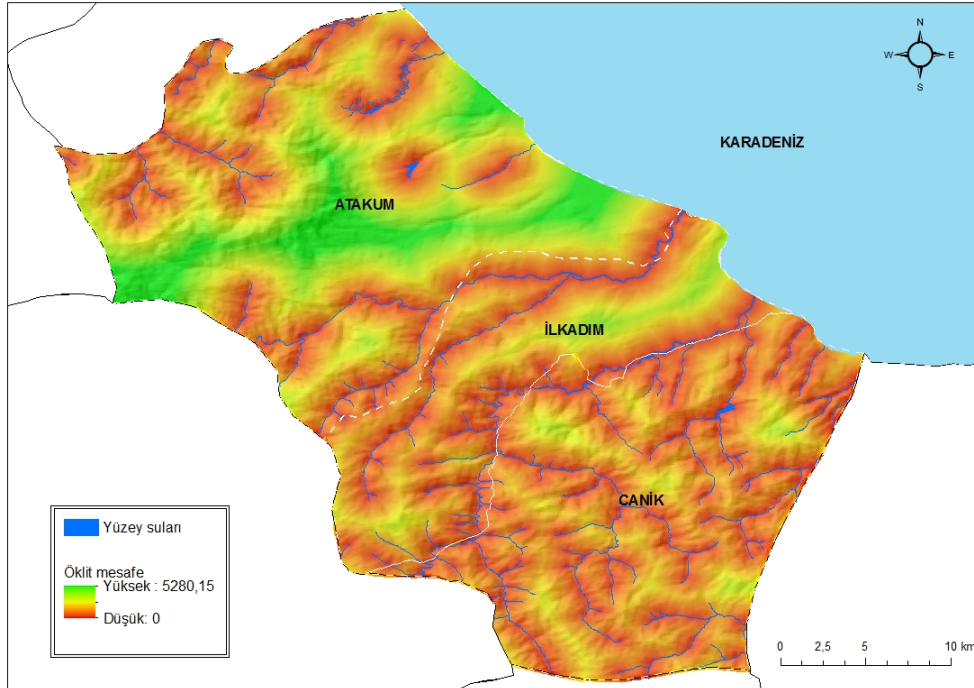
BÜF: Bulanık üyelik fonksiyonu; **S:** Sınıflandırma; **İK:** İkili karşılaştırma; **D:** Doğrusal; **T:** Tampon bölge

Sadek vd. (2006), yüzey suyu türlerine göre farklı tampon bölgeler ve sınıflandırmalar (S) oluşturmuştur. Kurulacak depolama tesisi için göllerden 1 km (kilometre), ana nehirlerden 0,5 km, geçici nehirlerden 0,25 km, derelerden 0,15 km ve içme suyu kaynaklarından 0,3 km'den yakın mesafedeki bölgeleri uygun olmayan bölgeler olarak belirlemiştir. Geneletti (2010), akarsular, göller ve sulak arazilerden 0,15 km'den yakın mesafeleri uygun olmayan bölgeler, 0,6 km'den uzak mesafeleri ise en uygun bölgeler olarak tanımlamıştır. Sener vd. (2010), göllerden 1 km'den uzaklık mesafeleri uygun bölgeler olarak belirlerken, akarsular için ise 0,25 km'lik mesafeler için ikili karşılaştırma (İK) yaparak uygunluk sınıfları oluşturmuştur. Yildirim (2012), yüzey sularını akarsu ve göl-gölet olmak üzere iki farklı grupta incelemiştir. Akarsular için uzaklıkları 0,5 km'den kısa olan alanları uygun olmayan bölge, 3 km'den uzak olan alanları ise en uygun bölgeler olarak; göl-göletler için ise 1 km'den düşük mesafedeki alanları uygun olmayan, 3 km'den büyük mesafeleri ise en uygun bölgeler olarak belirlemiştir. Uygun bölgelerin sınıflandırmasında derecelendirme yöntemini (D) kullanmıştır. Gbaine vd. (2013), yüzey suyundan uzaklığın standardizasyonu için monoton olarak artan mesafeli, bulanık üyelik fonksiyonu (BÜF) yöntemini kullanılmıştır. Demesouka vd. (2013), yüzey suları kriterinin depolama alanının belirlenmesinde en önemli kriterlerden birisi olduğunu belirterek, Avrupa direktiflerine (EU 1999/31/EC) göre göller ve nehirlerin etrafında 0,5 km'lik tampon bölgeler (T) oluşturmuş ve 5 km'den yüksek mesafeleri en uygun bölgeler olarak belirleyerek BÜF yöntemini kullanarak sınıflandırmıştır. Bosompem (2016), depolama tesisi için 0,5 km'den düşük mesafedeki bölgeleri en düşük uygunluk, 2,5 km'den yüksek mesafedeki alanları en yüksek uygunluk seviyesinde olacak şekilde BÜF kullanarak üç sınıfta değerlendirmiştir. İsmail (2016), ırmak, göl ve içme suyu kaynaklarına 0,1 km'den düşük mesafedeki bölgeleri uygunsuz bölgeler olarak değerlendirmiştir.

Ülkemizde atıkların depolanması ile ilgili olarak “Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik” yürürlüktedir. Bu yönetmelikte depolama tesislerinin yüzey sularından uzaklıkları için belirli bir sınırlama söz konusu değildir. Ancak yönetmeliğin 15. maddesinde “Bölgede bulunan yeraltı ve yüzeysel su kaynakları ve koruma havzalarının durumu, yeraltı su seviyesi ve yeraltı suyu akış yönleri dikkate alınır.” ifadesi yer almaktadır. Bu çalışmada literatür ve yönetmelik dikkate alınarak dereler, büyük dereler,

ırmaklar ve göletler tek yüzey suyu sınıfı olarak değerlendirilmiş, depolama tesisinin yüzey sularından en az 300 m uzaklıkta olmasına karar verilmiştir.

Yüzey suları katmanının oluşturulmasında Devlet Su İşleri (DSİ) 7. Bölge Müdürlüğü'nden alınan sayısal yüzey suları haritası kullanılmıştır. Dereler, büyük dereler, ırmaklar ve göletlerden oluşan farklı katmanlar tek bir katman haline getirilmiş ve çalışma bölgesi için oluşturulan sınırlara göre kesme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemlerden sonra ArcGIS yazılımının Mekânsal Analiz modülünde yer alan Öklit Mesafe Analizi (Euclidean Distance) aracı kullanılarak yüzey suları katmanındaki tüm raster hücrelerinin yüzey sularına olan mesafeleri hesaplanmıştır. Öklid Mesafe Analizi, her bir noktanın en yakın kaynağa doğru olan düzlemsel mesafesini hesaplamaktadır. Bu analiz, kriterlerin mesafesini ve yakınlık değerlerini hesaplamak için kullanılmaktadır. Böylece her bir raster hücresinin yüzey sularından uzaklıkları hesaplanmıştır. Çalışma bölgesi için oluşturulan harita Şekil 4.4'de yer almaktadır.



Şekil 4.4. Çalışma bölgesi yüzey suları haritası

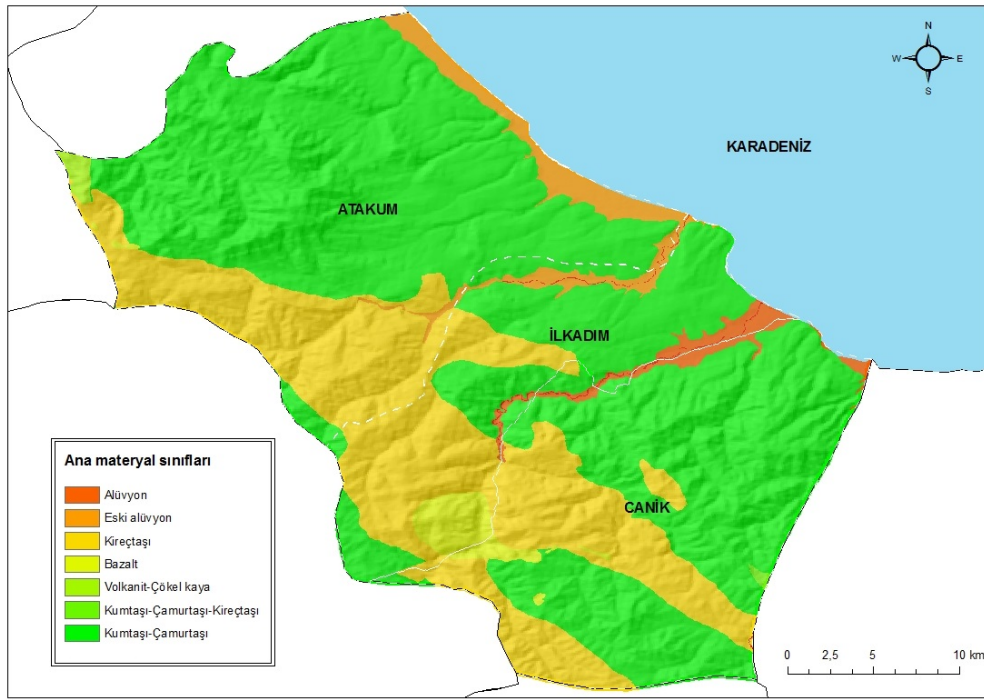
Şekil 4.4'de mavi renk ile gösterilen bölgeler çalışma bölgesinde yer alan yüzey sularını temsil etmektedir. Haritadaki alanların renkleri yüzey sularından uzaklaştıkça kahverengiden yeşile doğru değişmektedir.

4.3.2. Ana materyal

KADYS yaparken tesis kurulacak bölgenin toprak geçirgenliği olası inşaat hatalarına ve halk muhalefetine karşı önlem alınması gereken önemli bir kriterdir (Demesouka vd., 2014). Bu nedenle tesis kurulacak bölgenin ana kaya veya ana materyal özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Modern depolama alanları sızıntı suyunu toplamak ve yeraltı sızıntısını en aza indirmek için alt dolap sistemleri ile donatılmış olsalar da, geçirimsiz bir zemin türü olası yer altı sızıntısının alttaki tabakalara sızdırmasını engelleyerek yeraltı suyu kirliliği riskini en aza indirir (Demesouka vd., 2014). Depo tesisi kurulacak bölgenin jeolojik açıdan hidrolik geçirgenliği düşük materyallerden oluşması, alt zeminde bulunabilecek çatlaklı kayalar ve yüksek yeraltı su seviyesi gibi kirlenme probleminin oluşma koşullarını en aza indireceği için tercih edilirler (Dağıstanoğlu, 2012). Toprak geçirgenliği konusunda somut veriler olmadığında değerlendirme çalışma alanının litolojik sınıflandırmasına dayanarak yapılmaktadır (Demesouka vd., 2014).

Toprak geçirgenliğinin değerlendirilmesinde literatürde farklı yaklaşımlar yer almaktadır. Sadek vd. (2006), bölgede yer alan 27 farklı jeolojik türü sızıntı suyu geçirgenliklerine göre en az uygun, az uygun, uygun ve en uygun olmak üzere dört sınıfa ayırmıştır. Sener vd. (2010), çalışma bölgesinde yer alan litolojik birimleri 10 sınıfa ayırmış ve bunlar arasında ikili karşılaştırmalar yaparak ağırlıklandırmasını yapmıştır. Gbaine vd. (2013), jeolojik yapıya göre sınıflandırma yaparak 1'den 5'e kadar puanlar atamıştır. Killi topraklarla kaplı olan yerlere sızıntı suyunun yeraltı sularına kadar sızmasını önlemeye yardımcı olacağı için en yüksek uygunluk seviyesini gösteren 5, yüksek sızdırma potansiyeline sahip kumlu topraklara en düşük uygunluk seviyesini gösteren 1 puan vermiştir. Granitoid kayalara düşük uygunluk verirken, fillit ve şist kayalara yüksek uygunluk vermiştir. Yal vd. (2014), kayaç türlerine göre beş sınıfa ayırmış ve 0-1 aralığında derecelendirmiştir. Bosompem vd. (2016), çalışma bölgesinde bulunan jeolojik kayaç türlerine göre iki sınıfa ayırmıştır. Demesouka vd. (2014), kayaçları “değişik miktarda killi siltli kum ve çakıllar”, “kireçli toprak, breş, sülfür, kireçtaşı, trakit” ve “çatlaklı karstik kayalar veya tektonize ve yıpranmış masif kayalar” şeklinde gruplandırarak üç farklı sınıf oluşturmuş ve bunlara puanlama yapmıştır. Yapılan diğer çalışmalardan farklı olarak Moeinaddini (2010), çalışma bölgesindeki toprak geçirgenliklerini değerlendirirken BÜF yöntemini kullanmıştır.

Bu çalışmada ana materyal katmanı MTA tarafından hazırlanan Sayısal Jeoloji Haritası düzenlenerek oluşturulmuştur. Sayısal Jeoloji Haritası, ArcGIS yazılımı kullanılarak öncelikle çalışma bölgesi için kesilmiştir. Daha sonra çalışma bölgesinde yer alan jeolojik yapılara göre sınıflandırma yapılmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Çalışma bölgesi ana materyal sınıfları haritası

Şekil 4.5’de yer alan haritada görüldüğü gibi çalışma bölgesi alüvyon, bazalt, eski alüvyon, kumtaşı-çamurtaşı, kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı, kireçtaşı, volkanik-çökelt kaya tabakalarından oluşmaktadır. Jeolojik yapılar ve uygunluk puanları Çizelge 4.3’de yer almaktadır.

Çizelge 4.3. Jeolojik yapılar ve uygunluk puanları

Jeolojik Yapı	Uygunluk Puanı
Alüvyon	1
Bazalt	4
Eski alüvyon	2
Kumtaşı-çamurtaşı	8
Kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı	7
Kireçtaşı	3
Volkanit-çökeltkaya	5

Çizelge 4.3’de yer alan jeolojik yapılar geçirgenlik özellikleri ve jeolojik yapıları göz önünde bulundurularak KADT için uygunluklarına göre puanlandırılmıştır.

4.3.3. Yeraltı suları

Yeraltı suları kriteri, yeraltı sularının sızıntı sularına karşı korunması için kullanılmaktadır. Bu kriter su tabakasının derinliği ve akiferlerin hassasiyetleri ile ilgilidir (Demesouka vd., 2014). Yeraltı suyu kirlenme riski yüksek bölgelerde bir depolama depolama tesisi kurulmamalıdır.

Literatürde yeraltı suları kriterinin akifer türlerine göre veya bölgenin yeraltı suyu tabakasına olan uzaklığa göre değerlendirildiği görülmektedir. Yeraltı suyu tabakasına olan uzaklığa göre değerlendiren çalışmalarda ise yeraltı suyunun bulunma derinliğine (Sadek vd., 2006, Sumathi vd., 2007; Delgado vd., 2008; Sener vd., 2010; Moeinaddini vd., 2010; Eskandari vd. 2012) veya altında yeraltı suyu bulunan bölgelere uzaklıklara (Ouma vd. 2011; Yıldırım 2012; Motlagh and Sayadi, 2015) göre değerlendirmişlerdir. Yeraltı suyu tabakasına olan uzaklığa göre değerlendiren çalışmalara ait eşik değerleri ve sınıflandırma yöntemleri Çizelge 4.4’de yer almaktadır.

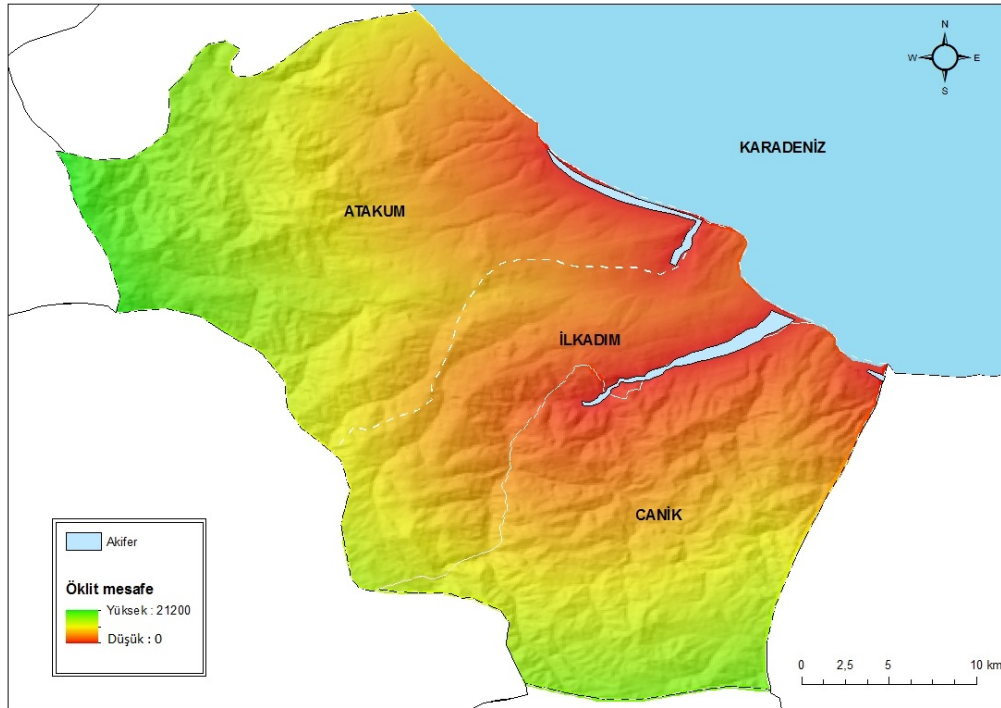
Çizelge 4.4. Yeraltı suyu tabakasına olan uzaklıklara göre değerlendiren yaklaşımlar

Yazarlar	Eşik Değeri	Standartlaştırma Yöntemi
Sadek vd. (2006)	Yeraltı suyu en az 0,03 km derinlikte olmalı	S
Sumathi vd. (2007)	Yeraltı suyunun geçiş derinliği fazla olmalı	S
Delgado vd. (2008)	Yeraltı suyu en az 0,01 km derinlikten olmalı	S
Sener vd. (2010)	Yeraltı suyu seviyesinden uzakta olmalı	İK
Moeinaddini vd. (2010)	Yeraltı suyu en az 0,015 km derinlikten olmalı	BÜF
Ouma vd. (2011)	Kuyulardan en az 0,5 km uzaklıkta olmalı	T
Yıldırım (2012)	Akifere en az 1 km uzaklıkta olmalı	S
Eskandari vd. (2012)	Yeraltı suyu en az 0,005 km derinlikten olmalı	S
Motlagh and Sayadi (2015)	Kuyular, kehrizler ve yeraltı su kaynaklarından en az 0,25 km uzakta olmalı	BÜF

Akifer türlerine göre değerlendiren çalışmalarda bölgeler sızıntı suyu geçirme ihtimallerine göre sınıflandırılmıştır. Guiqin vd. (2008) ve Gemitzi vd. (2007) yeraltı suları

kriterini akifer türlerinin sızıntı suyunu geçirme ihtimallerine göre 5 farklı zemin su hassasiyeti sınıfı belirlemiştir. Sızıntı suyuna karşı en savunmasız yeraltı suyu alanları 1 puan alırken, yüksek savunmalı bölgeler 5 puan almıştır. Gorsevski (2012), Sener vd. (2010), Zamorano vd. (2008), akiferin kirliliğe karşı savunmasızlık indeksine göre akifer türlerini 5 sınıfta değerlendirmiştir. Demesouka vd. (2013), akiferleri geçirimsizliklerine göre 7 sınıfta değerlendirmiştir.

Çalışmada yeraltı suları kriteri çalışma bölgesinde yer alan akifer tabakasına olan uzaklığa göre değerlendirilmiştir. Akifer katmanı oluşturulurken öncelikle DSİ 7. Bölge Müdürlüğü tarafından hazırlanan büyük akifer grupları haritası çalışma bölgesi için düzenlenmiştir. Daha sonra raster hücrelerinin akifer tabakasından uzaklıklarının hesaplanması için Öklit Mesafe Analizi yapılmıştır. Çalışma bölgesi için düzenlenmiş akifer grupları haritası Şekil 4.6'da yer almaktadır.



Şekil 4.6. Çalışma bölgesi büyük akifer grupları haritası

Şekil 4.6'da açık mavi ile gösterilen alanlar çalışma bölgesinde yer alan akifer tabakalarını göstermektedir. Haritadaki alanların renkleri akifer tabakalarından uzaklaştıkça kahverengiden yeşile doğru değişmektedir.

4.3.4. Kıyı şeridi

KADT'leri yüzey sularının kirlenmemesi ve turizm faaliyetlerini olumsuz etkilememesi açısından kıyı şeridinden uzak bölgelere kurulmalıdır. Samsun'un Karadeniz'e oldukça uzun bir kıyı şeridi bulunduğundan bu kriter çalışma bölgesi için oldukça önemlidir.

Çizelge 4.5'de literatürdekıyı şeridi kriterini kullanan çalışmalar, eşik değerleri ve sınıflandırma yöntemleri yer almaktadır.

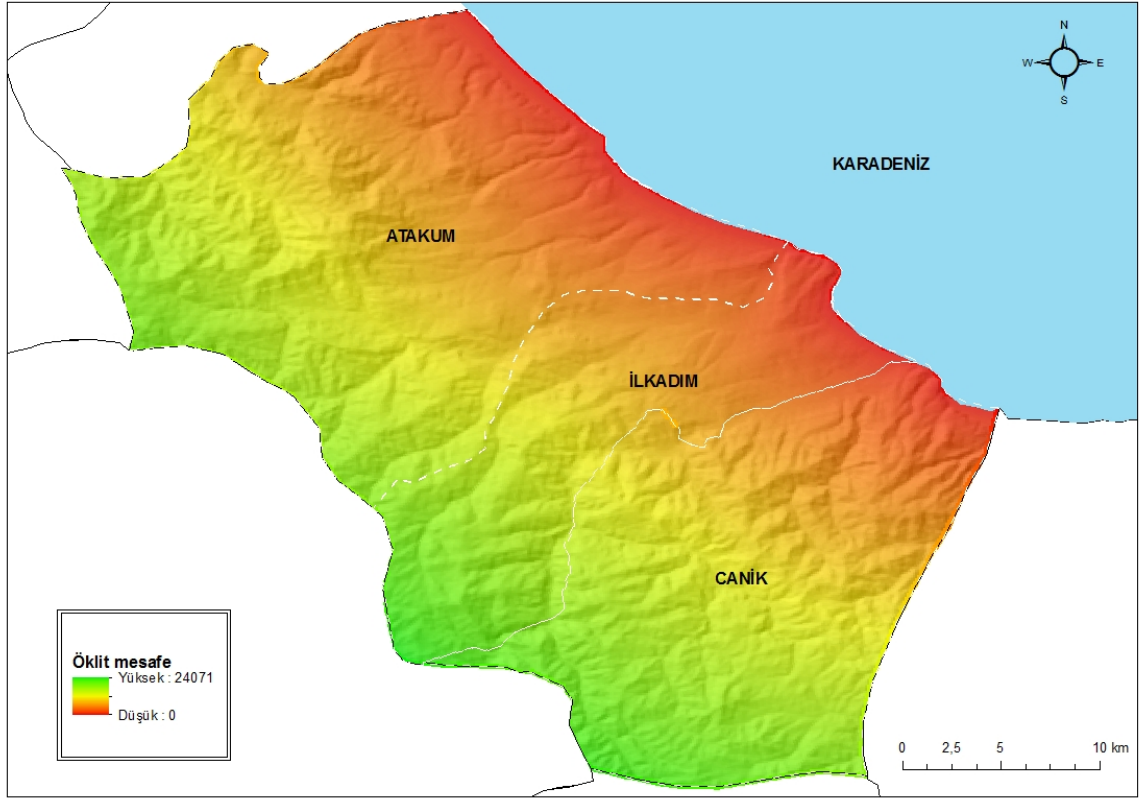
Çizelge 4.5. Kıyı şeridi kriteri ile ilgili yaklaşımlar

Yazarlar	Eşik Değeri	Standartlaştırma Yöntemi
Sadek vd. (2006)	Kıyı şeridinden en az 0,3 km uzaklıkta olmalı	S
Gemitzi vd. (2007)	Kıyı şeridine 3 km mesafedeki alanlara kurulamaz	T
Yildirim (2012)	Kıyı şeridine en az 0,5 km uzaklıkta olmalı	S
Demesouka vd. (2013)	Kıyı şeridinden en az 1 km uzaklıkta olmalı	BÜF

Demesouka vd. (2013), kıyı şeridinden uzaklık kriterini turizm endüstrisinin korunması açısından ele alarak olumsuz etkileri ve alanın gelişme olasılığını garanti altına almak için KADT'nin kıyı şeridinden en az 1 km uzak mesafelere kurulmasını önermektedir. Çalışmalarında çalışma bölgesini BÜF kullanarak değerlendirmişlerdir. Eskandari vd. (2012), kıyı şeridini yüzey sularından uzaklık kriteri altında değerlendirerek kıyı şeridine 1 km'den yakın mesafelere KADT kurulmaması gerektiğini belirtmektedir. Yıldırım (2012), kıyı şeridinden en az 0,5 km uzaklıkta olacak şekilde tampon bölge oluşturmuştur. Gemitzi vd. (2007), kıyı şeridindeki tüm turistik faaliyetleri korumak için kıyı şeridine 3 km mesafede koruyucu bir tampon bölge oluşturmuştur. Sadek vd. (2006), kıyı şeridinden 0,3 km mesafedeki alanları KADT için uygun olmayan bölge, 4 km'den uzak mesafedeki alanları ise en uygun bölge olarak belirlemiştir. Çalışma bölgesini 0,3-4 km aralığında üç sınıfta değerlendirmiştir.

Kıyı şeridi katmanı hazırlanırken, Samsun Büyük Şehir Belediyesi tarafından hazırlanan Samsun İlçeleri haritası kullanılmıştır. Samsun ilçeleri haritası ArcGIS yazılımı kullanılarak çalışma bölgesine uygun olarak kesilmiş, sonra bu harita üzerinden kıyı şeridi

izilmiştir. Daha sonra çalışma bölgesinde yer alan raster hücrelerin kıyı şeridinden uzaklıklarını hesaplamak için klit Mesafe Analizi yapılmıştır. Çalışma bölgesi için oluşturulan harita şekil 4.7’de yer almaktadır.



şekil 4.7. Çalışma bölgesi kıyı şeridi haritası

şekil 4.7’de kıyı şeridinden uzaklaştıkça renkler kahverengiden yeşile doğru değişmektedir.

4.3.5. Erozyon bölgeleri

Erozyon riski yüksek bölgeler KADT yapılması için uygun olmayan bölgeler olarak değerlendirilmektedir. Zamorano vd. (2008), arazinin erozyon durumuna göre 0-10 ölçeğinde sınıflandırmışlardır. Ouma vd. (2011), erozyonu sosyal kriterler altında inceleyerek, erozyon bakımından uygun olmayan bölgelere KADT kurulmaması gerektiğini belirtmiştir. Gorsevski vd. (2014), erozyonu ayrı bir kriter olarak incelememiştir ancak eğimi yüksek arazilerin erozyon potansiyeline neden olabileceğini

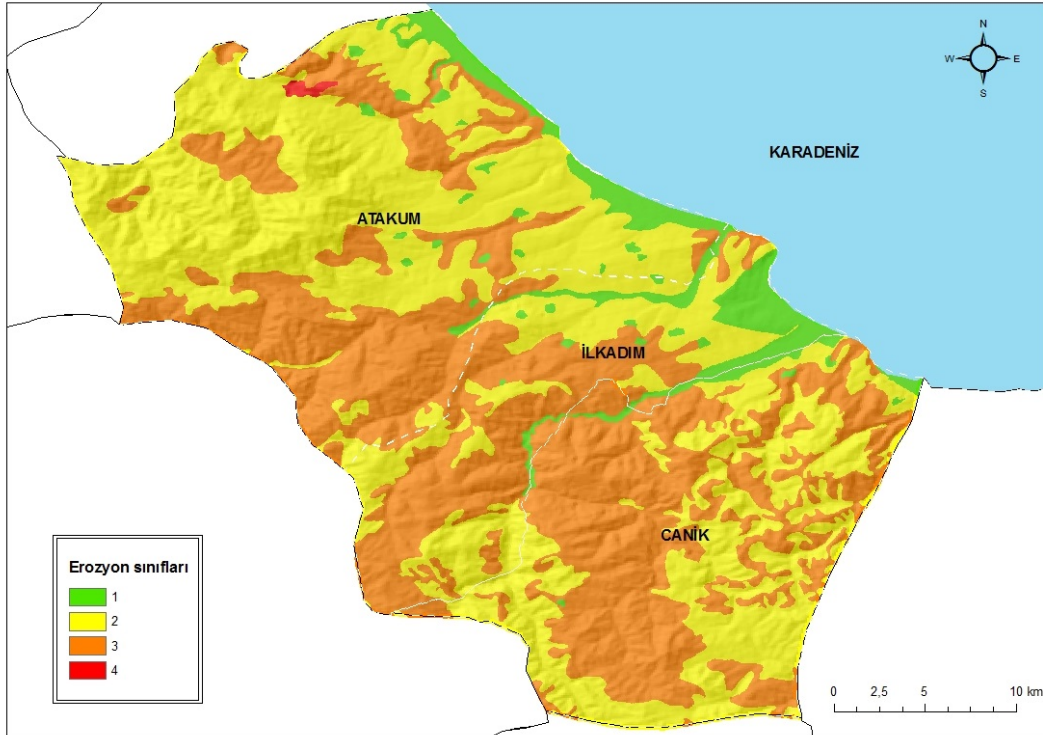
belirtmiştir. Yal ve Akgün (2014), erozyon kriterini erozyon duyarlılık haritasına göre üç sınıfa ayırarak 0,5-1 aralığında puanlandırmışlardır.

Erozyon bölgeleri katmanı oluşturulurken öncelikle Tarım Orman ve Köyışleri Bakanlığı tarafından hazırlanan Samsun İli Arazi Varlığı Haritası çalışma bölgesine uygun olarak kesilmiş, sonra çalışma bölgesinin erozyon risk gruplarına göre sınıflandırma yapılmıştır. Daha sonra her bir raster hücre sine erozyon risk gruplarına göre uygunluk puanı verilmiştir. Çalışma bölgesinde yer alan erozyon sınıfları ve uygunluk puanları Çizelge 4.6’da yer almaktadır.

Çizelge 4.6. Erozyon sınıfları ve uygunluk puanları

Erozyon sınıfı	Uygunluk Puanı
Hiç veya çok az	7
Orta	5
Şiddetli	3
Çok şiddetli	1

Çalışma bölgesi için oluşturulan harita Şekil 4.8’de yer almaktadır.



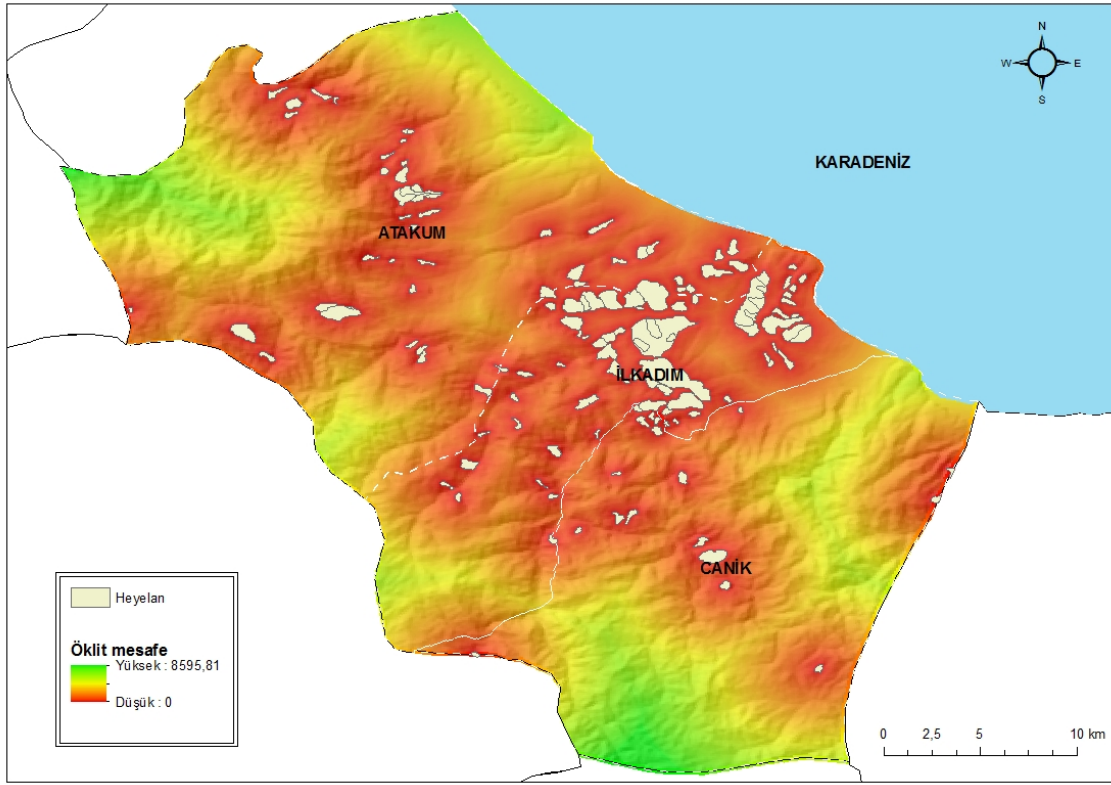
Şekil 4.8. Çalışma bölgesi erozyon sınıfları haritası

Ülkemizde yürürlükte olan “Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik” isimli yönetmeliğin 15. Maddesinde ise “Düzenli depolama tesisinin yer seçiminde taşkın, heyelan, çığ, erozyon ve yüksek deprem riski dikkate alınır.” ifadesi yer almaktadır. Erozyon bölgeleri kriteri yönetmelik ve literatürdeki çalışmalar göz önünde bulundurularak erozyon risk sınıflarına göre değerlendirilmiştir.

4.3.6. Heyelan bölgeleri

Heyelanlar sonucu meydana gelebilecek olası sıkışma ve patlama risklerini ortadan kaldırmak için KADT’lerinin heyelan bölgelerine kurulması istenmemektedir. Eskandari vd. (2012), İran Çevre Koruma Organizasyonu’na göre KADT’nin heyelan, sel ve çığ bölgelerinde kurulmaması gerektiğini belirtmiştir. Yıldırım vd. (2012), heyelan bölgelerini aktif, potansiyel ve eski heyelan bölgeleri olarak üç sınıfa ayırmıştır. Aktif heyelan bölgelerini uygunsuz olarak tanımlarken, potansiyel ve eski heyelan bölgelerine sırası ile 1, 2 puanlarını vermiştir.

Atıkların düzenli depolanması ile ilgili ülkemizde yürürlükte olan “Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik” isimli yönetmelikte depolama tesislerinin yer seçiminde heyelan bölgelerinin dikkate alınması gerektiği yer almaktadır. Bu çalışmada heyelan bölgeleri katmanı MTA tarafından hazırlanan Sayısal Heyelan Haritası kullanılarak oluşturulmuştur. Heyelan bölgeleri haritası öncelikle çalışma bölgesine uygun olacak şekilde düzenlenmiş, daha sonra çalışma bölgesinde yer alan raster hücrelerin heyelan bölgelerine uzaklıklarını hesaplamak için Öklit Analizi yapılmıştır. Çalışma bölgesi için oluşturulan harita Şekil 4.9’da verilmiştir.



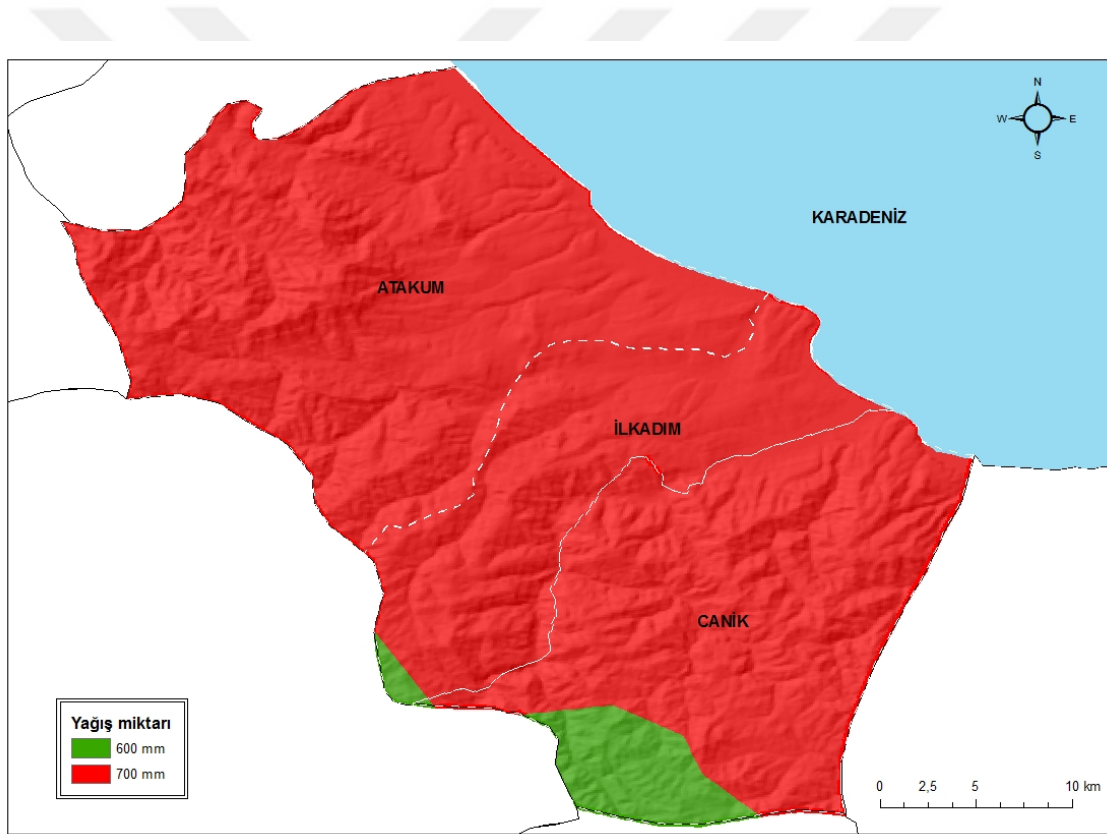
Şekil 4.9. Çalışma bölgesi heyelan bölgeleri haritası

Şekil 4.9’da krem rengi ile gösterilen alanlar çalışma bölgesinde yer alan bölgelerini göstermektedir. Haritadaki alanların renkleri heyelan bölgelerinden uzaklaştıkça kahverengiden yeşile doğru değişmektedir.

4.3.7. Yağış

Yüksek yağış alan bölgelerde sızıntı suyu üretim oranları yüksek olacağından, su kaynaklarının kirlenmesi riski artacaktır (Sadek vd. 2006). Yüksek yağış yoğunluğuna sahip bölgeler, kontamine suyun taşınması riski yüksek olduğu için KADT kurulması için uygun sayılmamaktadır. Bununla birlikte, yüksek yağış alan bölgeler KADT inşaat giderlerini büyük oranda yükseltebilir. Yüksek yağış alan bölgelerde su akışının depolama alanında birikmesine izin verilmemesi gerektiğinden verimli bir drenaj sistemi kurulmalıdır (Demesouka vd., 2014). Gemitzi vd. (2007), yıllık yağış miktarı 600 mm’den yüksek olan alanların; Sadek vd. (2008), yıllık yağış miktarı 1200 mm’den büyük olan alanların; Demesouka vd. (2013) ise yoğun yağış alan bölgeleri KADT için uygun olmayan yerler olarak tanımlamıştır.

Yağış katmanı oluşturulurken Meteoroloji 10. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilen Atakum (1962-2016), Bafra (1963-2016), Çarşamba (1966-1992), Havza (1986-1999), Ladik (1976-1999) ve Vezirköprü (1977-1994) meteorolojik ölçüm istasyonlarına ait verilerden, uzun yıllar ortalama yağış verileri kullanılmıştır. Yağış katmanı oluşturulurken öncelikle meteorolojik ölçüm istasyonlarının konumları CBS ortamında oluşturulmuştur. Oluşturulan bu istasyonlara uzun yıllar ortalama yağış verileri tanımlanmıştır. Daha sonra DEM verisi yardımı ile yağış her 100 m'de 54 mm artacak şekilde enterpolasyon yapılarak tüm Samsun ili için yıllık ortalama yağış tahmini yapılmıştır. Son olarak hazırlanan bu harita çalışma bölgesi için kesilerek Şekil 4.10'da yer alan çalışma bölgesine ait yıllık ortalama yağış miktarı haritası elde edilmiştir.



Şekil 4.10. Çalışma bölgesi yıllık yağış miktarı

Şekil 4.10'da yıllık ortalama yağış miktarı 600mm olan alanlar kırmızı renkle, 700mm olan alanlar yeşil renkle gösterilmektedir.

4.3.8. Sıcaklık

KADT'lerinin donma sıcaklığılarının bulunduğu bölgelerde kurulması depolama tesisinin biyolojik etkinliği ve tesislerde yer alabilecek arıtma sistemlerini etkileyeceğinden dolayı tercih edilmemektedir. Moeinaddini vd. (2010), dondurucu sıcaklıkların katı atık depolama alanının biyolojik etkinliğini etkileyeceğini için, donma sıcaklıklarının oluşturduğu alanlarda KADT'nin kurulmaması önermiş ve çalışma bölgesini yılın en soğuk çeyrek döneminin ortalama sıcaklık değerlerine göre BÜF kullanarak sınıflandırmıştır. Demesouka vd. (2014), donma sıcaklıklarının olduğu alanları uygun olmayan alan olarak tanımlamıştır.

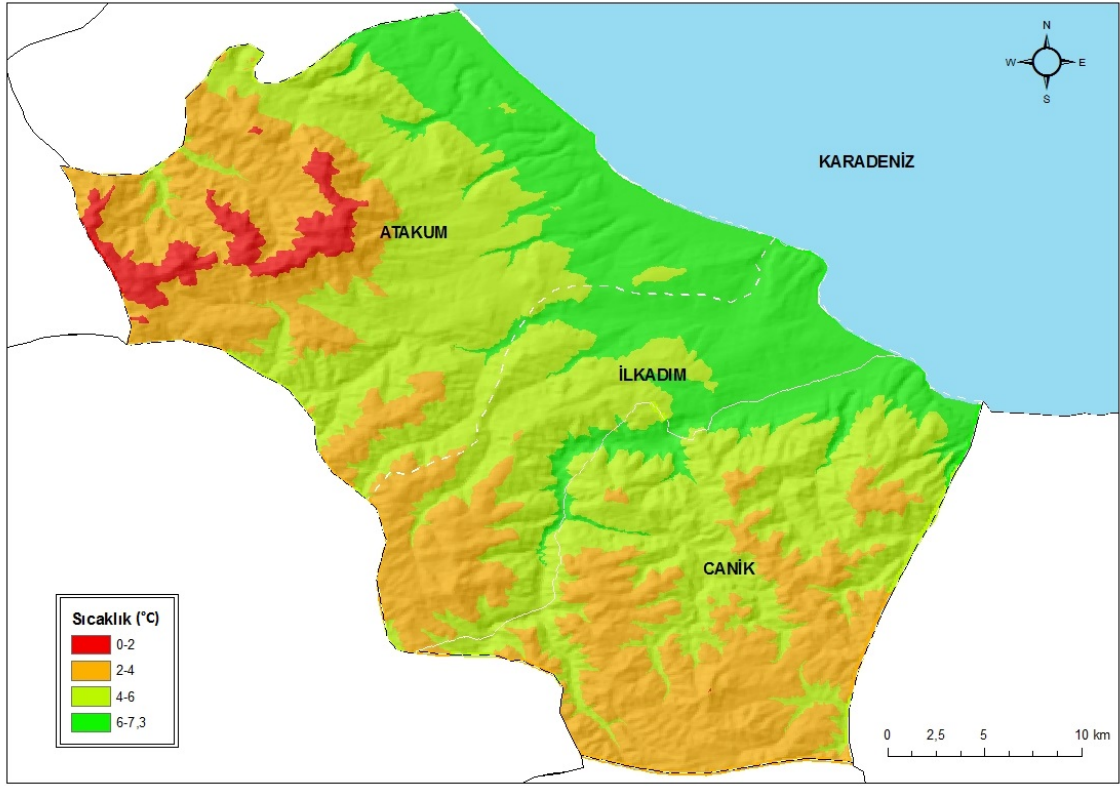
Çalışmada sıcaklık kriteri, KADT'de yer alan arıtma sistemlerinin dondurucu sıcaklıklardan etkilenmemesi amacı ile değerlendirilmektedir. Çalışma bölgesinde donma sıcaklıkları aralık, ocak ve şubat aylarında etkili olmaktadır. Bu nedenle tüm yılın sıcaklık ortalaması yerine en soğuk üç ayın ortalama sıcaklık değerleri kullanılmıştır. İlgili katman oluşturulurken Meteoroloji 10. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilen Atakum (1962-2016), Bafra (1963-2016), Çarşamba (1966-1992), Havza (1986-1999), Ladik (1976-1999) ve Vezirköprü (1977-1994) meteorolojik ölçüm istasyonlarına ait verilerden, uzun yıllar ortalama sıcaklık verileri kullanılmıştır. Öncelikle meteorolojik ölçüm istasyonlarının konumları CBS ortamında oluşturulmuştur. Oluşturulan bu istasyonlara en soğuk üç ayın uzun yıllar ortalama sıcaklık verileri tanımlanmıştır. Daha sonra DEM verisi yardımı ile sıcaklık her 200 m'de 1 derece azalacak şekilde enterpolasyon yapılarak tüm Samsun ilinin üç aylık ortalama sıcaklık değerleri tahmin edilmiştir.

Çalışma bölgesi sıcaklık aralıklarına göre sınıflara ayrılarak, KADT için uygunluklarına göre puanlandırılmıştır. Sıcaklık sınıfları ve uygunluk puanları Çizelge 4.7'de yer almaktadır.

Çizelge 4.7. Yağış sınıfları ve uygunluk puanları

Sıcaklık Sınıfı	Uygunluk Puanı
0-2	1
2-4	2
4-6	5

Şekil 4.11’de çalışma bölgesinin en soğuk üç aylık sıcaklık dağılımı yer almaktadır.



Şekil 4.11. Çalışma bölgesi en soğuk üç aylık sıcaklık dağılımı

Şekil 4.11’de çalışma bölgesi en soğuk üç ayın ortalama sıcaklık değerlerine göre en düşük uygunluk gösteren kırmızı (0-2), en yüksek uygunluk gösteren yeşil (6-7,3) olarak şekilde renklendirilmiştir.

4.3.9. Deprem

Depremsel aktiviteler ile ana kayada meydana gelebilecek çatlaklar depo alanındaki kirli ve toksik etkiye sahip suların yeraltı sularına sızarak kirlenmelerine neden olabileceğinden KADT’nin fay hatları üzerinde olması istenmemektedir (Dağıstanoğlu, 2012). Bosompen (2016), fayların yeraltı sularını kirlletmede önemli ve hızlı bir etkisi olduğunu belirtmiştir.

KADTYS’de sismik etki, bölgede yer alan faylara olan uzaklıklara göre değerlendirilebileceği gibi deprem risk bölgelerine göre de değerlendirilebilmektedir.

Çalışmada deprem risk bölgelerine göre değerlendirme kriter olarak ele alınırken, faylara olan uzaklıklara göre değerlendirme kısıt olarak ele alınmıştır.

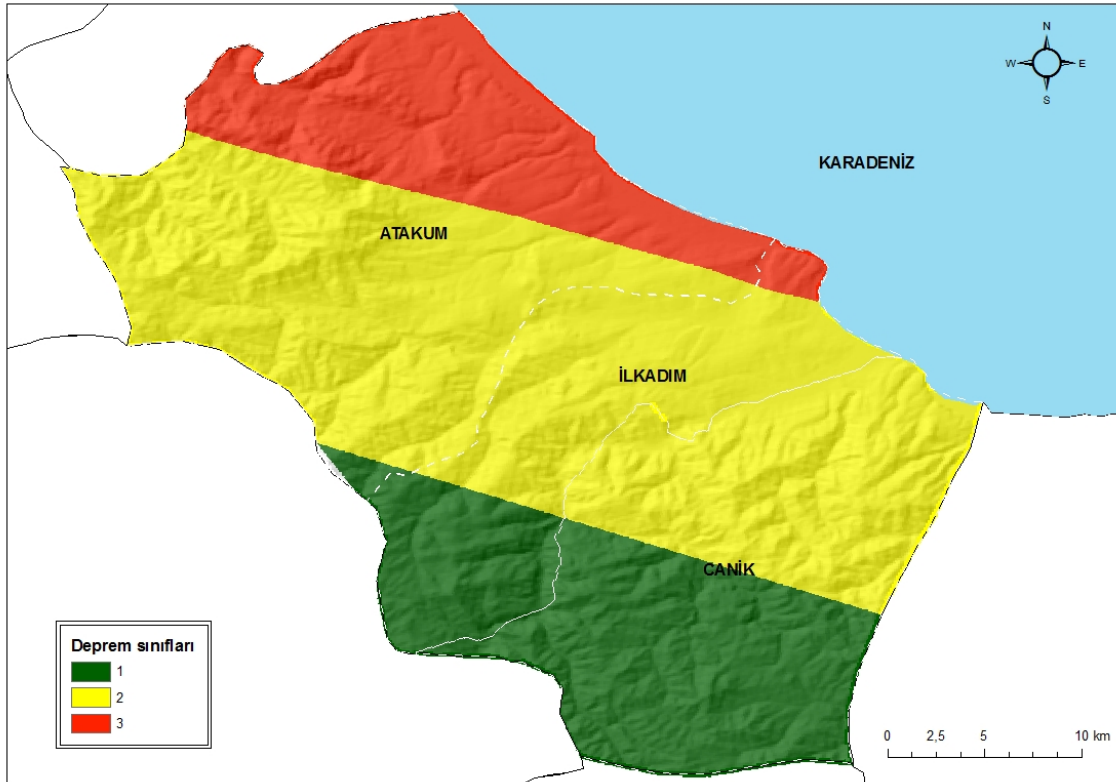
Literatürde faylara olan uzaklıklara göre değerlendirme yapan çalışmalar, kullanılan eşik değerleri ve standartlaştırma yöntemleri Çizelge 4.8’de yer almaktadır.

Çizelge 4.8. Faylara olan uzaklıklara göre değerlendiren yaklaşımlar

Yazarlar	Eşik Değeri	Standartlaştırma Yöntemi
Melo vd. (2006)	Faylardan en az 0,2 km uzaklıkta olmalı	BÜF
Sadek vd. (2006)	Aktif faylara en az 0,5 km, aktif olmayan faylara en az 0,1 km uzaklıkta olmalıdır	S
Sumathi vd. (2007)	Ana fay hatlarından en az 0,5 km uzaklıkta olmalı	S
Gemitzi vd. (2007)	Aktif faylara 1 km mesafedeki bölgelere kurulamaz	T
Delgado vd. (2008)	Aktif faylardan en az 0,1 km uzaklıkta olmalı	S
Sener vd. (2010)	Faylardan uzak olmalı	İK
Moeinaddini vd. (2010)	Ana faylardan en az 0,12 km, ikincil faylardan en az 0,08 km uzaklıkta olmalı	BÜF
Ouma vd. (2011)	Faylara en az 0,1 km uzaklıkta olmalı	T
Yıldırım (2012)	Faylara en az 1 km uzaklıkta olmalı	S
Eskandari vd. (2012)	Faylardan en az 0,2 km uzaklıkta olmalı	T
Gorsevski vd. (2012)	Faylardan en az 0,5 km uzaklıkta olmalı	BÜF
Demesouka vd. (2013)	Faylardan en az 0,2 km uzaklıkta olmalı	T
Yal ve Akgün (2014)	Faylara en az 0,1 km uzaklıkta olmalı	S
Bosompem (2016)	Faylardan uzak olmalı	S

Gemitzi vd. (2007), çalışma bölgesi sadece küçük sismik olaylar gösterdiğinden dolayı, deprem bölgeleri risk sınıflandırması yerine çalışma bölgesinde yer alan aktif faylara göre değerlendirme yapmıştır. Fay hatlarına olan uzaklıklara göre değerlendiren çalışmalarda iki tür kullanım yer almaktadır. Çalışmaların bazıları (Yıldırım, 2012; Bosompem, 2016; Gemitzi vd., 2007; Sumathi vd., 2007; Demesouka vd., 2013; Eskandari vd., 2012; Ouma vd., 2011; Delgado vd., 2008) belirli bir mesafe eşik değeri belirleyerek bunun üzerindeki bölgelerin tamamını aynı seviyede uygun alırken; diğerleri (Gorsevski vd., 2012; Melo vd., 2006; Yal ve Akgün, 2014) bölgeleri faylardan uzaklıklarına göre sınıflandırmaktadır.

Deprem bölgeleri katmanı oluşturulurken öncelikle MTA'dan temin edilen Deprem Bölgeleri Haritası çalışma bölgesine uygun olarak düzenlenmiştir. Daha sonra çalışma bölgesinde yer alan deprem bölgelerine sınıflandırılarak uygunluklarına göre puanlandırılmıştır. Çalışma bölgesinde yer alan 1., 2. ve 3. deprem bölgelerine sırası ile 5, 7 ve 9 puan verilmiştir. Çalışma bölgesi için oluşturulan harita Şekil 4.12'de yer almaktadır.



Şekil 4.12. Çalışma bölgesi deprem bölgeleri haritası

Şekil 4.12'de 1. sınıf deprem bölgeleri yeşil, 2. sınıf deprem bölgeleri sarı, 3. sınıf deprem bölgeleri kırmızı olacak şekilde KADT için uygunluk durumuna göre yeşilden kırmızıya doğru renklendirilmiştir.

4.3.10. Karayolları

KADT'lerinin karayollarına olan uzaklıkları dikkate alınması gereken çok önemli bir ekonomik faktördür. Anayollara çok yakın konumdaki depolama alanları, turistlere itici geleceğinden ekonomik kalkınmada olumsuz etkiye sahiptir (Gbaine, 2013). Bu nedenle

depolama tesislerinin yollardan yeterince uzak mesafelerde olması tercih edilmektedir. Bununla birlikte güçlü rüzgarların etkisiyle depolama tesisinden etrafa saçılacak nesnelerin kazalara neden olmaması için yollardan uzak olması gerekmektedir. Ancak, mevcut yol şebekelerinden uzakta olan depolama sahaları, yeni erişim yollarının inşası ve daha sonraki operasyon ile ilgili masrafları arttırmaktadır (Gorsevski, 2012). Bu nedenle KADT yer seçimi yaparken karayollarından yeterli uzaklığın belirlenmesine dikkat edilmesi gerekmektedir. Literatürde karayolları kriterini kullanan çalışmalar, eşik değerleri ve sınıflandırma yöntemleri Çizelge 4.9’da yer almaktadır.

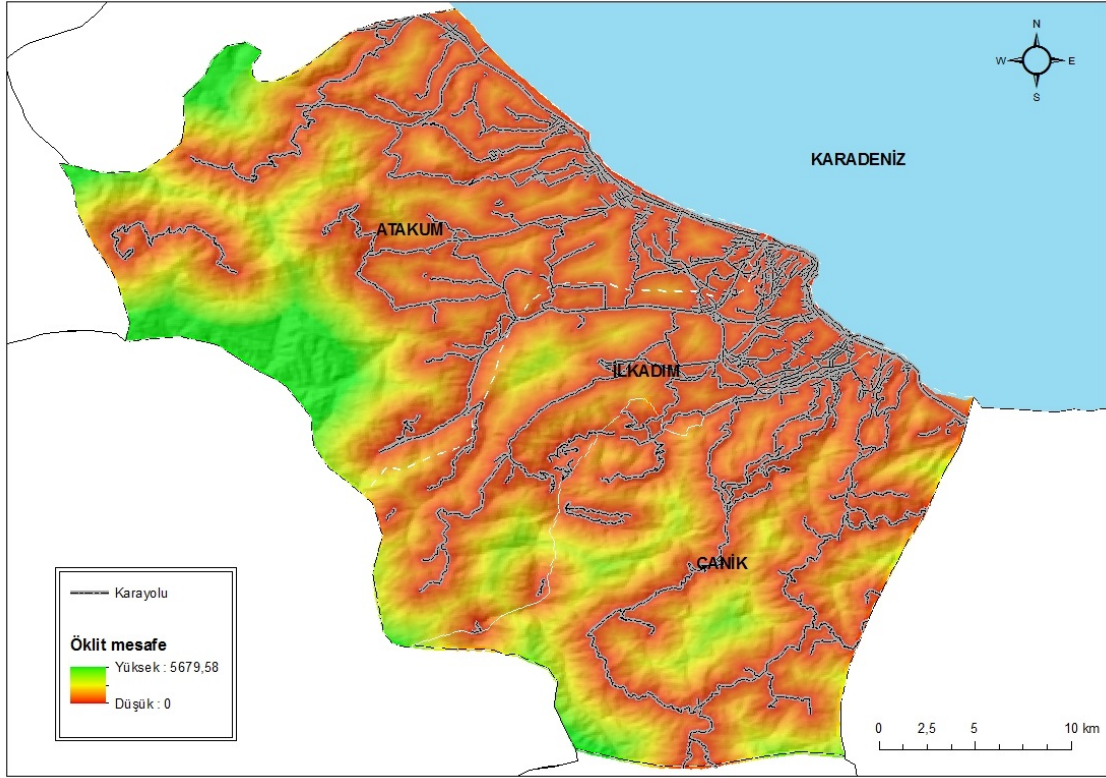
Çizelge 4.9. Karayollarına uzaklık kriteri ile ilgili yaklaşımlar

Yazarlar	Eşik Değeri	Standartlaştırma Yöntemi
Melo vd. (2006)	Yollardan en az 0,5 km uzaklıkta olmalı	BÜF
Sadek vd. (2006)	Otoyollardan en az 0,6 km, anayollardan en az 0,45 km, diğer yollardan en az 0,3 km uzaklıkta olmalıdır	S
Sumathi vd. (2007)	Karayollarından en az 0,2 km uzaklıkta olmalı	S
Gemitzi vd. (2007)	Karayollarından en az 0,3 km en fazla 5 km uzaklıkta olmalı	BÜF
Delgado vd. (2008)	Yollardan en az 0,07 km uzaklıkta olmalı	S
Chang vd. (2008)	Karayollarından en az 0,075 km uzaklıkta olmalı	S
Guiqin vd. (2009)	Karayollarından en az 0,5 km uzaklıkta olmalı	S
Sener vd. (2010)	Karayollarından uzakta olmalı	İK
Moeinaddini vd. (2010)	Otoyollardan en az 0,25 km, anayollardan en az 0,16 km, arayollardan en az 0,04 km uzaklıkta olmalı	BÜF
Ouma vd. (2011)	Karayollarından en az 0,3 km uzaklıkta olmalı	D
Yildirim (2012)	Karayollarından en az 0,5 km uzaklıkta olmalı	S
Eskandari vd. (2012)	Ana yollardan en az 0,3 km uzaklıkta olmalı	S
Gorsevski vd. (2012)	Karayollarından en az 2 km uzaklıkta olmalı	BÜF
Gbaine vd. (2013)	Birincil yol ağından en az 0,2 km, ikincil yol ağından en az 0,15 km uzaklıkta olmalı	BÜF
Demesouka vd. (2013)	Anayollardan ve otoyollardan en az 0,5 km uzaklıkta olmalı	BÜF
Yal ve Akgün (2014)	Karayollarından en az 0,5 km, kırsal yollardan en az 0,1 km uzaklıkta olmalı	S
Ismail (2016)	Ana yollardan en az 0,1 km uzaklıkta olmalı	T
Bosompem (2016)	Ana yollardan en az 0,5 km en fazla 4 km olmalı	S

Demesouka (2013), güçlü rüzgarların etkisiyle depolama tesisinden etrafa saçılacak nesnelerin kazalara neden olmaması için karayollarına 0,5 km'den düşük uzaklıktaki bölgeleri uygun olmayan bölge olarak tanımlamıştır. Bu bölgelerin aynı zamanda görüntü kirliliğine de neden olduklarını belirtmektedir. Bosompem vd. (2016), otoyollara 0,5 km'den düşük ve 4 km'den yüksek mesafeleri uygun olmayan, uzaklıkları 0,5-1 km arasındaki mesafeleri ortalama uygun, 1-4 km arasındaki mesafeleri en uygun olarak değerlendirerek üç sınıfa ayırmıştır. Yal ve Akgün (2014), karayollarına 0,5 km ve kırsal yollara 0,1 km mesafedeki bölgeleri, uygun olmayan bölgeler olarak belirlemiştir. Karayollarından uzaklaştıkça uygunluk değeri artarken, kırsal yollardan uzaklaştıkça uygunluk değeri azalacak şekilde değerlendirmektedir. Kırsal yollardan uzaklaştıkça uygunluk değerinin azalmasına sebep olarak yollardan uzak mesafedeki depolama alanları için yeni yollar inşa etme ihtiyacı duyulacağından ve bunun ek maliyetler getireceği belirtmiştir. Gorsevski (2012), yollara yakın mesafelere daha yüksek uygunluk değeri verirken, daha uzak mesafelere düşük değerler vermiştir. Çalışma bölgesinin sınıflandırılmasında J-şekilli azalan BÜF kullanarak 2 km'den daha yakın mesafelerdeki bölgelere 1 değerini, 5 km'den daha uzak mesafelerdeki bölgelere üyelik 0 değerini vermiştir. Yildirim (2012), yollardan uzaklıkları 0,5 km'lik altı sınıfa ayırarak 1-9 ölçeğinde sınıflandırmıştır. Sınıflandırma yaparken 0,5 km'den daha yakın mesafeleri en uygun bölge olarak belirleyerek 9 puan, 5 km'den uzak mesafeleri ise en uygunsuz bölge olarak belirleyerek 1 puan vermiştir. Gbaine vd. (2013), çalışmalarında birincil ve ikincil yollar için sırasıyla 0,2 km ve 0,015 km'lik uygun olmayan tampon bölgeler belirlemiştir. Uzaklıkların sınıflandırılmasında 0,015 km, 0,3 km , 0,8 km ve 2,5 km değerlerini tanımlayarak BÜF kullanmışlardır. İsmail (2016), ana yollardan 0,1 km'den düşük mesafedeki bölgeleri uygun olmayan bölgeler olarak belirlemiştir.

Karayolları katmanı OpenStreetMap'den indirilen veriler kullanılarak oluşturulmuştur. OpenStreetMap, özgür yazılım şartları altında oluşturulan açık kaynaklı, dünya çapında harita oluşturma projesidir. OpenStreetMap haritaları, kullanıcıların sunmuş olduğu GPS izleri, uydu fotoğrafları ve yerel yönetimler tarafından sağlanan çeşitli veriler doğrultusunda oluşturulmaktadır (OpenStreetMap, 2017). Global Mapper 18 yazılımı ile OpenStreetMap'den indirilen verilerden, karayolları verileri ayrıştırılarak ArcGIS ortamında çalışabilecek formata dönüştürülmüştür. Daha sonra karayolları çalışma bölgesine uygun şekilde düzenlenmiştir. Son olarak Öklit Mesafe Analizi aracı kullanılarak

Çalışma bölgesinde yer alan tüm raster hücrelerinin karayollarına uzaklıkları hesaplanmıştır. Çalışma bölgesi için oluşturulan karayolları haritası Şekil 4.13’de yer almaktadır.



Şekil 4.13. Çalışma bölgesi karayolları haritası

Şekil 4.13’de mavi kesikli çizgiler çalışma bölgesinde yer alan karayollarını göstermektedir. Haritadaki alanların renkleri karayollarından uzaklaştıkça kahverengiden yeşile doğru değişmektedir.

4.3.11. Yerleşim bölgeleri

KADT’lerinin yerleşim bölgeleri yakınlarına kurulması kötü koku oluşturmaları, emniyet, gürültü ve estetik açıdan rahatsızlık vermesi gibi nedenlerdendolayı uygun değildir. Bölge halkı bu nedenlerden dolayı yerleşim bölgeleri yakınlarına kurulan depolama tesislerine tepki gösterebilmektedir.

KADTYS ile ilgili literatür incelendiğinde yerleşim bölgeleri kriteri için farklı sınıflandırma yöntemleri ve farklı eşit değerlerinin kullanıldığı Çizelge 4.10'da görülmektedir. Literatürün genelinde belirli bir eşik değerinin altını uygun olmayan böyle kabul ederek, bu eşik değerinden uzaklaştıkça uygunluk değeri artmaktadır. Ancak yerleşim bölgelerinden uzaklaştıkça atıkların belirlenen depolama alanlarına taşınma mesafesi de artacağından ekonomik olarak olumsuz bir sonuç oluşturacaktır. Gemitzi (2007), yerleşim bölgelerine uzaklıkları 0,5 km'den düşük mesafedeki bölgelere 0 puan verirken, 20 km'den yüksek mesafedeki bölgeleri en uygun bölge olarak tanımlanmış ve 0-255 ölçeğinde derecelendirmiştir. Ouma vd. (2011), 0,3 km'den düşük mesafeleri uygun olmayan bölgeler olarak kabul ederken okullar, hastaneler ve ibadet alanlarından uzaklıklar için farklı sınıflandırma birimlerini kullanmıştır. Gorsevski (2012), kentsel alanlarından 0,5 km düşük mesafeleri uygun olmayan bölge olarak belirlerken, 0,8 km'den daha yüksek mesafeleri en uygun bölgeler olarak belirlemiştir. Yal ve Akgün (2014), yerleşim merkezlerine 0,5 km'den düşük mesafedeki bölgeleri uygun olmayan, 2 km'den yüksek mesafeleri ile en uygun alan olarak belirlemiştir. Bosompem (2016), 0,5 km'den düşük mesafedeki bölgeleri en az uygun bölge, 0,5-2 km arasındaki bölgeleri uygun bölge, 2km'den yüksek mesafedeki bölgeleri ise en uygun bölge olarak sınıflandırmıştır.

Yerleşim bölgelerinden uzaklaşmak atık taşıma maliyetlerini artıracığından bazı çalışmalarda uygun olmayan bölgelerin tanımlanmasında üst sınırlar belirlenmiştir. İsmail (2016), uygun bölge için alt sınırın yanında üst sınır da tanımlamıştır. KADT için 25 km'den yüksek mesafedeki bölgeleri uygunsuz bölgeler olarak belirlemiştir. Moeinaddini vd. (2010) ise 40 km'den yüksek mesafedeki bölgeleri uygun olmayan bölgeler olarak belirlemiştir.

Yerleşim bölgelerine olması gereken en düşük mesafeler genellikle çalışmaların yapıldıkları ülkelere ait yasal mevzuatlara göre belirlenmiştir. Örneğin Avrupa'da Avrupa Konseyi Direktifi 1999/31/EC'ye göre halk sağlığını korumak ve oluşabilecek bir güvenlik sıkıntısına karşı halkı koruma amaçlı KADT'leri yerleşim bölgelerinden en az 0,5 km uzaklıkta olmalıdır (Demesouka, 2014).

Çizelge 4.10. Yerleşim bölgelerine uzaklık kriteri ile ilgili yaklaşımlar

Yazarlar	Uygun Mesafeler	Standartlaştırma Yöntemi
Melo vd. (2006)	Kent merkezlerinden en az 0.5 km uzaklıkta olmalı (yasal)	BÜF
Sadek vd. (2006)	Yerleşim bölgelerinin yakınında olmalı ve tarihi alanlardan en az 1km uzaklıkta olmalı	S
Sumathi vd. (2007)	Yerleşim bölgelerinden en az 0.5 km uzaklıkta olmalı	S
Gemitzi vd. (2007)	Yerleşim ve sanayi bölgelerinden en az 0.5 km uzaklıkta olmalı	BÜF
Delgado vd. (2008)	Yerleşim bölgelerinden en az 0.5 km uzaklıkta olmalı	S
Chang vd. (2008)	Yerleşim bölgelerinden en az 3 km uzaklıkta olmalı	S
Guiqin vd. (2009)	Yerleşim bölgelerinden en az 0.5 m uzaklıkta olmalı	S
Geneletti D. (2010)	Yerleşim bölgelerinden en az 0.2 km, en fazla 1 km uzaklıkta olmalı	D
Moeinaddini vd. (2010)	Yaşam merkezlerinden en az 3 km, köylerden en az 1 km uzaklıkta olmalı	BÜF
Ouma vd. (2011)	Bina, okul, kilise, otel, restoran, parklardan en az 0.3 km; hastane ve sağlık tesislerinden en az 1.5 km uzaklıkta olmalı	D
Yildirim (2012)	Yerleşim bölgelerine en az 1 km uzaklıkta olmalı	S
Eskandari vd. (2012)	Yerleşim bölgelerine en az 1 km uzaklıkta olmalı	S
Gorsevski vd. (2012)	Yerleşim bölgelerine en az 0.5 km uzaklıkta olmalı	BÜF
Gbaine vd. (2013)	Yerleşim bölgelerine en az 0.3 km uzaklıkta olmalı	BÜF
Demesouka vd. (2013)	Yerleşim bölgelerine en az 0.5 km uzaklıkta olmalı	BÜF
Yal ve Akgün (2014)	Yerleşim bölgelerine en az 0.5 km uzaklıkta olmalı	S
Ismail (2016)	Yerleşim bölgelerine en az 0.5 km en fazla 25 km uzaklıkta olmalı	T
Bosompem (2016)	Yerleşim bölgelerine en az 0.5 km uzaklıkta olmalı	S

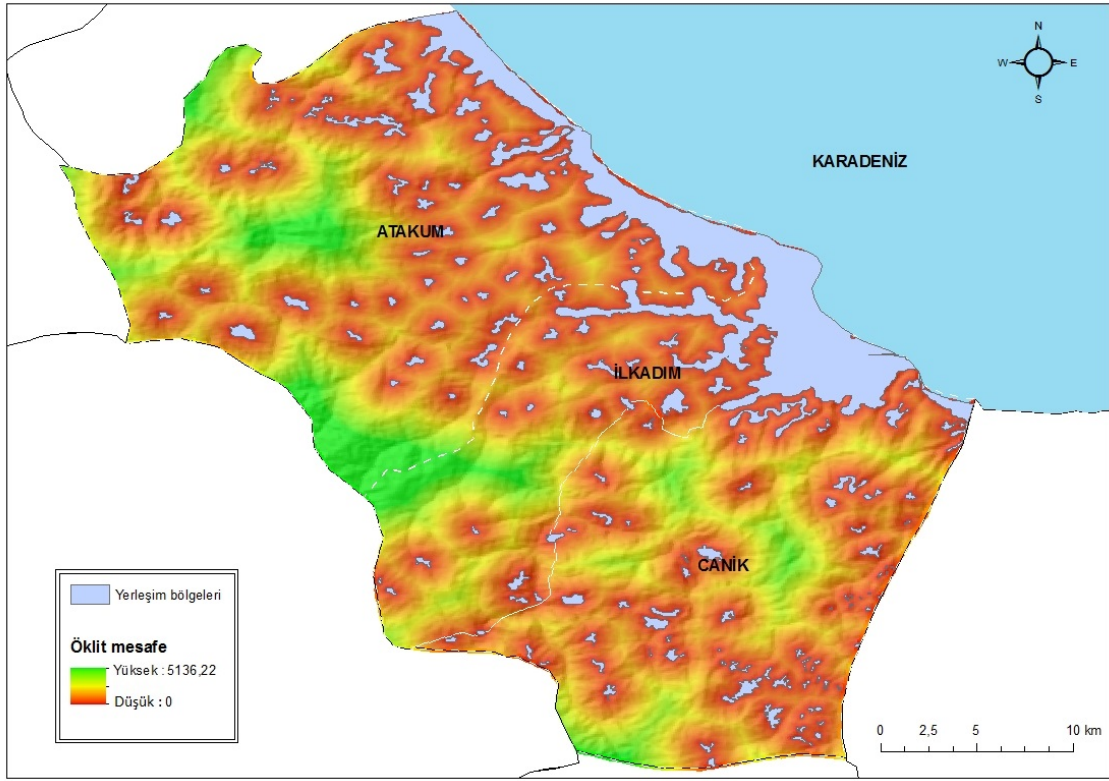
Ülkemizde yürürlükte olan “Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik” isimli yönetmeliğin 5. maddesinde düzenli depolama tesisleri; I. sınıf, II. sınıf ve III. sınıf düzenli depolama tesisi olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır;

- I. sınıf düzenli depolama tesisi: Tehlikeli atıkların depolanması için gereken altyapıya sahip tesis,
- II. sınıf düzenli depolama tesisi: Belediye atıkları ile tehlikesiz atıkların depolanması için gereken altyapıya sahip tesis,
- III. sınıf düzenli depolama tesisi: İnert atıkların depolanması için gereken altyapıya sahip tesis olarak tanımlanmıştır.

Çalışma kapsamında yer seçimi yapılacak tesis, II. sınıf düzenli depolama tesisi sınıfında yer almaktadır. Yönetmeliğin 15. maddesinde ise “Düzenli depolama tesis

sınırlarının yerleşim birimlerine uzaklığı II. sınıf ve III. sınıf düzenli depolama tesisleri için ise en az iki yüz elli metre olmak zorundadır.” ifadesi yer almaktadır. Bu nedenle yerleşim bölgelerine 250 m'den yakın mesafedeki bölgeler uygun olmayan bölgeler olarak belirlenmiştir.

Yerleşim bölgeleri katmanı, Google Earth verileri kullanılarak oluşturulmuştur. Bu katman oluşturulurken öncelikle ArcGIS yazılımında Google Earth uydu görüntüleri altlık olarak açılmış, sonra çalışma bölgesinde yer alan yerleşim bölgeleri çizilmiştir. Daha sonra çalışma bölgesinde yer alan her bir raster hücresinin yerleşim bölgelerine uzaklıkları Öklit Mesafe Analizi aracı kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışma bölgesinde yer alan yerleşim bölgelerine ait oluşturulan harita Şekil 4.14’de yer almaktadır.



Şekil 4.14. Çalışma bölgesinde yer alan yerleşim bölgeleri haritası

Şekil 4.14’de açık mavi renkler çalışma bölgesinde yer alan yerleşim bölgelerini göstermektedir. Haritadaki alanların renkleri karayollarından uzaklaştıkça kahverengiden yeşile doğru değişmektedir.

4.3.12. Eğim

KADT'nin kurulumu ve işletilmesi için ekonomik maliyetlerin en düşük seviyeye indirilmesi hedeflenmektedir. Eğim kriteri inşaat maliyetleri ve atık toplama araçlarının çalışması bakımından oldukça önemlidir. Örneğin arazi yüzeyi eğiminin çok dik olduğu yamaçlar, yüksek kazı maliyetlerine yol açarak inşaat maliyetleri artırmaktadır (Gemitzi, 2007; Guiqin, 2009). %20'nin üzerinde eğime sahip yollarda atık toplama araçları zorluk çekmektedir (Ouma, 2011). Eğim kriteri sadece ekonomik değil aynı zamanda çevresel konularda da etkilidir. Arazi yüzeyi eğiminin yüksek olduğu bölgelerde atıkların düzenli depolama sahalarındaki akışı artacağından kontaminasyon bölgesi alanında artacaktır (Chang, 2008). Fazla eğim depolama alanında atıklardan oluşacak sıvıların hızlı akışına da neden olmaktadır (Ouma, 2011).

Çizelge 4.11'de literatürde eğim kriterini kullanan çalışmalar, eşik değerleri ve sınıflandırma yöntemleri yer almaktadır. Sadek vd. (2005), %20'den fazla eğime sahip bölgeleri uygunsuz bölge olarak belirlerken; %5'den düşük eğime sahip bölgeleri yüksek, %5-10 eğime sahip bölgeleri orta, %10-15 eğime sahip bölgeleri düşük, %15-20 eğime sahip bölgeleri en düşük uygunluğa sahip bölgeler olarak dört sınıfa ayırmıştır. Gemitzi (2007), eğimi %0-50 aralığındaki bölgeleri sınıflandırmak için monoton olarak azalan sigmodial BÜF kullanmıştır. Chang (2008), eğimi %12'den düşük olan bölgeleri depolama sahası için uygun bölgeler tanımlanmıştır. Delgado vd. (2008), %30'dan düşük eğime sahip bölgeleri uygun bölgeler olarak tanımlamıştır. Guiqin vd. (2009), %50'den yüksek eğime sahip bölgeleri uygunsuz olarak belirlemiştir. Çalışmasında %0-50 eğim aralığını 1-5 ölçeğinde sınıflandırarak; %40-50 aralığı düşük uygunluğa sahip olup 1 puan alırken, %0-10 aralığı 5 puan alarak en yüksek uygunluğa sahip bölge olarak değerlendirilmiştir. Moeinaddini vd. (2010), %40'dan düşük eğime sahip bölgeleri uygun bölgeler olarak tanımlamıştır. Uygun bölgelerin sınıflandırılmasında monoton azalan BÜF kullanmıştır. Ouma vd. (2011), %0-2 arasında eğime sahip bölgelere en yüksek puan, %20 den fazla eğime sahip bölgelere en düşük puan verecek şekilde %1-20 eğim aralığını 10 sınıfa ayırmıştır.

Çizelge 4.11. Eğim kriteri ile ilgili yaklaşımlar

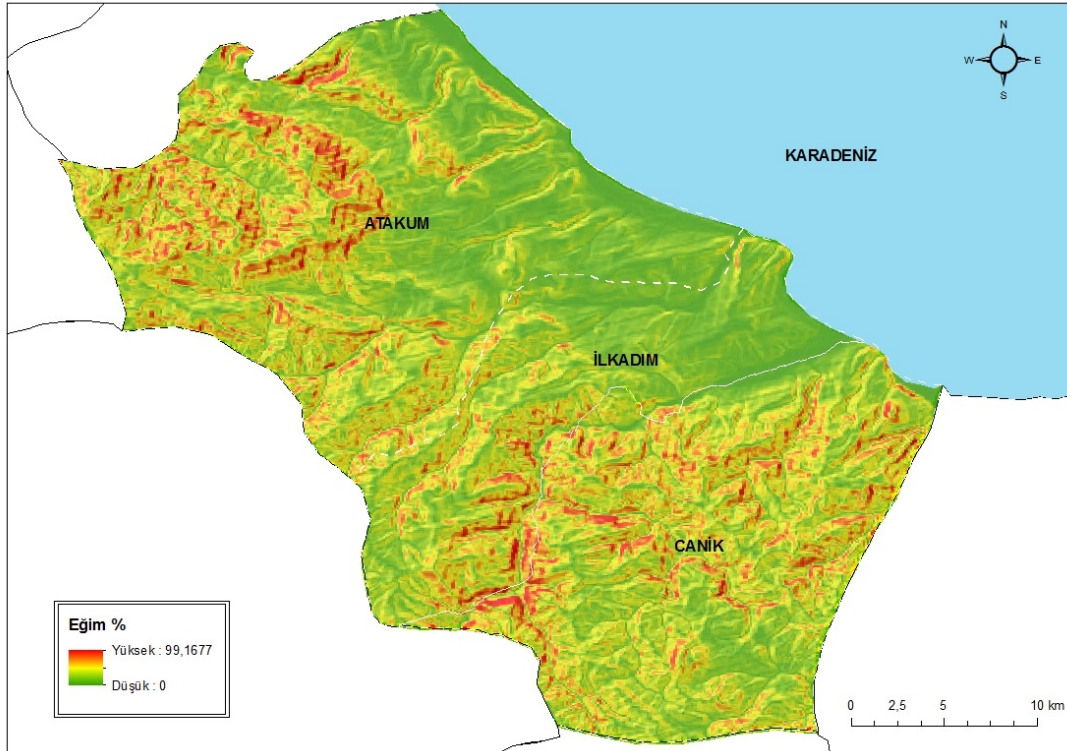
Yazarlar	Eşik Değeri	Standartlaştırma Yöntemi
Melo vd. (2006)	Eğim %1' den yüksek %30'dan düşük olmalı	BÜF
Sadek vd. (2006)	Eğim %20' den düşük olmalı	S
Sumathi vd. (2007)	Eğimi %50' den düşük olmalı	S
Gemitzi vd. (2007)	Eğimi %50' den düşük olmalı	BÜF
Delgado vd. (2008)	Eğimi %30' dan düşük olmalı	S
Chang vd. (2008)	Eğimi %12' den düşük olmalı	S
Guiqin vd. (2009)	Eğimi %50' den düşük olmalı	S
Sener vd. (2010)	Eğimi düşük olmalı	İK
Geneletti D. (2010)	Eğim %20' den düşük olmalı	D
Moeinaddini vd. (2010)	Eğimi %40' dan düşük olmalı	BÜF
Ouma vd. (2011)	Eğimi %12' den düşük olmalı	D
Yildirim (2012)	Eğimi 25°' dan düşük olmalı	S
Gorsevski vd. (2012)	Eğimi %30' dan düşük olmalı	BÜF
Gbaine vd. (2013)	Eğimi %10'dan yüksek olmalı, %30 dan düşük olmalı	BÜF
Demesouka vd. (2013)	Eğimi %10' den düşük olmalı	BÜF
Yal ve Akgün (2014)	Eğimi %40' dan düşük olmalı	S
Ismail (2016)	Eğimi %12' den düşük olmalı	S
Bosompem (2016)	Eğimi düşük olmalı	S

Literatürde yer alan bazı çalışmalarda eğim kriteri yüzde yerine derece cinsinden tanımlanmıştır. Yıldırım (2012), eğim kriterini beş sınıfta ele almış ve 5°'nin altındaki eğimlere sahip bölgeleri depolama alanı için en uygun, 25°'nin üzerindeki eğimlere sahip bölgeleri depolama alanı için uygun olmayan bölgeler olarak belirlemiştir. Sener vd. (2011), 0-10°, 10-20°, 20-30°, 30-40° ve 40°> olmak üzere bölgenin eğimini beş sınıfa ayırarak, sınıfları ikili karşılaştırma yaparak uygunluk seviyelerini belirlemiştir. Bosompem (2016), 9°'den yüksek eğime sahip alanları en az uygun, 6-9° arasında eğime sahip alanları orta derecede uygun ve 6°'nin altında eğime sahip bölgeleri en uygun bölgeler olmak üzere üç sınıfa ayırmıştır.

KADT kurulacak arazinin yüksek eğime sahip olması istenmemekle birlikte tamamen düz olması da istenmemektedir. Yağışlar veya atıklardan meydana gelen sıvıların depolama sahasından süzülerek arıtılması için belirli arazinin bir miktar eğime sahip olması gerekmektedir. Düz arazilerde bu zemini oluşturmak kazı maliyetlerine yol açacağından KADT kurulacak zeminin tamamen düz olması istenmemektedir. Depolama

tesislerinin çok düz bir zeminde yer alması drenaj akımının engellenmesi riskini oluşturmaktadır (Gbaine vd, 2014). Literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak Melo (2006) ve Gbaine vd. (2014) eğim için alt eşik değeri belirlemişlerdir. Melo (2006), en düşük eğim %1 ve en yüksek eğim %30 olacak şekilde değerlendirmiştir. Çalışma bölgesinin eğimi doğrusal simetrik BÜF kullanılarak sınıflandırılmıştır. Gbaine vd. (2014), eğimi %10'dan yüksek ve %30 dan düşük olan bölgeleri uygun bölgeler olarak sınıflandırmıştır.

Atıkların düzenli depolanması ile ilgili ülkemizde yürürlükte olan yönetmelikte, I. sınıf ve II. sınıf düzenli depolama tesislerinde depo tabanının boyuna eğiminin % 3'den az olamayacağı ifade edilmektedir. Bu çalışmada eğimi %5' den düşük olan bölgeler uygun olmayan bölgeler olarak değerlendirilmektedir. Eğim katmanı, EEA (2013), tarafından oluşturulan DEM over Europe verileri kullanılarak oluşturulmuştur. Bu katman oluşturulurken öncelikle DEM verileri çalışma bölgesine uygun bir şekilde düzenlenmiştir. Daha sonra ArcGIS yazılımının Mekânsal Analiz modülünde yer alan Eğim (Slope) aracı kullanılarak çalışma bölgesinin eğimi yüzde olarak hesaplanmıştır. Çalışma bölgesi için oluşturulan eğim haritası Şekil 4.15'de yer almaktadır.



Şekil 4.15. Çalışma bölgesi eğim haritası

Şekil 4.15’de çalışma bölgesinin eğim değeri yüzde olarak düşük olan bölgeler yeşil, yüksek bölgeler kahverengi olacak şekilde renklendirilmiştir.

4.3.13. Yükselti

KADT kurulacak bölgenin yüksekliği hem ekonomik hem de çevresel açıdan oldukça önemlidir. Deniz seviyesinden çok yükseklerde olan bölgeler yüksek ulaşım maliyetleri nedeniyle uygun görülmemekle birlikte, deniz seviyesinde bulunan bölgeler su kirliliği ve sel gibi riskleri taşımaktadır (Demesouka, 2013).

Çizelge 4.12’de literatürde yükselti kriterini kullanan çalışmalar, eşik değerleri ve sınıflandırma yöntemleri yer almaktadır. Sener vd. (2010) çalışma bölgesinin yükseklik seviyesini ikili karşılaştırma sınıflandırmıştır. Sınıflandırmada deniz seviyesinden 2300 m’den yüksek olan bölgeler en yüksek uygunluk değerini alırken, 900-1250 m aralığı en düşük uygunluk değerini almıştır. Ouma vd. (2011), yükselti kriterini ekonomik açıdan değerlendirerek çalışma yapılacak bölgenin doğal yüksekliğinden en fazla 750 m yükseklikteki bölgelerin uygun olduğunu belirtmiştir.

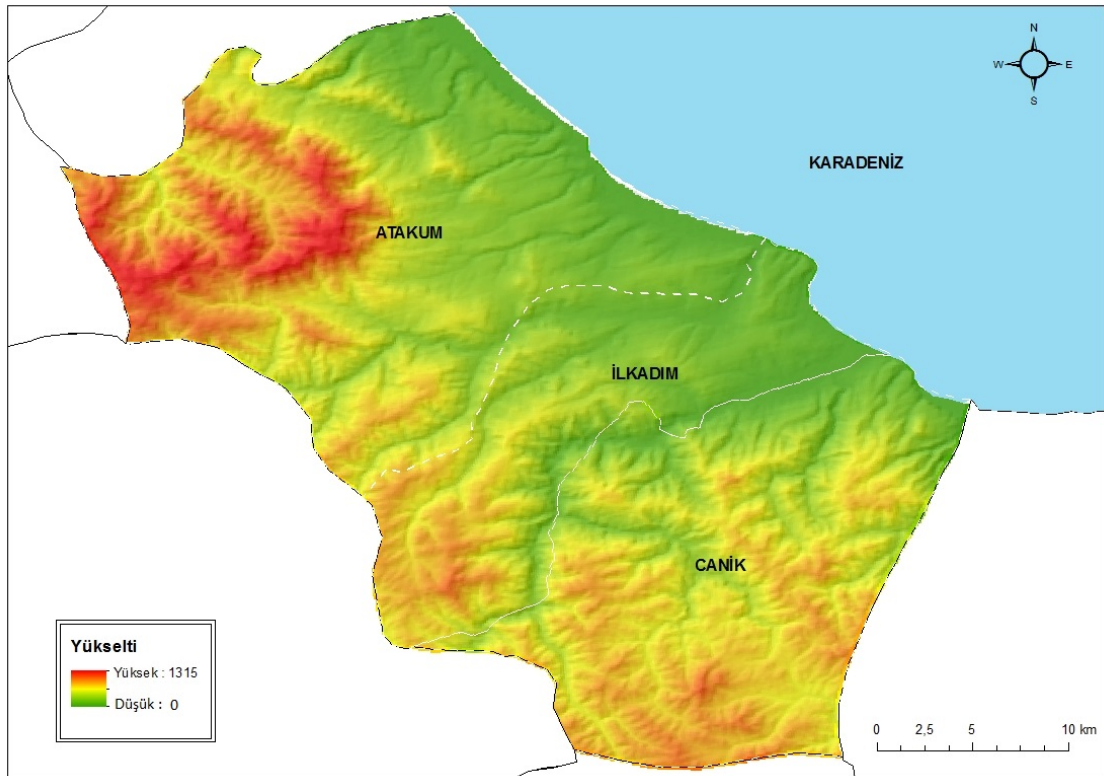
Çizelge 4.12. Yükselti kriteri ile ilgili yaklaşımlar

Yazarlar	Eşik Değeri	StandartlaştırmaYöntemi
Sadek vd. (2006)	En az 120m yükseklikte olmalı	S
Sener vd. (2010)	Yükseklerde olmamalı	S
Geneletti D. (2010)	En az 100m, en fazla 1200m yükseklikte olmalı	D
Ouma vd. (2011)	En fazla 750m yükseklikte olmalı	D
Gorsevski vd. (2012)	En fazla 800m yükseklikte olmalı	BÜF
Gbaine vd. (2013)	Yükseklerde olmamalı	S
Demesouka vd. (2013)	Yükseklerde olmalı	BÜF

Gorsevski vd. (2012), 800 m’den yüksek bölgeleri uygun olmayan bölgeler olarak belirlerken, çalışma bölgesinin sınıflandırmasında BÜF kullanmıştır. Gbaine vd. (2013), yükselti kriterini değerlendirirken inşaat maliyetleri ve yeraltı suyunu kirlileme riskini göz önünde bulundurmuşlardır. 300 m’den düşük ve 500 m’den yüksek bölgeleri uygun olmayan bölge olarak belirleyerek 300-500 m aralığını BÜF kullanarak değerlendirmişlerdir. Demesouka vd. (2013), deniz seviyesinden yüksek seviyelere en

yüksek derecede uygunluk verecek şekilde çalışma bölgesini BÜF kullanarak sınıflandırmışlardır.

Yükselti katmanının oluşturulmasında EEA (2013), tarafından oluşturulan DEM over Europe verileri kullanılmıştır. DEM verileri çalışma bölgesi için oluşturulan sınırlara göre kesilerek bu katman oluşturulmuştur. Çalışma bölgesi için oluşturulan yükselti haritası Şekil 4.16’de yer almaktadır.



Şekil 4.16. Çalışma bölgesi yükselti haritası

Şekil 4.16’da çalışma bölgesi yükseklik seviyesine göre düşük yükseklik değerindeki alanlar yeşil, yüksek yükseklik değerindeki alanlar kahverengi olacak şekilde renklendirilmiştir. Şekil incelendiğinde çalışma bölgesinde en yüksek değerin 1315 m olduğu görülmektedir.

4.3.14. Bakı

Bakı, her hücreden komşularına maksimum değer değişim oranının aşağıya doğru yönünü belirler. Eğim yönü olarak düşünülebilir (ArcGIS, 2018). Bakı kriteri, bölgede hakim rüzgar yönünün değerlendirilmesinde kullanılan önemli bir kriterdir. Kuvvetli rüzgarlara maruz kalan bölgeler, rüzgarın düzenli depolama sahası üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı uygun sayılmamaktadır (Demesouka vd., 2014). KADT’lerde depolanan atıkların üzeri geçirimsiz toprakla örtülse bile koku ve tozların rüzgarla dağılmasının önlemek için hakim rüzgar yönüne açık bölgelere inşa edilmesi istenmemektedir (Küçükönder ve Karabulut, 2007). Bu nedenle KADTYS yapılırken hakim rüzgar yönüne maruz kalan düz alanlar düşük, herhangi bir rüzgara maruz kalmayan alanlar yüksek derecede uygunluk göstermektedir.

Çizelge 4.13’de literatürde bakı kriterini kullanan çalışmalar, eşik değerleri ve sınıflandırma yöntemleri yer almaktadır.

Çizelge 4.13. Bakı kriteri ile ilgili yaklaşımlar

Yazarlar	Uygunluk	Standartlaştırma Yöntemi
Sener vd. (2010)	Aktif rüzgar yönünde olmamalı	İK
Moeinaddini vd. (2010)	Aktif rüzgar yönünde olmamalı	BÜF
Eskandari vd. (2012)	Aktif rüzgar yönünde olmamalı	S
Gbaine vd. (2013)	Aktif rüzgar yönünde olmamalı	S
Demesouka vd. (2013)	Aktif rüzgar yönünde olmamalı	S

Moeinaddini vd. (2010), şiddetli rüzgarların etkisinde olan alanların tercih edilmemesi gerektiğini belirtmiştir. Gbaine vd. (2013), aldıkları meteorolojik verilere göre güneydoğu ve kuzeydoğu yönlerinin baskın rüzgar yönü olduğunu belirleyerek bu yönlerle daha düşük değerler verirken, diğer yönlerle daha yüksek değerler vererek sınıflandırmışlardır. Eskandari vd. (2012), çalışma alanının düz olmasından dolayı rüzgar yöneliminin bölgenin her yerinde neredeyse birbirine benzediğini belirtmişlerdir. Sener vd. (2010), Devlet Meteoroloji İstasyonu’ndan aldıkları rüzgar frekansı değerlerine göre aktif rüzgar yönlerini belirlemiş ve rüzgar yönünün etkisindeki alanlara en düşük ağırlık değerini alacak şekilde sekiz sınıfa ayırmıştır.

Bakı katmanı, Meteoroloji 10. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilen 1960-2016 yılları arasındaki rüzgar verileri ve EEA (2013) tarafından oluşturulan DEM verileri kullanılarak oluşturulmuştur. Bakı katmanı üç aşamada oluşturulmuştur.

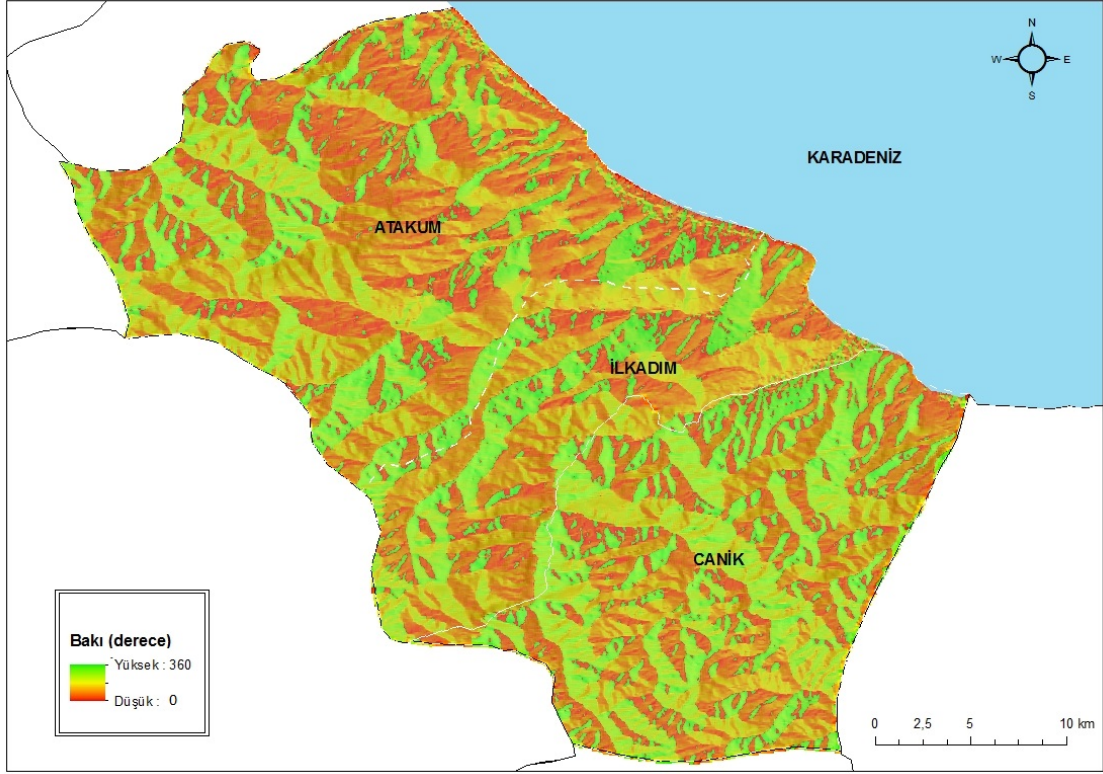
1.Aşama: DEM verileri kullanılarak ArcGIS yazılımının Mekânsal Analiz modülünde yer alan Bakı (Aspect) aracı ile çalışma bölgesinin yönleri belirlenir. Bu yönler saat istikametindeki 0-360 derece arasındaki değerleri içerir. Oluşturulan veri setindeki her bir hücrenin değeri, hücrenin eğimli yüzeylerinin istikametini belirtmektedir.

2.Aşama: Meteoroloji 10. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilen 1960-2016 yılları arasındaki rüzgar verilerinde Samsun ilindeki rüzgarların esme sıklıkları ve esme hızları yer almaktadır. Belirli bir hızın altındaki rüzgarlar KADT'den çevreye kokuları taşımayacağından rüzgar esme hızları ve esme sıklıkları çarpılarak ağırlıklı esme sıklıkları elde edilmiştir. Daha sonra 16 yöne göre ağırlıklı esme sıklıklarının yüzdelik dağılımları hesaplanmıştır. Son olarak yüzdelik değeri en düşük olan yön 1 olacak şekilde tüm yönler için ters orantı yapılarak uygunluk ağırlıkları hesaplanmıştır. Bu hesaplamada ağırlıklı esme sıklığı en yüksek olan yön, düşük uygunluk seviyesinde olacaktır. Rüzgar esme yönleri, ağırlıklı rüzgar esme sıklıkları, yüzdelik değerleri ve uygunluk değerleri Çizelge 4.14'de yer almaktadır.

Çizelge 4.14. Samsun ili yönlerle göre rüzgar değerleri

Rüzgar Esme Yönü	Ağırlıklı Esme Sıklığı	Ağırlıklı Esme Sıklığı Yüzdesi	Uygunluk Değeri
K	64777,9	6,95	0,17
KKD	95644,6	10,26	0,11
KD	49005,7	5,26	0,22
DKD	52105,1	5,59	0,21
D	23389,9	2,51	0,47
DGD	19344,5	2,08	0,56
GD	10893,5	1,17	1,00
GGD	27476,8	2,95	0,40
G	42690,9	4,58	0,26
GGB	125050,1	13,42	0,09
GB	119377,6	12,81	0,09
BGB	62249,6	6,68	0,17
B	27246,2	2,92	0,40
BKB	49937,1	5,36	0,22
KB	66639	7,15	0,16
KKB	95959,6	10,30	0,11

3.Aşama: Rüzgar esme yönlerine göre uygunluk değerlerinin belirlenmesinden sonra ArcGIS ortamında oluşturduğumuz bakı verileri, aralarındaki açı 22,5 derece olacak şekilde 16 sınıfa ayrılmıştır. Daha sonra uygunluk değerleri bu sınıflara tanımlanmıştır. Çalışma bölgesi için oluşturulan bakı haritası Şekil 4.17’de yer almaktadır.



Şekil 4.17. Çalışma bölgesi bakı haritası

Şekil 4.17’de çalışma bölgesi bakı kriterine göre uygunluk değerine göre düşükten yükseğe doğru kahverengiden yeşile doğru renklendirilmiştir.

4.3.15. Arazi Kullanımı

KADTYS’de arazi kullanımı oldukça önemli bir kriterdir. Örneğin KADT’nin tarım için elverişli arazilere kurulması kirlilik problemlerine ve arazinin tarımsal değerinin düşmesine neden olacaktır.

Literatür incelendiğinde (Çizelge 4.15) ilgili kriterin üç farklı şekilde değerlendirildiği görülmektedir. Bunlar: (1) arazilerin sınıflandırılarak uygunluklarına göre

puanlandırılması, (2) orman, bataklık vb. arazilerin uygun olmadığı tanımlanarak bu bölgelere tampon uygulanması, (3) orman, tarım arazileri vb. arazilerin belirlenerek bu arazilere olan uzaklıklara göre uygunluk sınıflarının oluşturulmasıdır.

Çizelge 4.15. Arazi kullanım kriteri ile ilgili yaklaşımlar

Yazarlar	Uygun Mesafeler	Standartlaştırma Yöntemi
Melo vd. (2006)	Tarım arazilerinden en az 0,5 km uzaklıkta olmalı	BÜF
Sadek vd. (2006)	Yerleşim bölgeleri, koruma bölgeleri ve bataklıklar uygun değil	S
Gemitzi vd. (2007)	Ormanlık bölgeler uygun değil	BÜF
Delgado vd. (2008)	Ilıman ormanlar, sulu tarım alanları ve bahçeler uygun değil	S
Guiqin vd. (2009)	Yoğun ve seyrek ormanlık bölgeler uygun değil	S
Sener vd. (2010)	Kültürel alanlar ve ormanlar düşük uygunluk seviyesinde	İK
Geneletti D. (2010)	Birinci sınıf tarım arazilerinde olmamalı	S
Moeinaddini vd. (2010)	Tarlalar ve öncelikli tarım arazilerinde olmamalı	BÜF
Yildirim (2012)	Yoğun ormanlar, sulu tarım alanları ve birinci derece tarım arazileri uygun değil	S
Eskandari vd. (2012)	Birinci derece tarım arazileri uygun değil	S
Gorsevski vd. (2012)	Yerleşim bölgeleri ve sular uygun değil	S
Gbaine vd. (2013)	Bataklıklar uygun değil	S
Demesouka vd. (2013)	Ormanlar ve yarı doğal araziler uygun değil	T
Yal ve Akgün (2014)	Tarıma uygun ekili araziler uygun değil	S
Ismail (2016)	Tarım alanları ve ormanlardan en az 0,5 km uzaklıkta olmalı	S

Ismail (2016), sulak arazileri ve ormanları koruma bölgesi olarak belirlemiş ve bu bölgelere 0,5 km'den yakın bölgeleri KADT için uygun olmayan bölgeler olarak belirlemiştir. Melo vd. (2006), çiftliklere 0,5 km'den yakın uzaklıktaki bölgeleri uygun olmayan bölgeler olarak belirlemiştir. Gemitzi vd. (2007), arazi kullanımını ormanlar, ekili alanlar, ekili olmayan alanlar, göller, bataklıklar ve yerleşim alanları olmak üzere altı sınıfta değerlendirmiştir. Guiqin vd. (2009), arazi kullanımını iki sınıfta incelemiştir; (1) yoğun ve seyrek ormanlık arazileri uygun olmayan araziler olarak belirlemiş ve 1 puan vermiş, (2) tarımsal ve kullanılmayan arazileri ise uygun araziler olarak belirlemiş ve 5 puan vermiştir. Sener vd. (2010), arazi kullanımı kriterinde tarımsal araziler, ormanlar ve ekilmemiş alanlar olarak sınıflandırarak, arazi sınıflarının uygunluk seviyelerini ikili karşılaştırma yaparak belirlemiştir. Gorsevski vd. (2012), arazi kullanımı kriterinde su, orman arazileri, çorak araziler, tarım arazileri ve kentsel araziler olmak üzere beş sınıfa

ayırmıştır. Bu arazilerden kentsel ve su arazilerine uygun olmadığını belirten 0; tarım arazileri, orman, çorak arazilere ise sırası ile 0,1, 0,7 ve 0,8 uygunluk değerlerini vermiştir. Yal ve Akgün (2014), mevcut tarımsal kullanım ve tarıma uygunluğa göre üç farklı sınıf oluşturmuştur. Bu sınıflara 0, 0,5 ve 1 puanları vermiştir. Yıldırım (2012), arazi kullanımını yoğun orman, ekili alanlar (mevsimlik tarım), tarım alanları, sulak alanlar, kayalık alanlar, çayır alanları, yerleşim alanları ve diğer olmak üzere sekiz sınıfa ayırmıştır. Yoğun ormanları, sulak alanları ve yerleşim bölgelerini uygun olmayan bölgeler olarak belirlemiş diğer alanlara 0-10 aralığında puanlar vermiştir.

Demesouka vd. (2013), arazi kullanımını ormanlar-yarı doğal alanlar ve arazi kullanımı olarak iki farklı kriterde değerlendirmiştir. Ormanlar ve benzersiz ekolojik bitki örtüsünün bulunduğu yarı doğal alanları değerlendirirken, KADT'nin bölgenin ekolojisinin bozacağından ve toplum muhalefetini arttıracığından bu bölgeleri uygun olmayan bölge olarak belirlemiştir. Bu bölgelere 0,5 km'den düşük mesafedeki alanları depolama tesisi için uygun olmayan, 5 km'den uzak mesafedeki alanları ise en uygun alanlar olarak belirlemiştir. Arazi kullanımı için ise karmaşık ekim alanları, meyve ağaçları, tarım arazileri, ekilebilir araziler, zeytinlikler, çayırlar, sürekli sulanan alanlar, üzüm bağları ve pirinç tarlalarından oluşan arazileri puanlayarak altı sınıfa ayırmıştır.

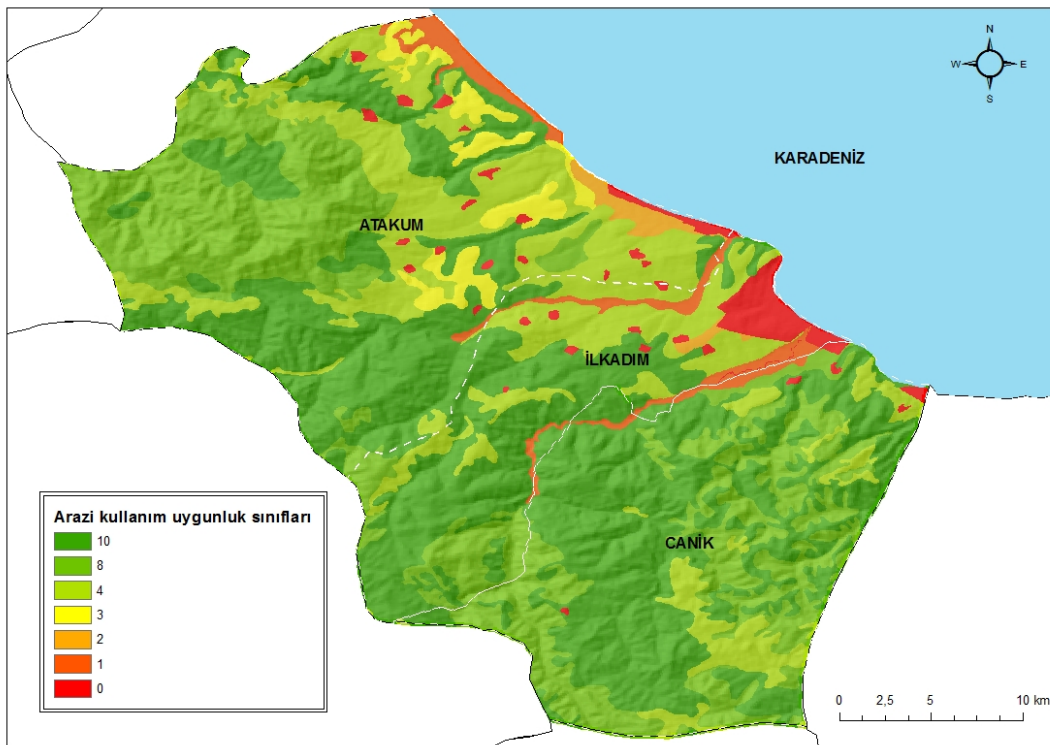
Çalışmada arazi kullanımı kriteri, Arazi Kullanımı Kabiliyeti Sınıfları'na (AKKS) göre değerlendirilmiştir. Bu sınıflandırmada araziler kullanma kabiliyetine göre sekiz sınıfa ayrılmıştır. Örneğin birinci sınıf araziler, erozyona sebep olunmadan en iyi, en kolay ve en ekonomik şekilde tarım yapılabilen araziler iken; sekizinci sınıf araziler hiçbir tarıma elverişli olmayan, çayır veya ormanlık olarak dahi kullanılamayan, ancak doğal hayata ortam teşkil edebilen veya insanlar tarafından dinlenme yerleri ve milli park olarak kullanılabilen arazilerdir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2017).

Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan Samsun İli Arazi Varlığı Haritası'na göre çalışma bölgesinde yedi arazi kullanım kabiliyeti sınıfı (AKKS) bulunmaktadır. AKKS'lerinin KADT için uygunluk durumuna göre değerleri Çizelge 4.16'da yer almaktadır.

Çizelge 4.16. Arazi kullanım kabiliyeti sınıfları ve uygunluk değerleri

AKKS	Uygunluk Değeri	AKKS	Uygunluk Değeri
I	1	V	5
II	2	VI	8
III	3	VII	10
IV	4	VIII	10

Şekil 4.18’de çalışma bölgesinin Samsun İli Arazi Varlığı Haritası kullanılarak uygunluk değerlerine göre oluşturulan arazi kullanım uygunluk sınıfları haritası yer almaktadır.



Şekil 4.18. Çalışma bölgesi arazi kullanım sınıfları haritası

Şekil 4.18’de yer alan harita incelendiğinde çalışma bölgesi AKKS’lerine göre yedi sınıftan oluşmaktadır. Haritadaki renkler KADT için uygunluk durumunun artışına göre kahverengiden yeşile doğru değişim göstermektedir.

KADTYS’de kullanılan kriterlere ait oluşturulan tüm haritalar çalışma bölgesine uygun ölçülerde ve 40m²’lik raster hücre boyutundadır. Böylece tüm kriterler için harita katmanları oluşturularak standartlaştırılma yönteminin uygulanmasına hazır hale getirilmiştir.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

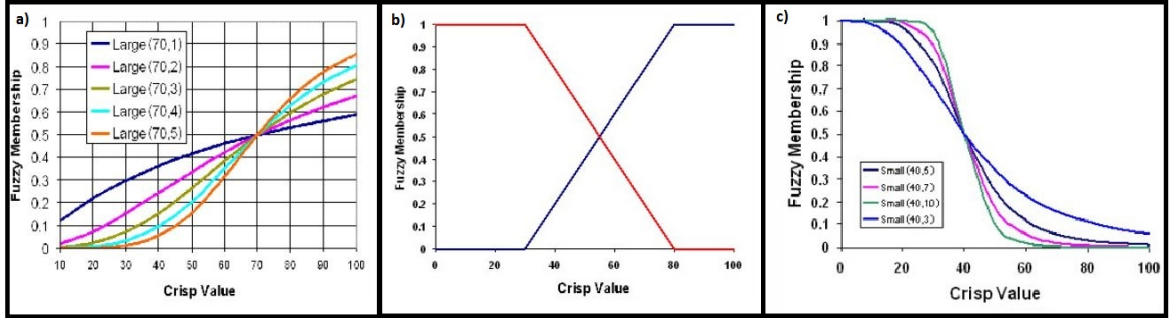
Bu bölümünde uygulamanın ilk bölümünde oluşturulan harita katmanları kullanılarak alternatif yerlerin belirlenmesi, alternatiflerin değerlendirilmesi ve karar vericilere fikir vermesi açısından yapılan senaryo analizleri yer almaktadır.

5.1. Kriterlere Ait Mekânsal Verilerin Standartlaştırılması

Kriterlere ait haritaların katman mantığına göre düzenlenmesinden sonra bindirme analizinde kullanılmak üzere tüm haritalardaki raster hücre değerlerinin standartlaştırılması gerekmektedir. KADTYS yapılırken kriterlerin standartlaştırılmasında keskin değerler kullanılması hatalara yol açabilecektir. Örneğin bir bölgenin karayollarına uzaklığını değerlendirirken 1000 m'den yakın mesafelerin uygunluk değerinin 0 iken 1000 m'den uzak mesafelerin uygunluk değerinin 1 olduğunu düşünelim. Bu durumda 999,99 m uzaklıktaki bölgeler 0 değerini alırken 1000,01 m uzaklıktaki bölgeler 1 değerini alacaktır. Mesafelerin değerlendirilmesindeki keskin geçişler hassasiyeti kaybetmeye neden olmaktadır. Bunun yerine bulanık üyelik fonksiyonları kullanılarak kümedeki bir yer ile üyelik ve üyelik olmayan arasındaki geçiş aşamalandırılarak hassasiyet sağlanabilmektedir.

Çalışmada haritaların standartlaştırılması için ArcGIS yazılımının Mekânsal Analiz modülünde bulunan Fonksiyona Göre Yeniden Ölçeklendirme (Rescale by Function) aracının Bulanık Üyelik Fonksiyonları (Fuzzy Membership Functions) kullanılmıştır. Fonksiyona Göre Yeniden Ölçeklendirme aracı, bir girdi raster hücresini yeniden ölçeklendirmek için bir matematiksel fonksiyon (çizgi veya eğri) kullanmaya izin vermektedir (ArcGIS, 2018).

Kriterlerinin standartlaştırılmasında kullanılan bulanık üyelik fonksiyonu çeşitleri, kriterlerin nitelikleri göz önünde bulundurularak literatür ve uzman görüşleri ile belirlenmiştir. ArcGIS yazılımında yedi farklı bulanık fonksiyon yer almaktadır. Bu çalışmada Doğrusal (Linear), Geniş (Large) ve Dar (Small) fonksiyonları kullanılmıştır (Şekil 5.1). Karayolları ve Eğim kriterlerinde istenilen analizin yapılabilmesi için iki farklı bulanık fonksiyon kullanılarak analiz sonuçları birleştirilmiştir.



Şekil 5.1. Kullanılan bulanık üyelik fonksiyonu grafikleri: a) Geniş, b) Doğrusal, c) Dar

Bulanık Doğrusal Dönüşüm Fonksiyonu, kullanıcı tarafından belirlenen minimum ve maksimum değerler arasında doğrusal bir fonksiyon uygular. Minimum değerın altında olan değerler 0 (kesinlikle üye değil) değerini alırken, maksimumun üzerindeki olan değerler 1 (kesinlikle üye) değerini alır.

Bulanık Geniş Dönüşüm Fonksiyonu daha büyük giriş değerlerinin kümenin bir üyesi olması daha olası olduğunda, Bulanık Dar Dönüşüm Fonksiyonu ise daha küçük giriş değerlerinin kümenin bir üyesi olması daha olası olduğunda kullanılır. Orta nokta, bulanık değeri 0,5 olan ve kullanıcı tarafından belirlenen bir noktadır. Yayılma parametresi geçiş bölgesinin şeklini ve karakterini tanımlamaktadır.

Bulanık geniş ve bulanık dar dönüşüm fonksiyonları sırası ile Eşitlik 5.1 ve Eşitlik 5.2'de verilmiştir. Eşitliklerde f_1 yayılımı, f_2 orta noktayı tanımlamaktadır (Bahrani vd., 2016).

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x}{f_2}\right)^{-f_1}} \quad (5.1)$$

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x}{f_2}\right)^{f_1}} \quad (5.2)$$

Çizelge 5.1' de kriterlere ait haritaların standartlaştırılmasında kullanılan yöntemler ve uygunluk değerleri yer almaktadır. Bulanık üyelik fonksiyonlarında en büyük, en küçük ve orta nokta değerleri literatür, yönetmelik ve uzman görüşlerinden faydalanılarak

belirlenmiştir. Yüzey suları, yeraltı suları, kıyılar ve yerleşim bölgeleri kriterlerinde bulanık geniş dönüşüm fonksiyonu kullanılmıştır. Belirlenen en küçük değerden daha düşük değerler 0 bulanık değerine sahipken, belirlenen en büyük değerden daha büyük değerler 1 bulanık değerine sahiptir.

Karayolları ve eğim kriterlerine sırası ile hem geniş hem de dar bulanık dönüşüm fonksiyonları uygulanmıştır. Böylece hem düşük hem de yüksek değerlerde 0 bulanık değeri tanımlanmıştır. Örneğin karayolları kriterinde 250m'den daha düşük uzaklıktaki bölgeler 0 (uygun değil), 500m ve 1000m arasında uzaklıktaki bölgeler 1 (en uygun) ve 5000m'den daha yüksek uzaklıktaki bölgeler 0 (uygun değil) bulanık değerini almıştır.

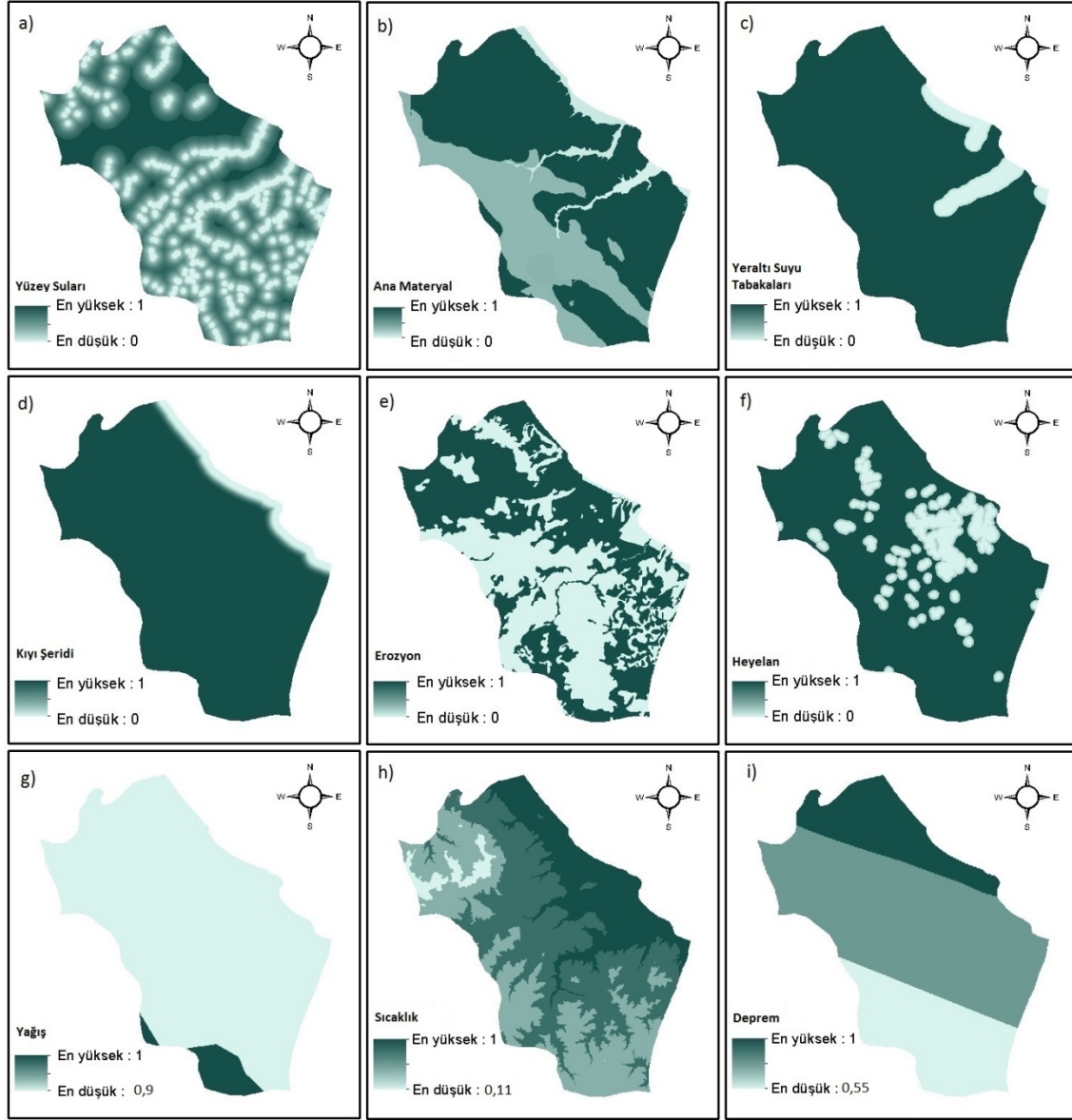
Yükselti ve heyelan kriterlerinde doğrusal bulanık dönüşüm fonksiyonu kullanılmıştır. Heyelan kriterinde büyük değerler daha uygun iken yükselti kriterinde küçük değerler daha uygundur. Bu nedenle heyelan kriterinde artan, yükselti kriterinde azalan doğrusal bulanık dönüşüm fonksiyonu kullanılmıştır.

Ana materyal, erozyon, yağış, sıcaklık, deprem, bakı ve arazi kullanımı kriterlerinde ise literatür çalışması ve uzman görüşlerinden faydalanılarak önceki bölümde tanımlanmış uygunluk değerlerine göre doğrusal bulanık dönüşüm fonksiyonu kullanılmıştır.

Çizelge 5.1. Uygulanan standartlaştırma yöntemleri ve uygunluk değerleri

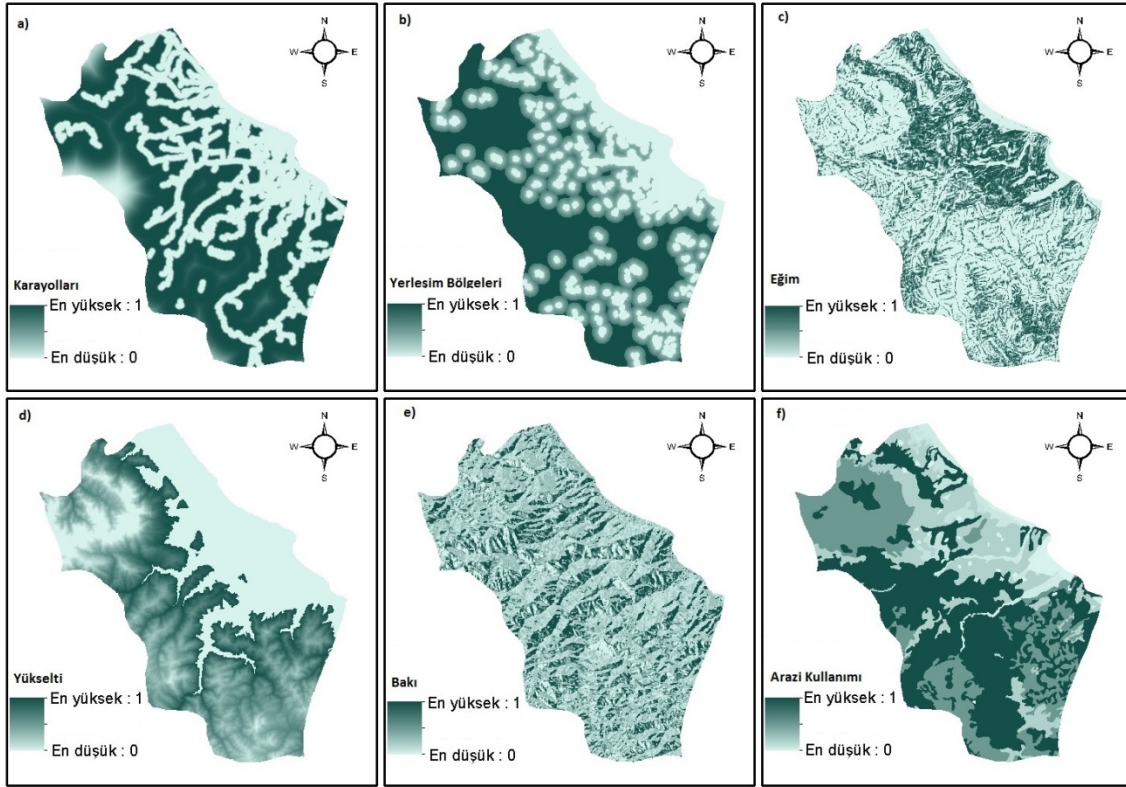
Ana Kriter		Alt Kriter	Standartlaştırma Fonksiyonu	En Küçük	En Büyük	Orta Nokta	Yayılım
Çevresel Kriterler	ÇK1	Yüzey Suları	Geniş	300	2000	1150	0.5
	ÇK2	Ana Materyal	Doğrusal / Kullanıcı tanımlı	-	-	-	-
	ÇK3	Yeraltı Suları	Geniş	700	1000	900	
	ÇK4	Kıyılar	Geniş	500	2000	1250	0.5
	ÇK5	Erozyon	Doğrusal / Kullanıcı tanımlı	-	-	-	-
	ÇK6	Heyelan	Doğrusal (artan)	200	500	-	-
	ÇK7	Yağış	Doğrusal / Kullanıcı tanımlı	-	-	-	-
	ÇK8	Sıcaklık	Doğrusal / Kullanıcı tanımlı	-	-	-	-
	ÇK9	Deprem	Doğrusal / Kullanıcı tanımlı	-	-	-	-
Sosyal/Ekonomik Kriterler	SEK1	Karayolları	Geniş ve Dar	L: 250 S: 1000	L: 500 S: 5000	L: 375 S:3000	0.5
	SEK2	Yerleşim Bölgeleri	Geniş	250	1000	675	0.5
	SEK3	Eğim	Geniş ve Dar	L: 5 S: 10	L: 10 S: 30	L: 7.5 S: 20	0.5
	SEK4	Yükselti	Doğrusal (azalan)	1000	300	-	-
	SEK5	Bakı	Doğrusal / Kullanıcı tanımlı	-	-	-	-
	SEK6	Arazi Kullanımı	Doğrusal / Kullanıcı tanımlı	-	-	-	-

Standartlaştırma işlemleri tamamlandıktan sonra Çevresel Kriterler için oluşturulan haritalar Şekil 5.2’de, Sosyal/Ekonomik Kriterler için oluşturulan haritalar Şekil 5.3’de yer almaktadır.



Şekil 5.2. Çevresel kriterlere ait standartlaştırılmış haritalar: a) yüzey suları, b) ana materyal, c) yeraltı suları, d) kıyı şeridi, e) erozyon, f) heyelan, g) yağış, h) sıcaklık, i) deprem bölgeleri.

Şekil 5.2’de çevresel ana kriteri altında yer alan alt kriterlerin standartlaştırılmış haritaları yer almaktadır. Haritalarda renklerin koyulaşması alanın KADT için uygunluk değerinin yükselmesini göstermektedir.



Şekil 5.3. Sosyal/Ekonomik kriterlere ait standartlaştırılmış haritalar: a) karayolları, b) yerleşim bölgeleri, c) eğim, d) yükselti, e) bakı, f) arazi kullanımı.

Şekil 5.3’de Sosyal/Ekonomik ana kriteri altında yer alan alt kriterlerin standartlaştırılmış haritaları yer almaktadır. Haritalarda alanların KADT için uygunluk değerleri arttıkça renkleri koyulaşmaktadır.

5.2. Kısıtlara Ait Mekânsal Verilerin Oluşturulması

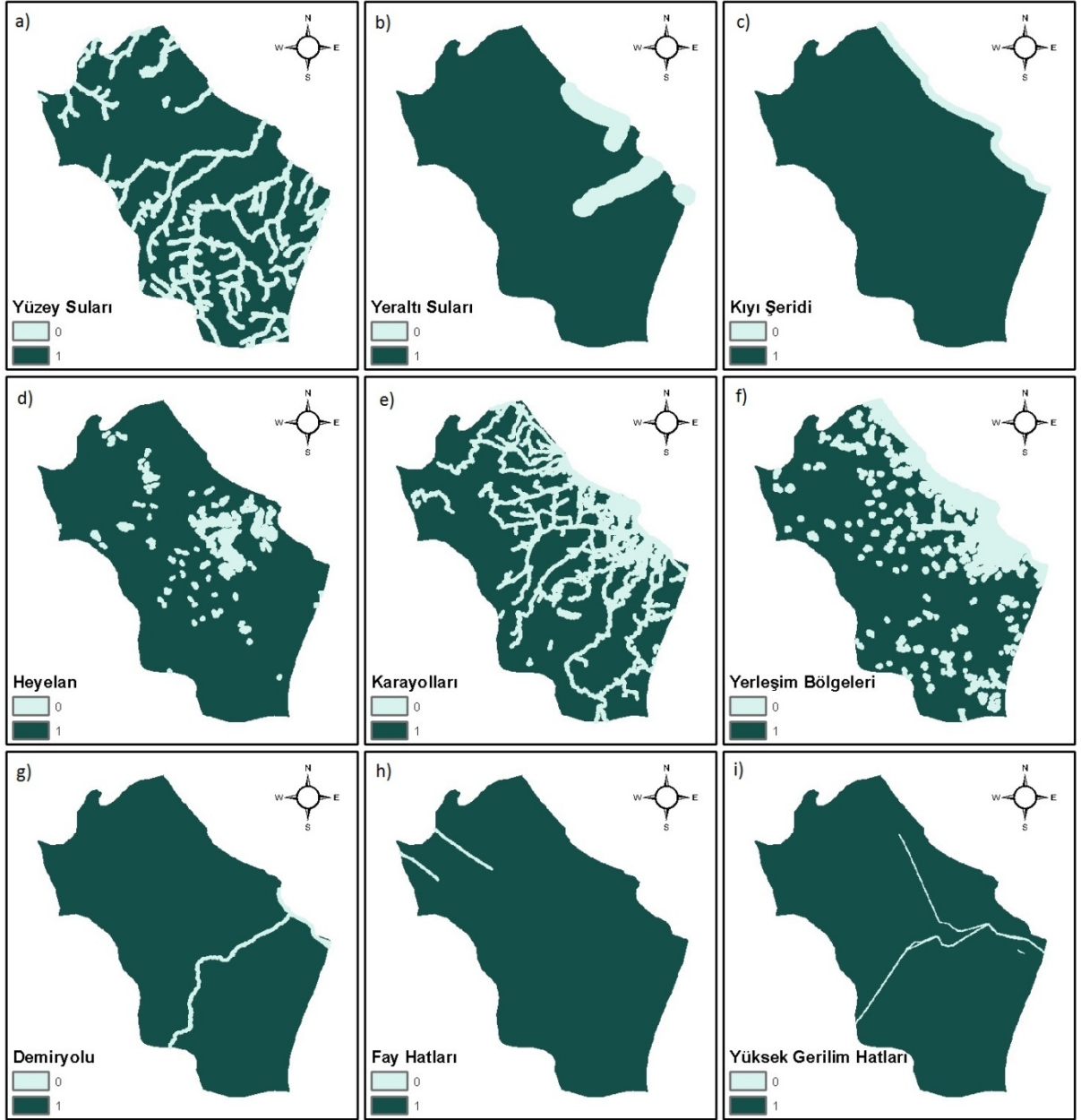
Kriterlere için oluşturulan katmanlara bindirme analizi uygulandığında oluşacak sonuç haritasındaki bir raster hücresi, tüm kriterlerden kendisine denk gelen raster değerinin kriter ağırlığı ile çarpımı sonucunda oluşacak değeri alacaktır. Bunun sonucunda KADTYS için kesinlikle uygun olmayan bölgeler ilgili kriterden 0 uygunluk değerini alsa da diğer katmanlardan belirli oranlarda uygunluk değerleri alacağından sonuç haritasında belirli bir uygunluk değeri oluşacaktır. Örneğin yüzey suları kriterinde yüzey sularının kendisine ve her iki yönde 300m yakınına KADT kesinlikle kurulamamaktadır. Ancak bahsedilen bu bölgeler bindirme analizi sonucunda karayolları kriterinden belirli bir uygunluk değeri alacaktır. Bu nedenle KADTYS için kesinlikle uygun olmayan bölgeler için kısıtlar oluşturularak bindirme analizi sonrasında oluşacak uyum haritasından

çıkarılmalıdır. Bu koşulu sağlamak için literatür, yönetmelikler ve uzman görüşleri değerlendirilerek kriterler haricinde dokuz kısıt belirlenmiştir. Kısıtlara ait tanımlamalar ve uygulanan tampon bölgeler Çizelge 5.2’de yer almaktadır.

Çizelge 5.2. Kısıtlar ve uygunluk durumları

Kısıt	Tanımlama	Uygunluk Durumu
C1	Yüzey Suları: Yüzey suyu kirliliği, KADT alanlarının belirlenmesinde büyük bir endişe kaynağıdır. Depolama alanını, su gövdelerinden (göl, gölet, nehir vb.) mümkün olduğu kadar uzakta kurulması gerekmektedir.	300m tampon bölge oluşturuldu İçerisi = 0, Dışarısı = 1
C2	Yeraltı Suları: Yeraltı su kirliliği riski yüksek alanlarda bir depolama alanı bulunmamalıdır.	1000m tampon bölge oluşturuldu İçerisi = 0, Dışarısı = 1
C3	Kıyı Şeridi: KADT’leri yüzey sularının kirlenmemesi ve turizm faaliyetlerini olumsuz etkilememesi açısından kıyı şeridinden uzak bölgelere kurulmalıdır.	500m tampon bölge oluşturuldu İçerisi = 0, Dışarısı = 1
C4	Heyelan Bölgeleri: Heyelanlar sonucu KADT’de meydana gelebilecek olası sıkışma ve patlama risklerini ortadan kaldırmak için heyelan bölgelerine kurulması istenmemektedir.	200m tampon bölge oluşturuldu İçerisi = 0, Dışarısı = 1
C5	Karayolları: KADT’leri güçlü rüzgarların etkisiyle etrafa saçılacak nesnelerin kazalara sebebiyet vermemesi ve seyahat eden insanlarda görsel olarak olumsuz etki bırakmaması vb. sebeplerden dolayı karayollarından yeterince uzakta bulunmalıdır.	250m tampon bölge oluşturuldu İçerisi = 0, Dışarısı = 1
C6	Yerleşim Bölgeleri: Yerleşim bölgeleri yakınlara kurulan KADT özellikle çevresel problemlere neden olabilir ve toplumun huzuru kaçırabilir. Şehir, kasaba ve köy gibi yerleşim bölgeleri yakınlara KADT yapılması, kötü koku oluşturmaları, emniyet, gürültü ve estetik açıdan rahatsızlık vereceği için uygun değildir.	250m tampon bölge oluşturuldu İçerisi = 0, Dışarısı = 1
C7	Demiryolları: KADT’nin demiryollarına yakın bir mesafede olması seyahat eden yolcularda görüntü açısından olumsuz bir etki bırakacağından tercih edilmemektedir.	250m tampon bölge oluşturuldu İçerisi = 0, Dışarısı = 1
C8	Faylar: Depremselel aktiviteler ile ana kayada meydana gelebilecek çatlaklar depo alanındaki kirli ve toksik etkiye sahip suların yeraltı sularına sızarak kirlenmelerine neden olabileceğinden KADT’nin fay hatları üzerinde olması istenmemektedir.	200m tampon bölge oluşturuldu İçerisi = 0, Dışarısı = 1
C9	Yüksek Gerilim Hatları: Yerleşim bölgelerinin elektriği yüksek gerilim hatları ile taşınmaktadır. Bu bölgelerin zarar görmemesi için KADT’leri yüksek gerilim hatlarından yeterince uzaklıkta bulunmalıdır.	100m tampon bölge oluşturuldu İçerisi = 0, Dışarısı = 1

Kısıtlar için oluşturulan haritalarda Boole cebiri kullanılarak tampon bölgeler oluşturulmuştur. Buna göre kısıt haritalarında KADT için uygun bölgeler 1, uygun olmayan bölgelerise 0 değerini almaktadır. Bu işlem ArcGIS yazılımında yer alan Map Algebra aracı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kısıtlara ait haritalar Şekil 5.4’da yer almaktadır.



Şekil 5.4. Kısıtlara ait uygunluk haritaları: a) yüzey suları, b) yeraltı suları, c) kıyı şeridi, d) heyelan, e) karayolları, f) yerleşim bölgeleri, g) demiryolları, h) fay hatları, i) yüksek gerilim hatları.

Şekil 5.4’de yer alan kısıt haritalarında KADT için uygun olan bölgeler koyu renkle, uygun olmayan bölgeler açık renk ile gösterilmektedir. Kısıt haritalarında yer alan raster hücreleri de, kriter haritalarında yer alan raster hücreleri gibi $40m^2$ hücre boyutundadır. Böylece kriterler ve kısıtlar için oluşturulan tüm haritalarda ölçek birlikteliği sağlanmaktadır.

5.3. Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Bindirme analizi yapılarak KADT için uygun bölgelerinden belirlenmesinden önce kriterlerin göreceli önem seviyelerinin (ağırlıklarının) hesaplanması gerekmektedir. KADTYS’de kullanılan kriterlerin ağırlıklarının hesaplanmasında HFLTS temelli ÇKKV yöntemi kullanılmıştır. Kriterlerin ağırlıklarının hesaplanmasında kriterler arası ikili karşılaştırmaları yapmak için 3 kişilik bir karar verici (KV) ekip oluşturulmuştur. KV ekip, Samsun Büyük Şehir Belediyesi Düzenli Depolama Tesisi’nde görev almakta olan çevre mühendisi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliği ve Ziraat Mühendisliği Toprak Bölümlerinde görev alan akademisyenlerden oluşmaktadır.

Uygulamada öncelikle KV’lerin, Bölüm 3.2, Adım 1 ve Adım 2’de yer alan dilsel, simgesel ve serbest içerikli terim setlerini kullanılarak karar modeline göre hiyerarşik düzende ikili karşılaştırmalar yapmaları sağlanmıştır. İkili karşılaştırmalarda KV’lerin şu sorulara cevap vermesi istenmiştir: “KADTYS’de hangi kriter daha önemlidir ve hangi seviyede daha önemlidir?”. KV’lerin Ana Kriterler, Çevresel Kriterler ve Sosyal/Ekonomik Kriterler için yapmış oldukları ikili karşılaştırmalar, sırası ile Çizelge 5.3, Çizelge 5.4 ve Çizelge 5.5’de yer almaktadır. Bu aşamada KV’lerin yapmış oldukları tüm ikili karşılaştırmalar yer almaktadır. Ancak yöntem adımlarının açıklaması Sosyal/Ekonomik Kriterler kullanılarak anlatılmaktadır. Uygulamada kararların bütünleştirilmesinde Microsoft Excel tabanlı bir yaklaşım kullanılmıştır.

Yavuz vd. (2015), tarafından geliştirilen HFLTS temelli ÇKKV yönteminin adımları arasında alternatiflerin değerlendirilmesi de yer almaktadır; ancak bu çalışmada alternatifler değerlendirilirken HFLTS temelli ÇKKV yöntemi kullanılmadığından, modelin alternatiflerin değerlendirilmesi ile ilgili adımları uygulanmamıştır.

Çizelge 5.3. Ana kriterler için karar vericiler tarafından belirlenen ikili karşılaştırmalar

Karar Verici	Kriter	ÇK	SEK
KV1	ÇK	-	yö
	SEK	dö	-
KV2	ÇK	-	yö
	SEK	dö	-
KV3	ÇK	-	yö
	SEK	dö	-

Çizelge 5.3’de KV1, KV2 ve KV3 sırası ile üç karar vericinin ikili karşılaştırmalarını temsil etmektedir. Örneğin, KV1’in ÇK ve SEK ana kriterleri için ikili karşılaştırma sonucu “yö” ifadesi ile gösterilmektedir. İlgili satırda “yö” ifadesi KV1 için ÇK kriterinin SEK kriterine göre “yüksek önemli” olduğunu tanımlamaktadır.

Çizelge 5.4. Çevresel kriterler için karar vericiler tarafından belirlenen ikili karşılaştırmalar

Karar Verici	Kriter	ÇK1	ÇK2	ÇK3	ÇK4	ÇK5	ÇK6	ÇK7	ÇK8	ÇK9
KV1	ÇK1	-	öz ve dö arasında	en fazla çdö	en fazla odö	en az odö	en az yö	odö ve yö arasında	çyö	en fazla çdö den daha düşük
	ÇK2	yö ve kö arasında	-	en fazla dö	odö ve çyö arasında	en az yö	odö ve çyö arasında	çdö ve yö arasında	en az çyö	
	ÇK3	en az çyö	en az yö	-	en az yö	en az yö	en az çyö	odö ve yö arasında	kö	öz
	ÇK4	en az m	çdö ve yö arasında	en fazla dö	-	en az yö	odö ve çyö arasında	öz ve çdö arasında	yö ve kö arasında	öz
	ÇK5	en fazla odö	en fazla dö	en fazla dö	en fazla dö	-	çdö ve yö arasında	odö ve yö arasında	en az yö	en fazla çdö
	ÇK6	en fazla dö	çdö ve yö arasında	en fazla çdö	çdö ve yö arasında	odö ve çyö arasında	-	öz	en az yö	en fazla çdö
	ÇK7	dö ve odö arasında	dö ve çyö arasında	dö ve odö arasında	çyö ve kö arasında	dö ve odö arasında	kö	-	kö	odö ve kö arasında
	ÇK8	çdö	en fazla çdö	öz	öz ve dö arasında	en fazla dö	en fazla dö	öz	-	öz
	ÇK9	en az çyö	yö den daha fazla	kö	kö	en az çyö	en az çyö	öz ve odö arasında	kö	-
KV2	ÇK1	-	öz ve dö arasında	en fazla çdö	en fazla odö	en az odö	en az yö	odö ve yö arasında	çyö	en fazla çdö den daha düşük
	ÇK2	yö ve kö arasında	-	en fazla dö	odö ve çyö arasında	en az yö	odö ve çyö arasında	çdö ve yö arasında	en az çyö	
	ÇK3	en az çyö	en az yö	-	en az yö	en az yö	en az çyö	odö ve yö arasında	kö	öz
	ÇK4	en az odö	çdö ve yö arasında	en fazla dö	-	en az yö	odö ve çyö arasında	öz ve çdö arasında	yö ve kö arasında	öz
	ÇK5	en fazla odö	en fazla dö	en fazla dö	en fazla dö	-	çdö ve yö arasında	odö ve yö arasında	en az yö	en fazla çdö
	ÇK6	en fazla dö	çdö ve yö arasında	en fazla çdö	çdö ve yö arasında	odö ve çyö arasında	-	öz	en az yö	en fazla çdö
	ÇK7	dö ve odö arasında	dö ve çyö arasında	dö ve odö arasında	çyö ve kö arasında	dö ve odö arasında	kö	-	kö	odö ve kö arasında
	ÇK8	çdö	en fazla çdö	öz	öz ve dö arasında	en fazla dö	en fazla dö	öz	-	öz
	ÇK9	en az çyö	yö den daha fazla	kö	kö	en az çyö	en az çyö	öz ve odö arasında	kö	-
KV3	ÇK1	-	öz ve dö arasında	en fazla çdö	en fazla odö	en az odö	en az yö	odö ve yö arasında	çyö	en fazla çdö den daha düşük
	ÇK2	yö ve kö arasında	-	en fazla dö	odö ve çyö arasında	en az yö	odö ve çyö arasında	çdö ve yö arasında	en az çyö	
	ÇK3	en az çyö	en az yö	-	en az yö	en az yö	en az çyö	odö ve yö arasında	kö	öz
	ÇK4	en az odö	çdö ve yö arasında	en fazla dö	-	en az yö	odö ve çyö arasında	öz ve çdö arasında	yö ve kö arasında	öz
	ÇK5	en fazla odö	en fazla dö	en fazla dö	en fazla dö	-	çdö ve yö arasında	odö ve yö arasında	en az yö	en fazla çdö
	ÇK6	en fazla dö	çdö ve yö arasında	en fazla çdö	çdö ve yö arasında	odö ve çyö arasında	-	öz	en az yö	en fazla çdö
	ÇK7	dö ve odö arasında	dö ve çyö arasında	dö ve odö arasında	çyö ve kö arasında	dö ve odö arasında	kö	-	kö	odö ve kö arasında
	ÇK8	çdö	en fazla çdö	öz	öz ve dö arasında	en fazla dö	en fazla dö	öz	-	öz
	ÇK9	en az çyö	yö den daha fazla	kö	kö	en az çyö	en az çyö	öz ve odö arasında	kö	-

Çizelge 5.4’de KV’lerin Çevresel Kriterler için yapmış oldukları ikili karşılaştırmalar yer almaktadır. KV’ler ikili karşılaştırmaları yaparken Eşitlik 3.1’de verilen dilsel terim setlerini kullanmıştır. Örneğin, KV2 için ÇK2 kriterinin ÇK4 kriterine göre göreceli önem seviyesi “odö ve çyö arasında” ifadesi ile gösterilmektedir. İlgili ifade KV2’nin kriterleri karşılaştırırken kesin değer vermekte tereddüt ederek aralık verdiğini göstermektedir.

Çizelge 5.5. Sosyal/Ekonomik kriterler için karar vericiler tarafından belirlenen ikili karşılaştırmalar

Karar Verici	Kriter	SEK1	SEK2	SEK3	SEK4	SEK5	SEK6
KV1	SEK1	-	öz ve çdö arasında	en fazla dö	dö ve odö arasında	çdö ve yö arasında	en fazla çdö
	SEK2	çyö ve kö arasında	-	çyö	kö	en az yö	öz ve çdö arasında
	SEK3	en az yö	çdö	-	dö ve odö arasında	odö ve yö arasında	en fazla dö
	SEK4	odö ve yö arasında	öz	odö ve yö arasında	-	en az yö	öz ve çdö arasında
	SEK5	dö ve çyö arasında	en fazla dö	dö ve odö arasında	en fazla dö	-	en fazla çdö
	SEK6	en az çyö	çyö ve kö arasında	en az yö	çyö ve kö arasında	en az çyö	-
KV2	SEK1	-	en fazla dö	çdö ve odö arasında	en fazla odö	en fazla çdö	öz ve dö arasında
	SEK2	en az yö	-	en az odö	odö ve çyö arasında	en fazla dö	en fazla dö
	SEK3	odö ve çyö arasında	en fazla odö	-	çdö ve odö arasında	dö ve yö arasında	en fazla odö
	SEK4	en az odö	çdö ve odö arasında	odö ve çyö arasında	-	en az odö	en az odö
	SEK5	en az çyö	en az yö	dö ve yö arasında	en fazla odö	-	en az odö
	SEK6	yö ve kö arasında	en az yö	en az odö	en fazla odö	en fazla odö	-
KV3	SEK1	-	en fazla dö	çdö ve odö arasında	en az yö	dö ve yö arasında	en fazla çdö
	SEK2	en az yö	-	en az yö	yö ve kö arasında	en fazla dö	çdö ve dö arasında
	SEK3	odö ve çyö arasında	en fazla dö	-	dö ve odö arasında	yö ve çyö arasında	en fazla dö
	SEK4	en fazla dö	öz and dö arasında	odö ve yö arasında	-	dö ve çyö arasında	çdö ve dö arasında
	SEK5	dö ve yö arasında	en az yö	dö ve odö arasında	çdö ve yö arasında	-	en az yö
	SEK6	en az çyö	yö ve çyö arasında	en az yö	yö ve çyö arasında	en fazla dö	-

Bir sonraki adımda, uzmanların tercih ilişkileri E_{GH} dönüşüm fonksiyonu kullanılarak zarflanmış tercih ilişkilerine dönüştürülmüştür. Örneğin KV1’in SEK1 ile ilgili olarak SEK2 tercihi, dilsel terimler ile “önemsiz ve çok düşük önemli arasında” dır. Bu {öz, çdö} ayrık kümesi ve ardından [öz, çdö] aralığı olarak ifade edilebilir. Benzer

şekilde KV3'ün SEK2 ile ilgili olarak SEK3 tercihi, dilsel terimler ile “en az yüksek önem” dir. Bu {yö, çyö, kö} ayırık kümesi ve ardından [yö, kö] aralığı olarak ifade edilebilir. Sosyal/Ekonomik Kriter için oluşturulan zarflanmış ikili karşılaştırmaları Çizelge 5.6’de yer almaktadır.

Çizelge 5.6. Sosyal/Ekonomik kriterler için zarflanmış ikili karşılaştırmalar

Karar Verici	Kriter	SEK1	SEK2	SEK3	SEK4	SEK5	SEK6
KV1	SEK1	-	[öz, çdö]	[öz, dö]	[dö, odö]	[çdö, yö]	[öz, çdö]
	SEK2	[çyö, kö]	-	[çyö, çyö]	[kö, kö]	[yö, kö]	[öz, çdö]
	SEK3	[yö, kö]	[çdö, çdö]	-	[dö, odö]	[odö, yö]	[öz, dö]
	SEK4	[odö, yö]	[öz, öz]	[odö, yö]	-	[yö, kö]	[öz, çdö]
	SEK5	[dö, çyö]	[öz, dö]	[dö, odö]	[öz, dö]	-	[öz, çdö]
	SEK6	[çyö, kö]	[çyö, kö]	[yö, kö]	[çyö, kö]	[çyö, kö]	-
KV2	SEK1	-	[öz, dö]	[çdö, odö]	[öz, odö]	[öz, çdö]	[öz, dö]
	SEK2	[yö, kö]	-	[odö, kö]	[odö, çyö]	[öz, dö]	[öz, dö]
	SEK3	[odö, çyö]	[öz, odö]	-	[çdö, odö]	[dö, yö]	[öz, odö]
	SEK4	[odö, kö]	[çdö, odö]	[odö, çyö]	-	[odö, kö]	[odö, kö]
	SEK5	[çyö, kö]	[yö, kö]	[dö, yö]	[öz, odö]	-	[odö, kö]
	SEK6	[yö, kö]	[yö, kö]	[odö, kö]	[öz, odö]	[öz, odö]	-
KV3	SEK1	-	[öz, dö]	[çdö, odö]	[yö, kö]	[dö, yö]	[öz, çdö]
	SEK2	[yö, kö]	-	[yö, kö]	[yö, kö]	[öz, dö]	[çdö, dö]
	SEK3	[odö, çyö]	[öz, dö]	-	[dö, odö]	[yö, çyö]	[öz, dö]
	SEK4	[öz, dö]	[öz, dö]	[odö, yö]	-	[dö, çyö]	[çdö, dö]
	SEK5	[dö, yö]	[yö, kö]	[dö, odö]	[çdö, yö]	-	[yö, kö]
	SEK6	[çyö, kö]	[yö, çyö]	[yö, kö]	[yö, çyö]	[öz, dö]	-

Zarflar elde edildikten sonra kötümser ve iyimser toplu tercihler 2-tuple işlemleri ile hesaplanmaktadır. Bu işlemde dilsel birleştirme operatörü olarak Eşitlik 3.3’de yer alan aritmetik ortalama kullanılmış, terim setlerinin önem seviyeleri ise Çizelge 5.7’ye göre belirlenmiştir. Çizelge 5.8 ve Çizelge 5.9’da sırası ile Sosyal/Ekonomik Kriterlere ait kötümser ve iyimser toplu tercih değerleri yer almaktadır.

Çizelge 5.7. Terim setlerinin önem seviyeleri

Dilsel terim	Değer
Önemsiz (öz)	0
Çok düşük önem (çdö)	1
Düşük önem (dö)	2
Orta düzey öneme sahip (odö)	3
Yüksek önem (yö)	4
Çok yüksek önem (çyö)	5
Kesinlikle önemli (kö)	6

Çizelge 5.7’de ilk sütunda dilsel terimler, ikinci sütunda ilgili dilsel terime karşılık gelen değerler yer almaktadır. Örneğin, önemsiz” dilsel teriminin önem seviyesi “0” değerine karşılık gelmektedir.

Örneğin, SEK3' e göre SEK1 için kötümser ($P_{C_{31}}^-$) ve iyimser ($P_{C_{31}}^+$) toplu tercih değeri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$P_{C_{31}}^- = \Delta \left(\frac{1}{3} (\Delta^{-1}(yö, 4) + \Delta^{-1}(odö, 3) + \Delta^{-1}(odö, 3)) \right)$$

$$= \left(\frac{1}{3} (4 + 3 + 3) \right) = \Delta(3,33) = (odö, 0,33)$$

$$P_{C_{31}}^+ = \Delta \left(\frac{1}{3} (\Delta^{-1}(kö, 6) + \Delta^{-1}(çyö, 5) + \Delta^{-1}(çyö, 5)) \right)$$

$$= \left(\frac{1}{3} (6 + 5 + 5) \right) = \Delta(5,33) = (çyö, 0,33)$$

Çizelge 5.8. Sosyal/Ekonomik kriterler için kötümser toplu tercih değerleri

Kriter	SEK1	SEK2	SEK3	SEK4	SEK5	SEK6
SEK1	-	[0]	[çdö, -0,33]	[dö, 0]	[çdö, 0]	[0]
SEK2	[yö, 0,33]	-	[yö, 0]	[yö, 0,33]	[çdö, 0,33]	[öz, 0,33]
SEK3	[odö, 0,33]	[öz, 0,33]	-	[dö, -0,33]	[odö, -0]	[0]
SEK4	[dö, 0]	[öz, 0,33]	[odö, 0]	-	[odö, 0]	[çdö, 0,33]
SEK5	[odö, 0]	[odö, -0,33]	[dö, 0]	[öz, 0,33]	-	[dö, 0,33]
SEK6	[çyö, -0,33]	[yö, 0,33]	[yö, -0,33]	[odö, 0]	[odö, -0,33]	-

Çizelge 5.9. Sosyal/Ekonomik kriterler için iyimser toplu tercih değerleri

Kriter	SEK1	SEK2	SEK3	SEK4	SEK5	SEK6
SEK1	-	[dö, -0,33]	[odö, -0,33]	[yö, 0]	[odö, 0]	[çdö, 0,33]
SEK2	[kö, 0]	-	[kö, -0,33]	[kö, -0,33]	[odö, 0,33]	[dö, -0,33]
SEK3	[çyö, 0,33]	[dö, 0]	-	[odö, 0]	[yö, 0,33]	[dö, 0,33]
SEK4	[yö, 0]	[dö, -0,33]	[yö, 0,33]	-	[çyö, 0]	[odö, 0]
SEK5	[yö, 0]	[çyö, -0,33]	[odö, 0,33]	[dö, 0,33]	-	[yö, 0,33]
SEK6	[kö, 0]	[kö, -0,33]	[kö, 0]	[çyö, -0,33]	[yö, -0,33]	-

Yöntemin bir sonraki adımı, ölçütler için toplu tercihlerin aralıklarının vektörünü hesaplamaktır. Örneğin SEK2 kriteri için dilsel aralık vektörü, aşağıdaki gibi ortalama kötümser ve iyimser değerler kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\begin{aligned}
 & [(((yö, 0,33) + (yö, 0) + (yö, 0,33) + (çdö, 0,33) + (öz, 0,33))/4), (((kö, 0) \\
 & + (kö, -0,33) + (kö, -0,33) + (odö, 0,33) + (dö, -0,33))/4)] \\
 & = [(dö, -0,208); (odö, -0,208)]
 \end{aligned}$$

Bu hesaplamadan sonra dilsel aralıklar, aralık değerlerine dönüştürülmüştür. Daha sonra dilsel aralıkların ortalamaları hesaplanmıştır. Bu ortalamaların normalleştirilmesiyle ise kriterlere ait ağırlıklar elde edilmiştir (Çizelge 5.10).

Çizelge 5.10. Sosyal/Ekonomik kriterler için ağırlık değerleri

Kriter	Dilsel Aralık	Aralık Değeri	Ortalama	Ağırlık
SEK1	[(öz, 0,458); (dö, -0,417)]	[0,458; 1,583]	1,021	0,091
SEK2	[(dö, -0,208); (odö, -0,208)]	[1,792; 2,792]	2,292	0,204
SEK3	[(çdö, 0,042); (dö, 0,125)]	[1,042; 2,125]	1,583	0,141
SEK4	[(çdö, 0,292); (dö, 0,250)]	[1,292; 2,250]	1,729	0,154
SEK5	[(dö, 0,292); (dö, 0,333)]	[2,292; 2,333]	1,813	0,162
SEK6	[(dö, 0,000); (odö, 0,250)]	[2,000; 3,250]	2,771	0,152

Çizelge 5.10'da yer alan sütunlarda sırası ile kriterler ve ilgili kriterin dilsel aralığı, aralık değeri, ortalaması ve ağırlığı yer almaktadır.

Tüm ana kriterler ve alt kriterlerin ağırlık değerleri hesaplandıktan sonra, kriterlerin yerel ağırlıkları ana kriter ağırlığı ile çarpılarak global ağırlıklar elde edilmiştir. Kriterlere ait yerel ve global ağırlıklar Çizelge 5.11'de yer almaktadır.

Çizelge 5.11. Kriterlere ait yerel ve global ağırlıklar

Ana Kriter	Alt Kriter	Yerel Ağırlık	Global Ağırlık	
ÇK		0,667		
	ÇK1	Yüzey suları	0,118	0,079
	ÇK2	Ana materyal	0,126	0,085
	ÇK3	Yeraltı suları	0,139	0,093
	ÇK4	Kıyı şeridi	0,119	0,080
	ÇK5	Erozyon	0,073	0,049
	ÇK6	Heyelan	0,097	0,065
	ÇK7	Yağış	0,140	0,094
	ÇK8	Sıcaklık	0,058	0,039
	ÇK9	Deprem	0,130	0,087
SEK		0,333		
	SEK1	Karayolları	0,091	0,030
	SEK2	Yerleşim bölgeleri	0,204	0,067
	SEK3	Eğim	0,141	0,047
	SEK4	Yükselti	0,154	0,051
	SEK5	Bakı	0,162	0,053
	SEK6	Arazi kullanımı	0,247	0,082

Çizelge 5.11’de ilk iki sütunda sırası ile ana ve alt kriterlerin simgeleri, üçüncü ve dördüncü sütunlarda ise ilgili kriterin yerel ve global ağırlıkları yer almaktadır. Örneğin, SEK1 alt kriterinin yerel ağırlığı, 0,091 iken; global ağırlığı 0,030’dur.

Ana kriterler arasındaki ağırlıklar incelendiğinde çevresel kriterlerin, sosyal/ekonomik kriterlere göre yaklaşık 2 kat daha önemi olduğu görülmektedir. Sosyal/ekonomik ana kriteri altında yer alan alt kriterler, ana kriter ağırlıklarından dolayı daha düşük önem seviyesinde çıkmıştır. Alt kriterler arasında sırası ile yağış, yeraltı suları ve deprem kriterleri en yüksek; karayolları, sıcaklık ve eğim kriterleri en düşük önem seviyesine sahip olduğu görülmektedir. KV’lerin kriterleri değerlendirirken çalışma bölgesini göz önünde bulundurdıkları unutulmamalıdır. Örneğin, sıcaklık kriterinin diğer kriterlere göre daha düşük önem seviyesinde olduğu görülmektedir; ancak yıl içerisinde 0°C’nin altında sıcaklığa sahip gün sayısı fazla olan bir bölgede arıtma sistemlerinin donması sorunu ortaya çıkabileceğinden sıcaklık kriterinin önem seviyesi daha yüksek olacaktır.

5.4. Uygun Bölgelerin Belirlenmesi

Kriterlere ait haritalar standartlaştırıldıktan, kısıtlara ait haritaların düzenlendikten ve kriterlere ait ağırlıklar hesaplandıktan sonraki aşama KADT kurulumu için uygun bölgelerin belirlenmesidir. Bu işlem üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

(1) Kriterlere ait standartlaştırılmış haritalar ve kriterler ağırlıkları kullanılarak bindirme analizi yapılmıştır. Bindirme analizinde Ağırlıklı Doğrusal Kombinasyon (weighted linear combination - WLC) yöntemi kullanılmıştır. WLC, basit toplamli ağırlıklandırma (simple additive weighting - SAW), ağırlıklı toplama, ağırlıklı doğrusal ortalama ve ağırlıklı bindirme olarak da bilinmektedir (Malczewski ve Rinner, 2015). WLC yöntemi potansiyel bir bölgenin uygunluk değerini, Eşitlik 5.3’de yer alan formülü kullanılarak hesaplar. Formülde S_i , i bölgesinin uygunluk değerini; w_k , k kriterinin göreceli önem seviyesini, a_{ik} , i bölgesinin k kriteri altındaki standart değerini ve l toplam kriter sayısını temsil etmektedir (Elalfy vd., 2010).

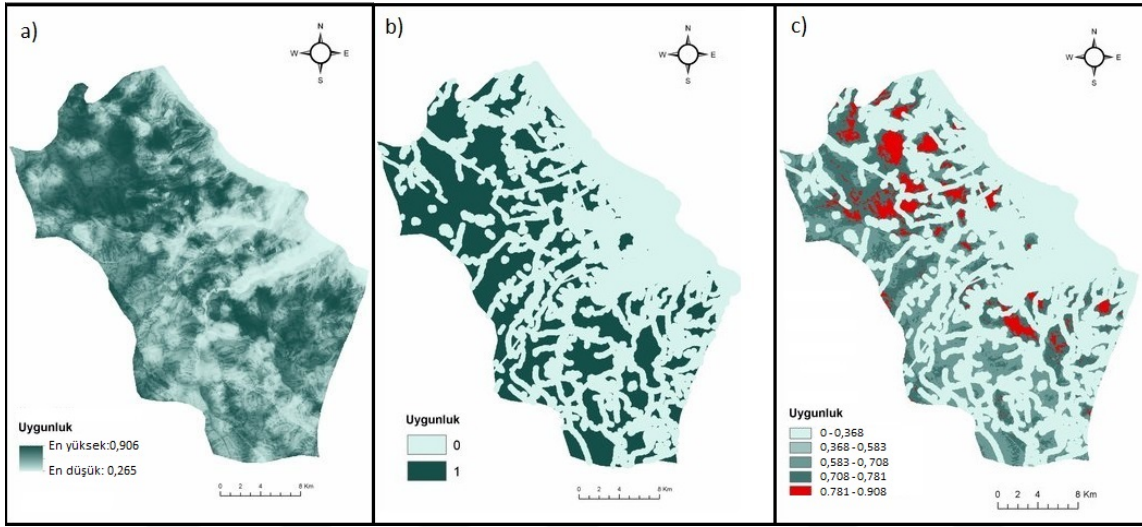
$$S_i = \sum_{k=1}^l w_k a_{ik} \quad (5.3)$$

Çalışmada WLC yöntemi, ArcGIS yazılımının Mekânsal Analiz modülünde yer alan Weighted Sum aracı kullanılarak hesaplanmıştır. WLC yöntemi uygulandıktan elde edilen harita Şekil 5.5.a’da yer almaktadır.

(2) Kriter haritalarına bindirme analizi uygulandıktan sonra kısıtlar için oluşturulan haritalara da uygulanmıştır. Kısıtlar için oluşturulan haritalarda yer alan her raster hücresi, KADTYS için uygunluk durumuna göre 0 veya 1 değerini almaktadır. Kısıtlar için oluşturulan tüm haritalar üst üste çakıştırılarak ortak bir kısıt uygunluk harita elde edilmesi gerekmektedir. Bu işlem ArcGIS yazılımında yer alan Map Algebra aracı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Map Algebra aracı kullanılarak yapılan hesaplamanın formülü Eşitlik 5.4’de yer almaktadır. Formülde T_i , i bölgesinin uygunluk değerini; c_{im} , i bölgesinin m kısıtı altındaki uygunluk değerini ve n toplam kısıt sayısını temsil etmektedir.

$$T_i = \prod_{m=1}^n c_{im} \quad (5.4)$$

Burada her bir kısıtta yer alan eş raster hücrelerinin değerleri birbirleri ile çarpılarak uygun olmayan bölgelerin 0, uygun olan bölgelerin 1 değerini aldığı ortak bir harita elde edilmiştir. İlgili harita Şekil 5.5.b’de yer almaktadır.



Şekil 5.5. Uygunluk haritası: a) kriterler için bindirme analizi, b) kısıtlar için bindirme analizi, c) kriterler ve kısıtlar için bindirme analizi.

(3) Uygunluk bölgelerin belirlenmesindeki son aşamada ise kriterler ve kısıtlar için bindirme analizinden sonra oluşturulan haritaların üst üste çakıştırılmasıdır. Böylece kriterlere WLC uygulanarak elde edilen haritadan uygun olmayan bölgelerin çıkarılması sağlanmış olur. Bu işlem ArcGIS yazılımında yer alan Map Algebra aracı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Map Algebra aracı kullanılarak yapılan hesaplamaların formülü Eşitlik 5.5’de yer almaktadır. Formülde S_i , kriterler için oluşturulan bindirme analizi haritasındaki i bölgesinin uygunluk değerini; T_i , kısıtlar için oluşturulan bindirme analizi haritasındaki i bölgesinin uygunluk değerini ifade etmektedir.

$$U_i = S_i T_i \quad (5.5)$$

Uygulanan işlem sonrasında elde edilen son uygunluk haritası Şekil 5.5.c’de yer almaktadır.

5.5. Alternatiflerin Belirlenmesi

Uygunluk haritasının elde edilmesinden sonraki aşama uygunluk haritasından KADT kurulabilecek alternatifler bölgelerin belirlenmesidir. Alternatif bölgelerin belirlenmesi için öncelikle kurmak istediğimiz KADT için gerekli arazi büyüklüğünün tahmin edilmesi gerekmektedir. KADT için gerekli arazi büyüklüğü 4 aşamada hesaplanmıştır:

1. Aşama: Yetkililerle yapılan görüşmeler sonucunda mevcut depolama tesisinin kapasitesinin tahminlere göre 2025 yılında dolacağı bilgisi elde edilmiştir. Bir sonraki KADT'nin kapasitesinin ilgili bölgenin 20 yıllık çöpünün depolanabileceği büyüklükte olması planlanmaktadır. Bu nedenle 2026-2046 yılları arasında oluşacak toplam çöp miktarlarının tahmin edilmesi gerekmektedir. Nüfus tahmini hesaplamasında Aritmetik Artış Yöntemi, Geometrik Artış Yöntemi, Grafik Yöntem ve Geometrik (Üstsel) Ekstrapolasyon Yöntemi vb. yöntemler bulunmaktadır (Bilgiç vd., 2010). Bu çalışmada nüfus tahmini yapılırken literatürde sıklıkla kullanılan Geometrik ekstrapolasyon yöntemi kullanılmıştır. Geometrik ekstrapolasyon yönteminde sabit oran kavramı kullanılmaktadır. Dolayısıyla şehrin büyüme oranı %1,36 ise; gelecekte de her yıl bu oranda büyüme olacağı kabul edilmektedir (Selçuk, 2014). Yöntemin aşamaları (United Nations, 1952):

N_y yerleşim bölgesinin ilk nüfus sayısını, N_e bilinen son nüfus sayısını, $t_y - t_e$ bu iki nüfus sayımı arasındaki yılların sayısını göstermek üzere, Eşitlik 5.6 ile p artış hızı sabiti hesaplanır.

$$p = 100 \left[\frac{N_y}{N_e}^{\frac{1}{t_y - t_e}} - 1 \right] \quad (5.6)$$

Literatürde yöntemin uygulama aşamalarında p belirlenirken koşullandırma uygulanabilmektedir (Bilgiç vd., 2010). Bu çalışmada $p < 1$ ise $p=1$, $1 < p < 3$ ise p değerinin kendisi, $p > 3$ ise $p=3$ koşulu uygulanmıştır.

Artış hızı sabiti belirlendikten sonra gelecekteki nüfus N_n Eşitlik 5.7 ile hesaplanır. Eşitlik 5.7'de t_p proje süresi sonundaki tarihi göstermektedir.

$$N_n = N_y \left(1 + \frac{p}{100}\right)^{t_p - t_y} \quad (5.7)$$

Nüfus tahmini hesaplaması yapılırken TÜİK internet sitesinden alınan 2007-2016 yılları arasındaki nüfus sayımı verileri kullanılmıştır. Ancak yapılması planlanan KADT’nde Samsun ilçelerinden 12 tanesinin atıkları toplanacağından sadece bu ilçelere için nüfus tahmini yapılmıştır.

2.Aşama: Nüfus tahmini yapıldıktan sonra oluşacak toplam atık ağırlığı hesaplanmıştır. Toplam atık ağırlığı, tahmini toplam nüfus miktarı ile Samsun ilinin kişi başı atık miktarı çarpılarak hesaplanmıştır. TÜİK’in hazırlamış olduğu Belediye Atıkları İstatistikleri verilerine göre 2014 yılında Samsun ilindeki kişi başı günlük ortalama atık miktarı 0,93 kg/kişi-gün' dür. Toplam atık ağırlığının hesaplanmasında bu veri dikkate alınmıştır.

3.Aşama: Toplam atık ağırlığı hesaplandıktan sonra bu rakam, ortalama atık yoğunluğu ile çarpılarak toplam atık hacmi hesaplanmıştır. Bahrani vd. (2015), çalışmalarında depolanan katı atık maddelerin yoğunluğunu 700 kg/m³ olarak almıştır. Yetkililer ile yapılan görüşmelerde bu rakamın Samsun ilinde oluşan atıklar içinde uygun olduğu teyit edilmiştir.

4.Aşama: Son olarak atıkların depolama alanındaki ortalama yükseklikleri kullanılarak KADT için ihtiyaç duyulan alan hesaplanmıştır. Literatürde depolanan atıkların yükseklikleri ile farklı ölçüler yer almaktadır. Dağıstanlıoğlu (2012) ve İsmail (2016) hesaplamalarda yüksekliği 15 m olarak alırken Bahrani vd. (2015) yüksekliği 20 m olarak almıştır. Bu tez çalışmasında yetkililer ile yapılan görüşmeler sonucunda depolama alanındaki atıkların ortalama yükseklikleri 17 m olarak hesaplamalar yapılmıştır.

2026-2046 yılları arasındaki tahmini yıllık nüfus miktarları, atık ağırlıkları ve atık hacimleri Çizelge 5.12’de yer almaktadır. Hesaplamalar sonucu yapılması planlanan KADT’de 2026-2046 yılları arasında oluşacak tahmini toplam atık hacmi 6654943,874 m³’dür. Bu rakam yüksekliğe bölündüğünde KADT için ihtiyaç duyulan alan yaklaşık

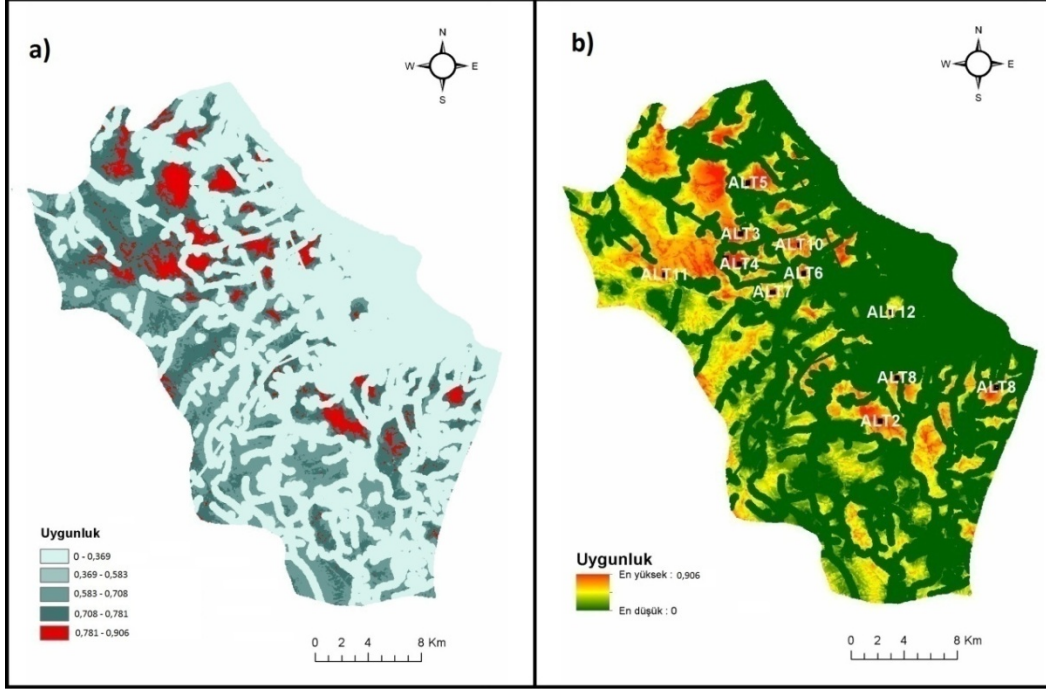
391467,29 m² olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada KADT alternatifleri belirlenirken yaklaşık olarak 40 ha'lık araziler araştırılmıştır.

Çizelge 5.12. Tahmini nüfus miktarları, atık ağırlıkları ve atık hacimleri

Yıllar	Tahmini Nüfus Miktarı	Yıllık Tahmini Katı Atık Ağırlığı (ton)	Yıllık Tahmini Katı Atık Hacmi (m ³)
2026	1205173,25	409096,06	286367,24
2027	1217224,98	413187,01	289230,91
2028	1229397,23	417318,89	292123,22
2029	1241691,20	421492,08	295044,45
2030	1254108,11	425707,00	297994,90
2031	1266649,20	429964,07	300974,85
2032	1279315,69	434263,71	303984,60
2033	1292108,84	438606,35	307024,44
2034	1305029,93	442992,41	310094,69
2035	1318080,23	447422,33	313195,63
2036	1331261,03	451896,56	316327,59
2037	1344573,64	456415,52	319490,87
2038	1358019,38	460979,68	322685,77
2039	1371599,57	465589,48	325912,63
2040	1385315,57	470245,37	329171,76
2041	1399168,72	474947,82	332463,48
2042	1413160,41	479697,30	335788,11
2043	1427292,02	484494,27	339145,99
2044	1441564,94	489339,22	342537,45
2045	1455980,59	494232,61	345962,83
2046	1470540,39	499174,94	349422,46

İhtiyaç duyulan arazi büyüklüğünün belirlenmesinden sonra KADT için uygun bölgeler tespit edilmiştir. Şekil 5.6.a'da yer alan uygunluk haritasında çalışma bölgesinin uyum değerinin yaklaşık en düşük 0, en yüksek 0.906 olduğu görülmektedir. Alternatiflerin belirlenmesinde en yüksek uyum seviyesinden başlayarak 40 ha'lık araziler belirlenmiştir. Alternatiflerin seçimi yaparken ArcGIS ortamında Google Maps uydu görüntüleri ve karayolları haritaları altlık olarak açılmıştır. Böylece alternatifler belirlenirken sadece 40 ha'lık en yüksek uyum seviyesindeki araziler değil aynı zamanda bu arazilerin ormanlık alanlarda yer almamasına ve mevcut karayollarından fazla uzakta olmamasına da dikkat edilmiştir. Bu işlemler sonucunda 12 alternatif seçilmiştir.

Alternatiflerin çalışma bölgesi üzerindeki konumları Şekil 5.6.b’de, uydu görüntüleri ise Şekil 5.7 ve Şekil 5.8’de görülmektedir.



Şekil 5.6. Alternatif bölgeler haritası: a) uygunluk haritası, b) alternatiflerin konumları.



Şekil 5.7. 1-4 Numaralı alternatiflerin uydu görüntüleri



Şekil 5.8. 5-12 Numaralı alternatiflerin uydu görüntüleri

Şekil 5.7 ve Şekil 5.8 görüldüğü gibi alternatif olarak belirlenen bölgeler değerlendirme kriterlerinde yer alan yüzey suları, karayolları, yerleşim bölgeleri vb. kriterleri sağlamaktadır. Belirlenen alternatif KADT'nin mekânsal uygunluk değerleri (CBS puanı) kapladıkları arazide yer alan raster hücrelerin uygunluk değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Bu işlem ArcGIS yazılımında yer alan Zonal Statistics as Table aracı kullanarak gerçekleştirilmiştir. Alternatifler, CBS puanları ve CBS puanlarına göre sıralamaları Çizelge 5.13'de yer almaktadır.

Çizelge 5.13. Alternatifler ve sıralamalar tablosu

Alternatif KADT	CBS Puanı	Sıralama	Alternatif KADT	CBS Puanı	Sıralama
ALT1	0,8699	2	ALT6	0,8321	5
ALT2	0,8161	8	ALT7	0,8618	3
ALT3	0,8404	4	ALT8	0,8120	9
ALT4	0,8799	1	ALT9	0,8046	11
ALT5	0,8299	6	ALT10	0,8162	7
ALT6	0,8321	5	ALT11	0,8052	10

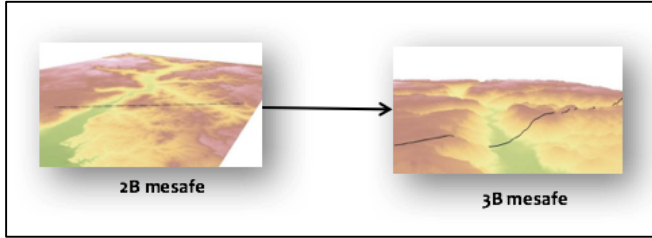
Alternatifler sadece mekânsal kriterlere göre değerlendirildiğinde en iyi üç alternatifin sırası ile ALT4, ALT1 ve ALT7 olduğu görülmektedir. CBS puanları çalışmanın ilerleyen bölümlerinde alternatiflerin değerlendirilmesi bölümünde kullanılacaktır.

Çalışmanın buraya kadar olan kısımlarında kriterler ve kısıtlar kullanılarak mekânsal analizler yapılmış ve KADT kurulabilecek alternatifler bölgeler belirlenmiştir. İzleyen bölümlerde mevcut KATİ'ler ile belirlenen alternatif KADT arasındaki mesafeler göz önünde bulundurularak, alternatiflerin taşıma maliyetleri açısından değerlendirilmesi için gereken hesaplamalar yer almaktadır.

5.6. Yol Ağının Oluşturulması

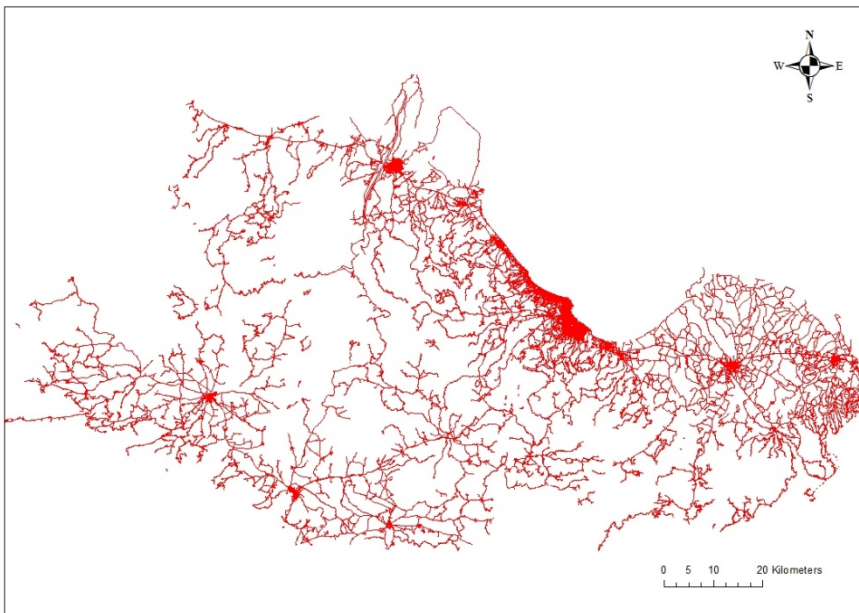
Çalışmada taşıma maliyetlerinin hesaplanmasında kullanılmak üzere bir yol ağı oluşturulması gerekmektedir. Yol ağı oluşturulurken 2 boyutlu yol ağı (2B-YA) ve yükseklik bilgileri kullanılarak 3 boyutlu yol ağı (3B-YA) oluşturulmuştur. Böylece

yolların yükseklikleri de göz önünde bulundurularak lokasyonlar arasındaki gerçek mesafelerin elde edilmesi sağlanmıştır. 2B mesafe ve 3B mesafelerin temsili görüntüleri Şekil 5.9'da yer almaktadır.



Şekil 5.9. 2 Boyutlu ve 3 boyutlu mesafeler

3B-YA'nın oluşturulup ArcGIS ortamında analiz yapılabilecek seviyeye getirilmesi için yol verilerini temin etme, düzenlenme, zenginleştirilme vb. işlemlerin yapılması gerekmektedir. Çalışmada öncelikle OpenStreetMap'den çalışma bölgesine ait veriler indirilmiştir. OpenStreetMap'den indirilen veriler arasında yolların yanı sıra kafeler, tren istasyonları, marketler, otobüs durakları vb. veriler yer almaktadır. Global Mapper 18 yazılımı kullanılarak tüm bu verilerden yol verileri ayrıştırılmış ve ArcGIS'in okuyabileceği shapefile (*.shp) formatına dönüştürülmüştür. Bu dosya "yol sınıfı", "yol isimleri", "uzunluk" vb. bilgilerinin yer aldığı 39.299 polyline'lardan oluşmaktadır. Çalışma bölgesine ait 2B-YA Şekil 5.10'da yer almaktadır.



Şekil 5.10. 2 Boyutlu yol ağı

Oluşturulan 2B-YA, Avrupa Çevre Ajansı (EEA) internet sitesinden elde edilen DEM verileri kullanılarak zenginleştirilmiştir. 2B-YA'yı, 3B-YA haline getirmek için ArcGIS'de yer alan çeşitli araçlar kullanılmıştır. Öncelikle yolların eğim yönünün (negatif ya da pozitif) belirlenmesi için polyline'ların başlangıç ve bitiş noktaları Feature Vertices to Point aracı kullanılarak belirlenmiştir. Bu noktalar Extract Values to Point aracı kullanılarak DEM verileri ile zenginleştirilmiş, daha sonra başlangıç ve bitiş verileri Join aracı kullanılarak birleştirilmiştir. Elde edilen veriler Attribute Table'da açılarak, Field Calculator aracındaki Python ayrıştırıcısı kullanılarak 3B-YA oluşturulmuştur. İlgili verilere ait örnek ekran görüntüsü Şekil 5.11'de verilmiştir.

FID	Shape	name	fclass	oneway	maxspeed	heights	EGIM	Shape_Leng	SLength
22062	Polyline	Zümrüt Sk	residential	B	50	-2,780449	-10,033416	27,711888	27,851025
22083	Polyline	Zümrüt Sk	residential	B	50	-3,266739	-9,31141	35,08318	35,234942
11826	Polyline	Zümrüt Caddesi	tertiary	B	50	-0,088841	-0,048672	182,531827	182,531859
12040	Polyline	Zümrüt Caddesi	tertiary	B	50	-0,498672	-0,036622	1361,680853	1361,681045
12343	Polyline	Zümrüt Caddesi	tertiary	B	50	-0,407024	-0,111452	365,201189	365,201418
12626	Polyline	Zümrüt Caddesi	tertiary	B	50	-0,331836	-0,109829	302,139202	302,139385
31935	Polyline	Zümrüt Caddesi	tertiary	B	50	-12,550369	-3,405755	368,504776	369,031905
32031	Polyline	Zümrüt Caddesi	tertiary	B	50	-13,923447	-3,394082	410,227216	410,756318
32107	Polyline	Zümrüt Caddesi	tertiary	B	50	-37,624443	-14,923204	252,120412	255,059303
25161	Polyline	Ziya Gökalp Caddesi	secondary	B	50	-0,69085	-0,889847	77,636905	77,639984
25169	Polyline	Ziya Gökalp Caddesi	secondary	B	50	-0,161498	-0,991501	16,288248	16,289049

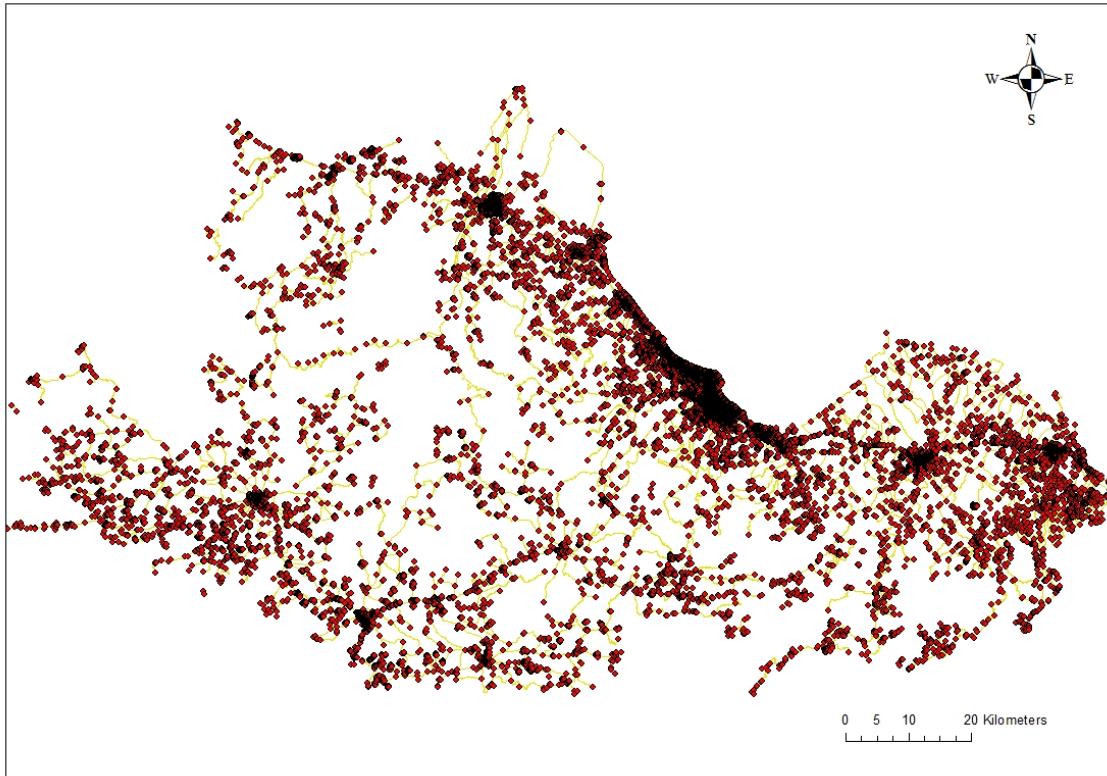
Şekil 5.11. 3 Boyutlu mesafelere ait örnek veriler

Şekil 5.11'de Shape_Leng sütunu bir polyline'ın 2B mesafesini, SLength sütunu ise 3B mesafesini göstermektedir.

5.7. Rotaların Oluşturulması

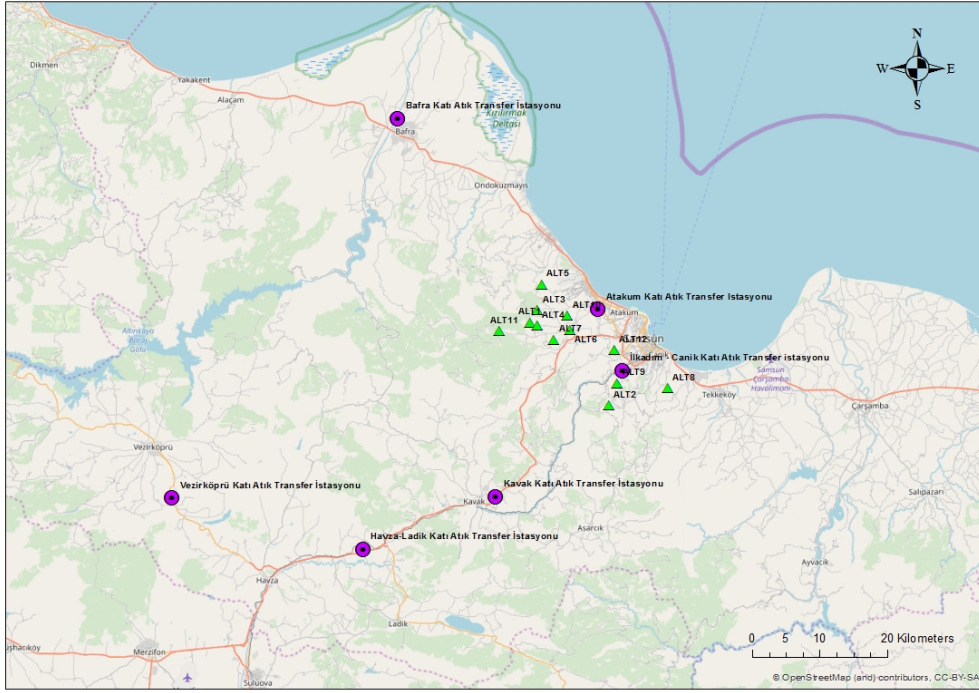
Çalışma bölgesinin 3B-YA oluşturulduktan sonra transfer istasyonlarından her bir alternatif depolama tesisine en kısa yolu takip edecek rotaların oluşturulması gerekmektedir. Bahsedilen bu rotaların hesaplanmasında ve oluşturulmasında ArcGIS yazılımının Network Analyst eklentisi kullanılmıştır. Network Analyst eklentisi ile problemi çözmeden önce 3B-YA'nın ağ veri kümesinin oluşturulması gerekmektedir. Böylece oluşturulan yol ağında yer alan çizgilerin yol ve çizgilerin kesişim noktalarının kavşak olarak tanımlanması sağlanmış olur. Ayrıca problemin çözümünde kullanılacak

amaç fonksiyonunun ve kısıtlarında ağ veri kümesi oluşturulması sırasında tanımlanması gerekmektedir. Amaç fonksiyonu süreyi, mesafeyi, taşıma maliyetini enküçükleyecek şekilde tanımlanabilmektedir. Ancak veri kümesi oluşturulmadan önce amaç fonksiyonuna ait ilgili hesaplamaların Attribute Table’da yapılması gerekmektedir. Çalışma bölgesine ait 3B-YA’ya ait oluşturulan yol ağı veri kümesinin görselleştirilmiş hali Şekil 5.12’de yer almaktadır.



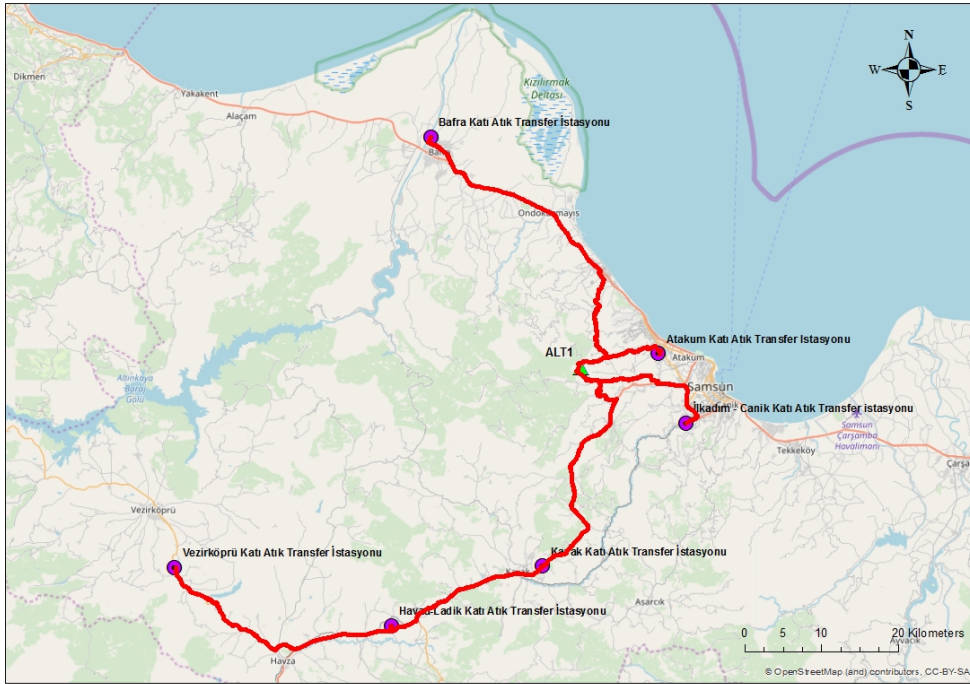
Şekil 5.12. Yol ağı veri kümesi

Network Analyst modülünde çeşitli ağ problemlerinin çözümünde kullanılan Route, Closest Facility, Vehicle Routing Problem vb. çözümler yer almaktadır. Transfer istasyonlarında toplanarak sıkıştırılan katı atıklar, transfer araçları ile depolama tesislerine taşınmaktadır. Bu nedenle rota optimizasyonu yapılırken, transfer istasyonları ve alternatif depolama tesisleri arasındaki mesafenin en aza indirilmesi amaçlanmıştır (Şekil 5.13). Problemin çözümünde Network Analyst eklentisinde yer alan Closest Facility çözümleri kullanılmıştır. Closest Facility çözümleri en kısa yol problemlerinin çözümünde sıklıkla kullanılan Dijkstra algoritmasını kullanmaktadır (ArcGIS, 2018).

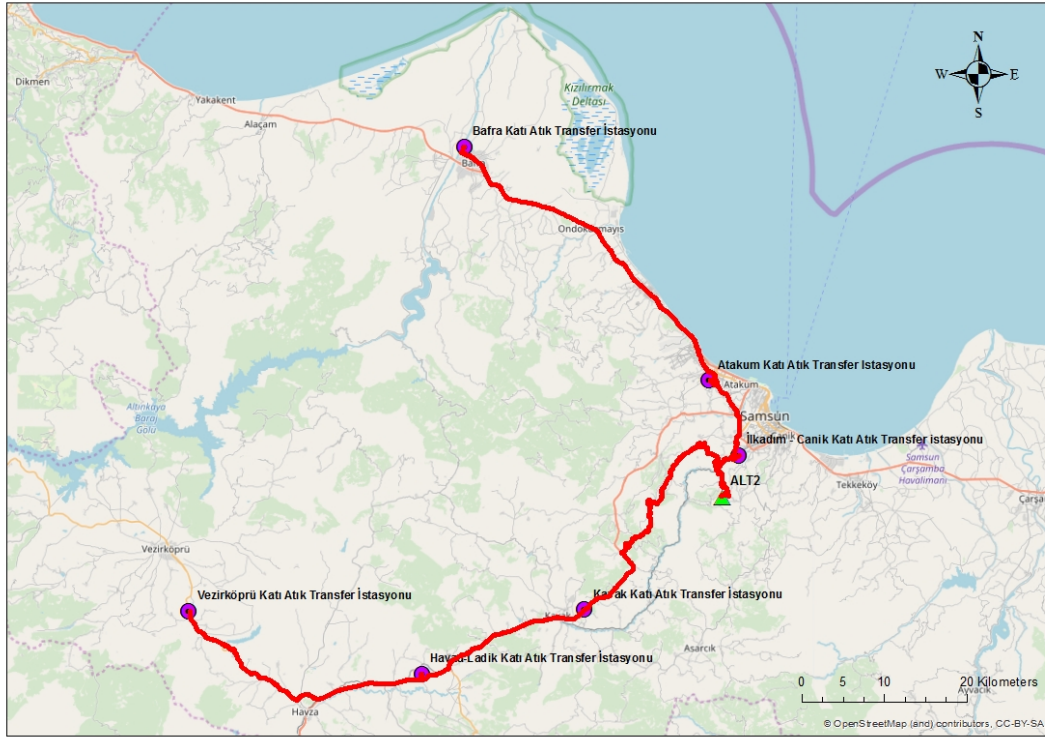


Şekil 5.13. Transfer istasyonları ve alternatifler

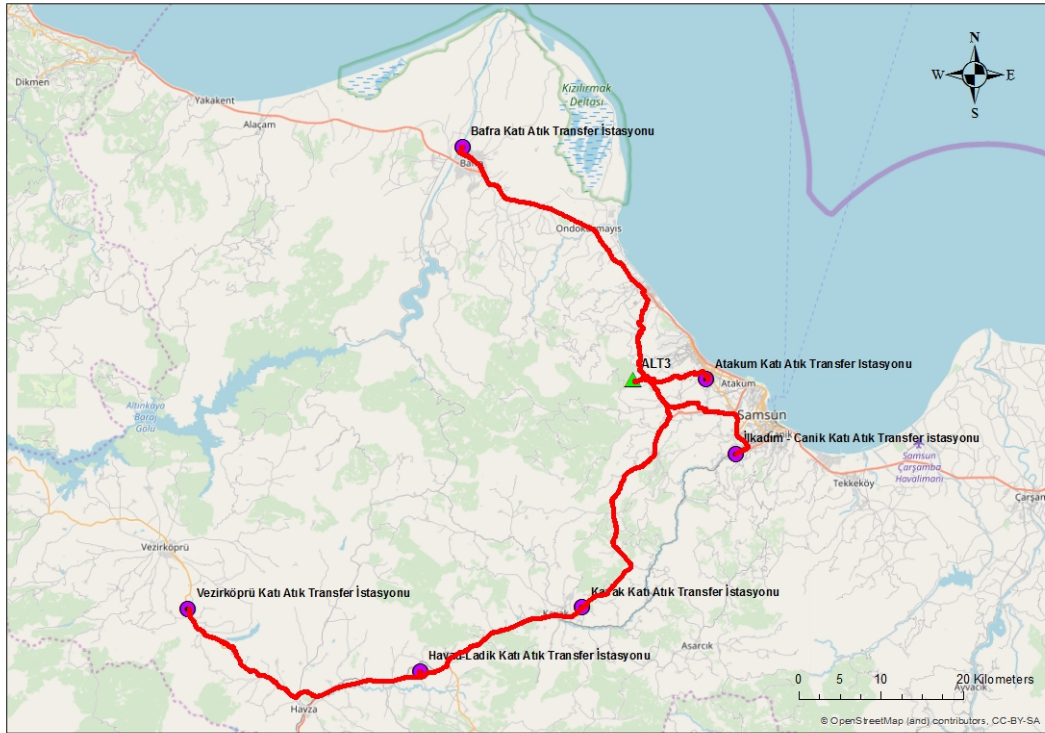
Her bir alternatif KADT'nin 6 KATİ'ye olan en kısa mesafeli rotalarını hesaplamak için Closest Facility çözücüsü 12 defa çalıştırılmıştır. Alternatif KADT'leri 1-12 için rotalar sırası ile Şekil 5.14-25'de yer almaktadır.



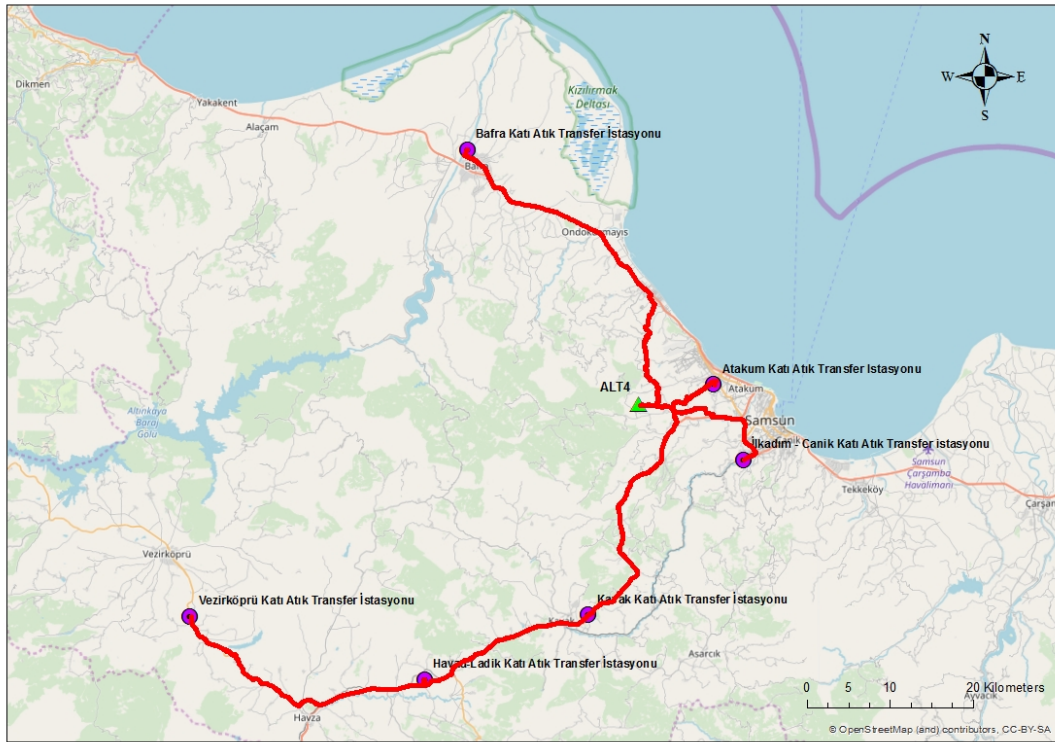
Şekil 5.14. Alternatif 1 için en kısa mesafenin rotası



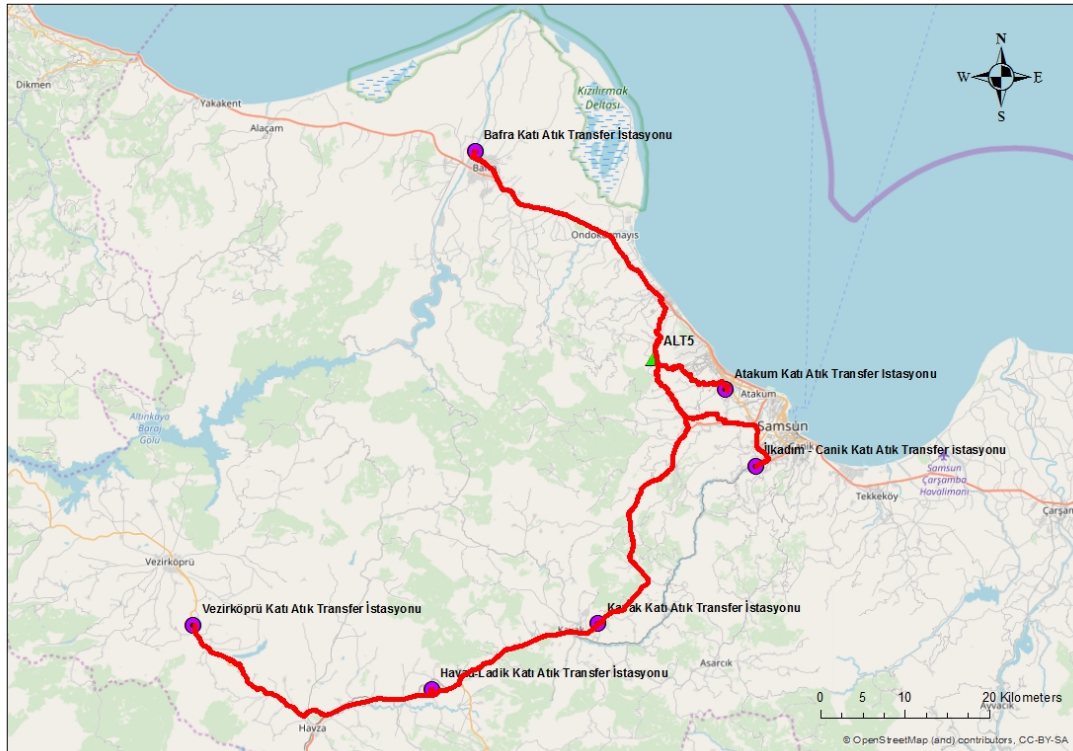
Şekil 5.15. Alternatif 2 için en kısa mesafenin rotası



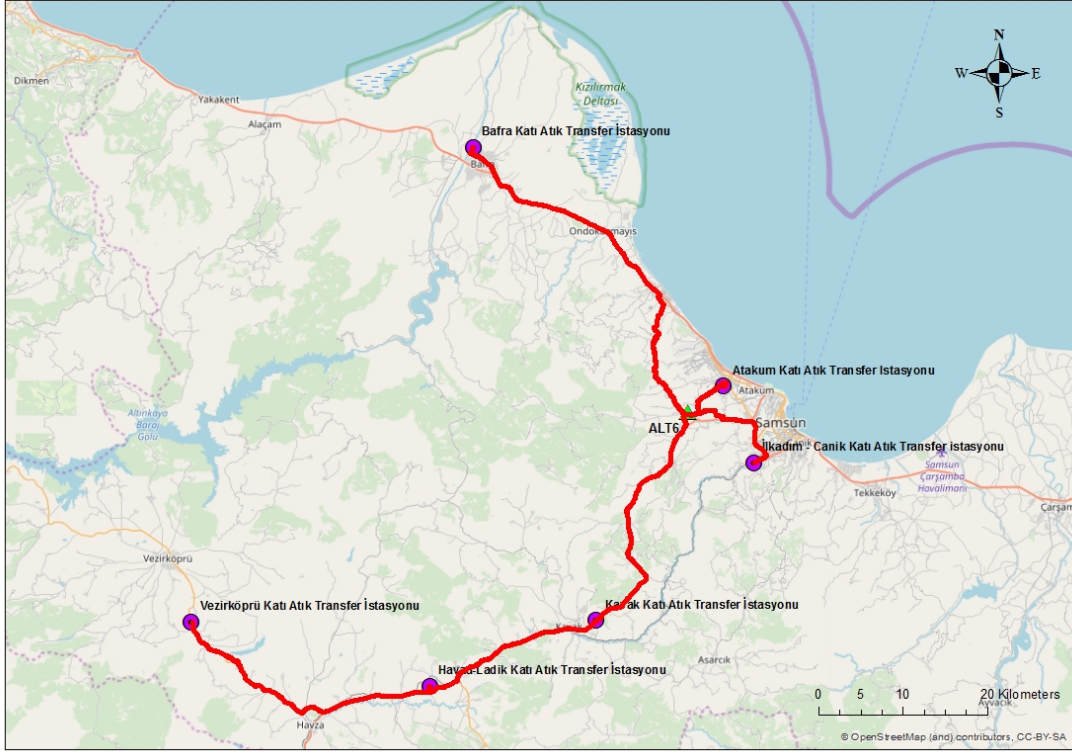
Şekil 5.16. Alternatif 3 için en kısa mesafenin rotası



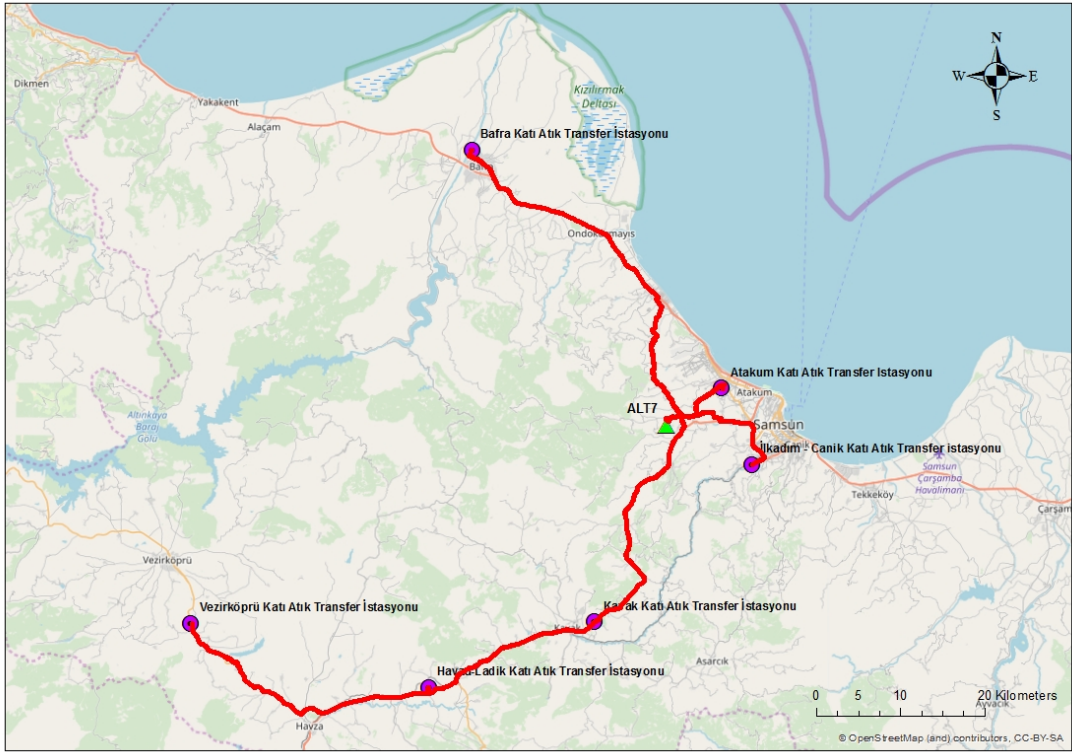
Şekil 5.17. Alternatif 4 için en kısa mesafenin rotası



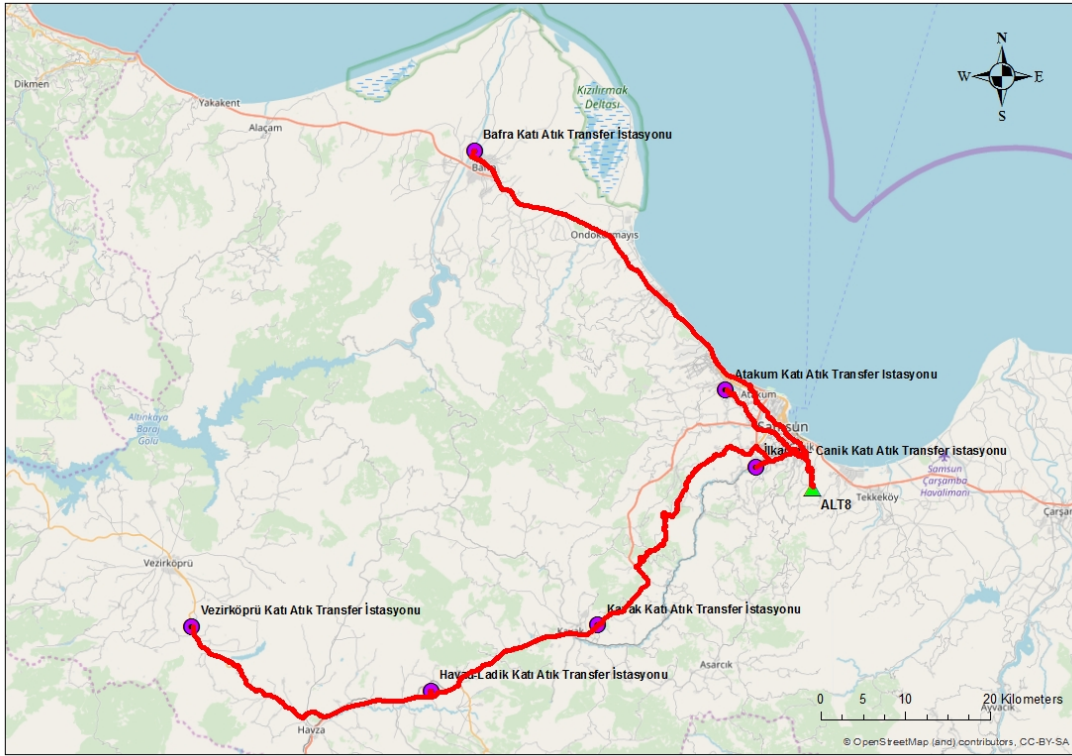
Şekil 5.18. Alternatif 5 için en kısa mesafenin rotası



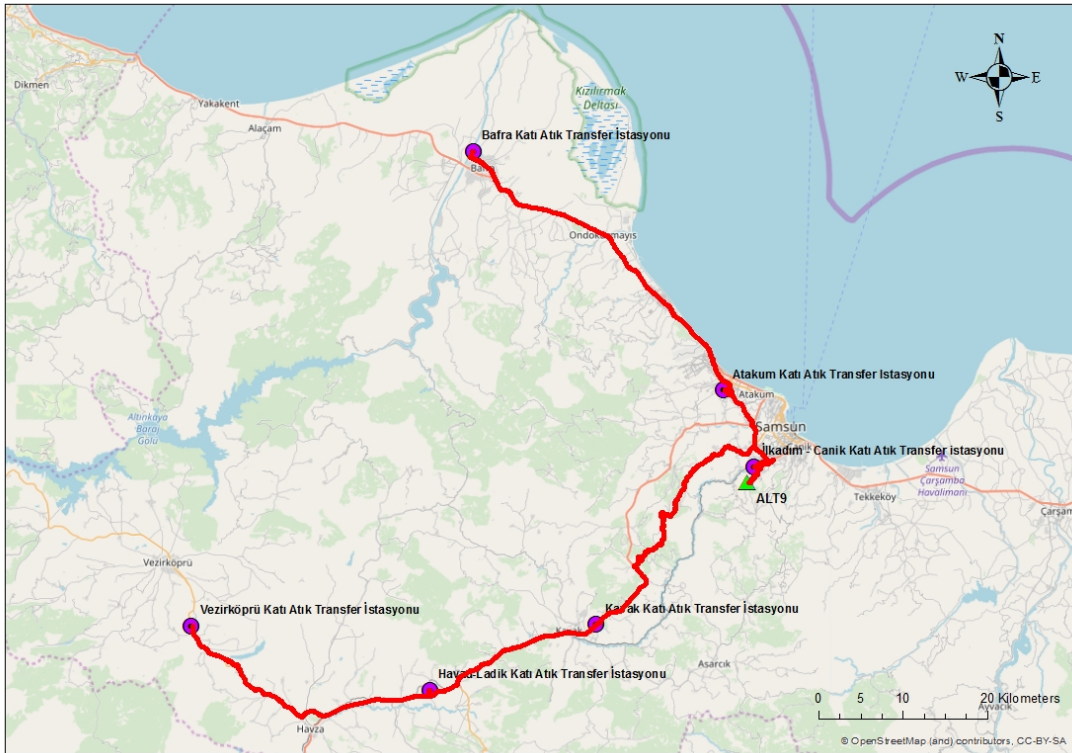
Şekil 5.19. Alternatif 6 için en kısa mesafenin rotası



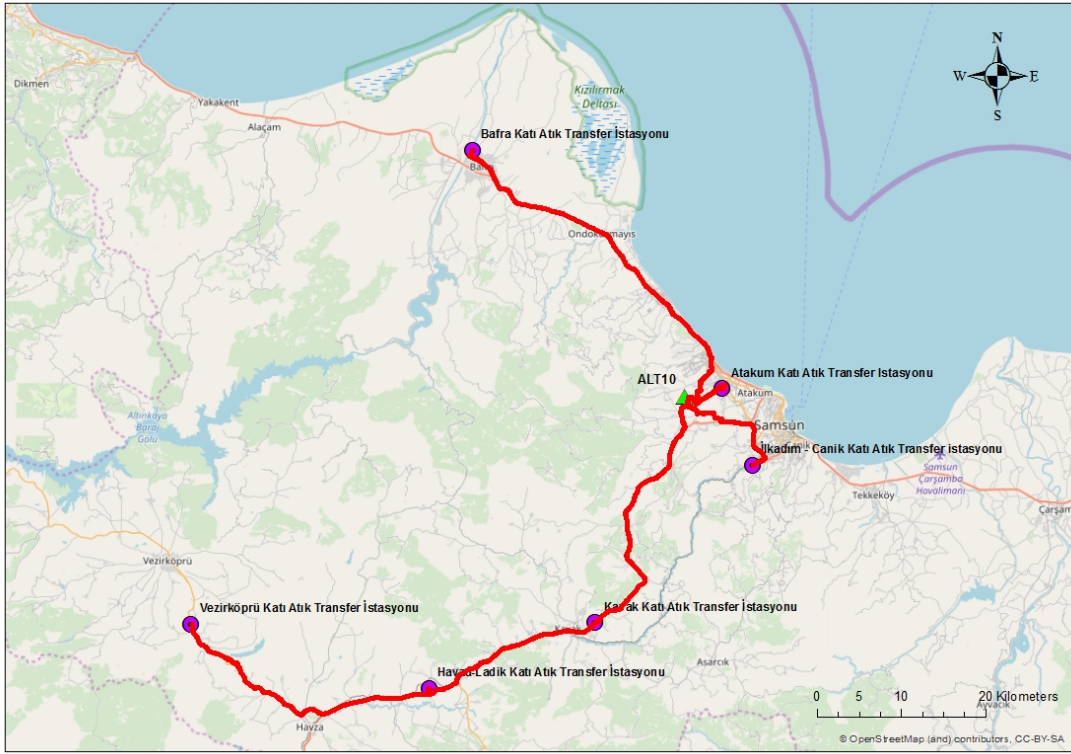
Şekil 5.20. Alternatif 7 için en kısa mesafenin rotası



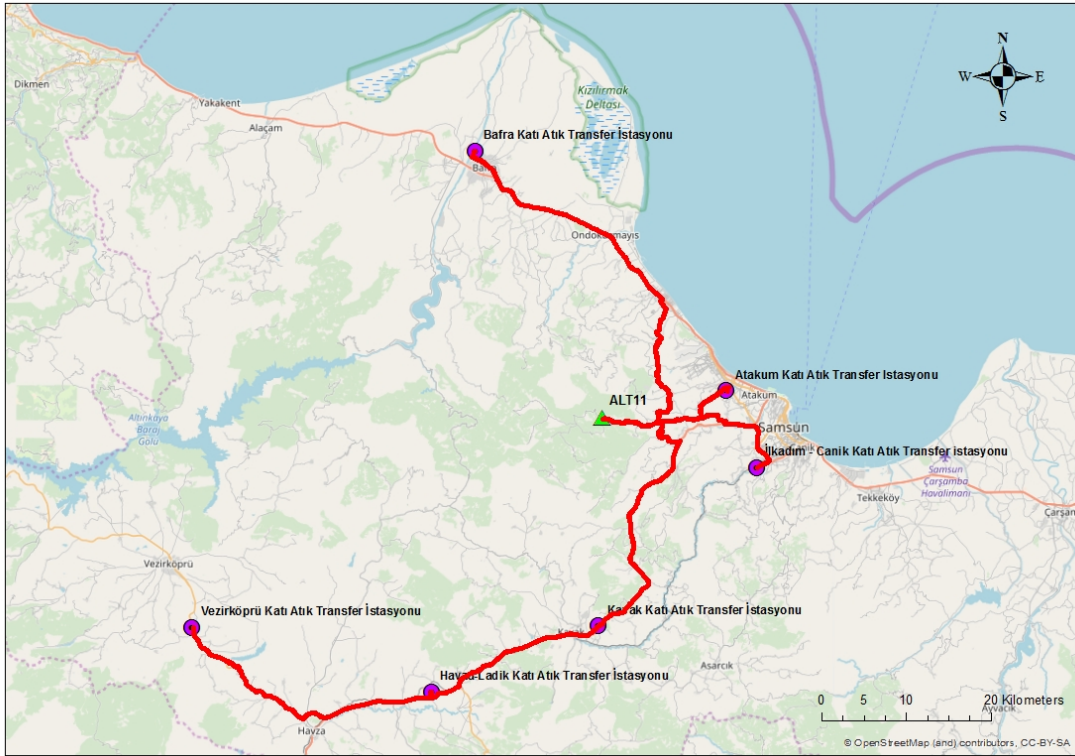
Şekil 5.21. Alternatif 8 için en kısa mesafenin rotası



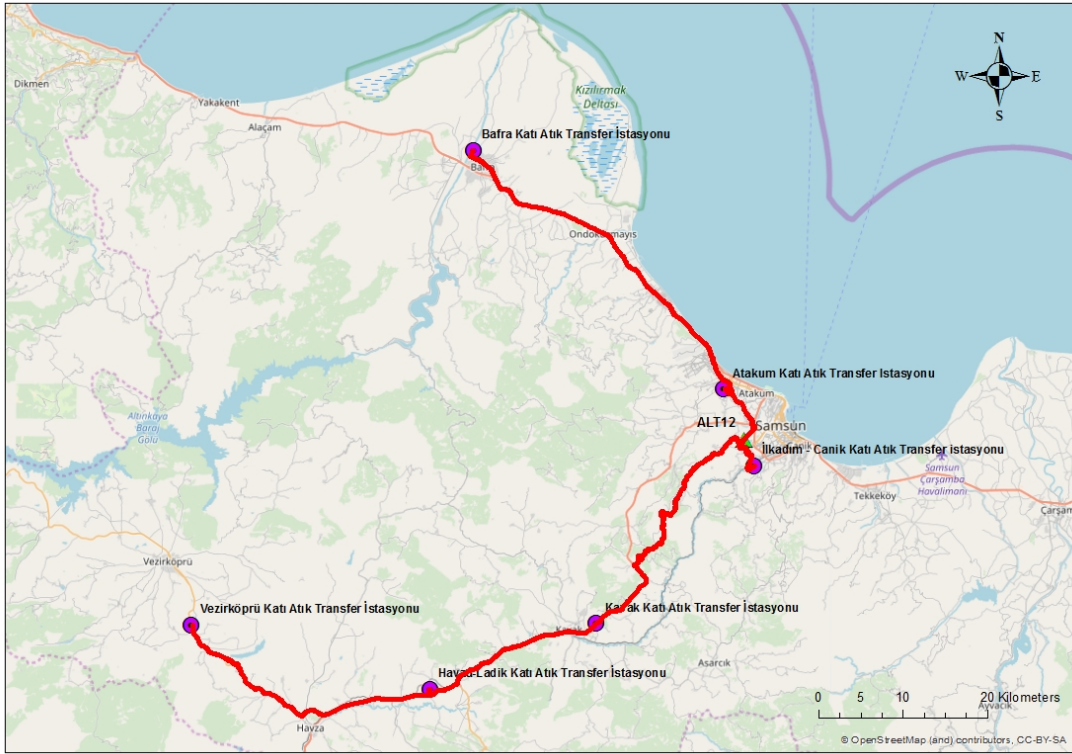
Şekil 5.22. Alternatif 9 için en kısa mesafenin rotası



Şekil 5.23. Alternatif 10 için en kısa mesafenin rotası



Şekil 5.24. Alternatif 11 için en kısa mesafenin rotası



Şekil 5.25. Alternatif 12 için en kısa mesafenin rotası

Alternatifler için 3B-YA kullanarak oluşturulan en kısa yolların toplam rota uzunlukları Çizelge 5.14’de yer almaktadır.

Çizelge 5.14. Alternatifler için hesaplanan rota mesafeleri

Alternatif KADT	Rota Mesafesi (km)	Alternatif KADT	Rota Mesafesi (km)
ALT1	284,303	ALT7	263,935
ALT2	318,207	ALT8	330,553
ALT3	274,277	ALT9	307,700
ALT4	272,114	ALT10	256,946
ALT5	280,395	ALT11	313,889
ALT6	249,917	ALT12	263,393

Çizelge 5.14’de yer alan sütunlarda alternatif KADT’ler ve km cinsinden rota mesafeleri yer almaktadır. Örneğin, ALT1 ve tüm KATİ’ler arasındaki en kısa yollar hesaplanarak oluşturulan rotaların toplam mesafesi 284,303 km’dir.

5.8. Aktarma İstasyonlarında Oluşacak Atık Miktarlarının Belirlenmesi

KATİ'lerde toplanan atık miktarları farklı olduğundan alternatiflerin taşıma maliyetleri göz önünde bulundurularak değerlendirilmesi için KATİ'lerden KADT'ne giden kamyon tur sayılarının bilinmesi gerekmektedir. Kamyon tur sayılarının belirlenmesi için KATİ'lerdeki toplam atık miktarları hesaplanmaktadır. Bu amaçla KATİ'lerde oluşacak toplam atık miktarları hesaplanmıştır.

2012 yılında kabul edilen 6360 sayılı kanunun yürürlüğe girmesinden sonra Samsun Büyükşehir Belediyesi il sınırları içerisindeki tüm ilçeler merkez ilçe olmuştur. Bu değişiklik ile katı atıkların kaynaklarından toplanması ilçe belediyelerinin sorumluluğunda iken, toplanan bu katı atıkların bertaraf edilmesi ise büyükşehir belediyesinin sorumluluğuna bırakılmıştır. Samsun Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde 17 ilçe bulunmaktadır. Bunlardan Çarşamba, Terme, Tekkeköy, Ayvacık, Salıpazarı ilçelerinin katı atıkları Çarşamba KADT'de bertaraf edilmektedir. Bu 5 ilçenin dışında kalan 12 ilçenin katı atıkları ilgili belediyelerin yerlerini belirlediği 5 KATİ'de toplanmaktadır. Farklı boyutlarda araçlarla toplanan bu katı atıklar KATİ'lere geldikten sonra sıkıştırılarak KADT'ne transfer edilmektedir. İlkadım ve Canik ilçesinin katı atıkları İlkadım-Canik KATİ'de; Atakum ilçesinin katı atıkları Atakum KATİ'de; Kavak ve Asarcık ilçelerinin katı atıkları Kavak KATİ'de; Havza ve Ladik ilçelerinin katı atıkları Havza-Ladik KATİ; Vezirköprü ilçesinin katı atıkları Vezirköprü KATİ; Bafra, Alaçam, Ondokuzmayıs ve Yakakent ilçelerinin katı atıkları ise Bafra KATİ'de toplanmaktadır.

KATİ'lerde oluşacak atık miktarlarının hesaplanması için öncelikle KATİ'lere katı atıklarını getiren ilçelerin 2026-2046 yılları arasındaki toplam nüfus tahminlerinin yapılması gerekmektedir. Nüfus tahminleri yapılırken açıklaması Bölüm 1.5'de yer alan Geometrik Ekstrapolasyon Yöntemi kullanılmıştır.

Nüfus tahmini yapıldıktan sonra KATİ'lerde toplanacak toplam katı atık miktarları, ilgili KATİ'lere atıklarını getiren ilçelerin tahmini nüfus sayıları ve Samsun iline ait kişi başı günlük ortalama katı atık miktarının çarpılması ile hesaplanmıştır. Hesaplamalarda Samsun ili için günlük ortalama kişi başı günlük ortalama atık miktarı 0,93 kg/kişi-gün olarak alınmıştır.

İstasyonlara çöplerini getiren ilçelerin tahmini toplam kişi sayıları ve toplam atık miktarları Çizelge 5.15’de verilmiştir. Örneğin Bafra KATİ için Bafra, Ondokuzmayıs, Alaçam ve Yakakent ilçelerinin tahmini kişi sayıları toplanarak hesaplama yapılmıştır.

Çizelge 5.15. 2026-2046 Yılları tahmini toplam kişi sayıları ve atık miktarları

KATİ	Tahmini Kişi Sayısı	Toplam Atık Miktarı (ton)
Bafra	5.639.381	1.914.287,86
Vezirköprü	2.723.967	924.650,64
Havza-Ladik	1.608.220	545.910,13
Kavak	1.041.853	353.656,98
İlkadım-Canik	1.2154.913	4.125.985,34
Atakum	5.417.248	1.838.884,75

Çizelge 5.15’de görüldüğü gibi transfer istasyonlarında toplanan atık miktarları arasında büyük farklılıklar vardır. Buda ilgili istasyonlara atıklarını gönderen ilçe nüfus sayıları ile doğru orantılıdır.

5.9. Alternatif Katı Atık Depolama Tesislerinin Değerlendirilmesi

Önceki bölümde alternatif KADT’leri ve KATİ’ler arasındaki en kısa mesafeler hesaplanarak oluşturulan rotaların toplam mesafeleri ve KATİ’lerde oluşacağı düşünülen tahmini toplam atık miktarları hesaplanmıştır. KATİ’lerde toplanan çöp miktarları farklı olduğundan KATİ’ler ve alternatif KADT’leri arasında yapılan taşımaların tur sayıları da farklı olacaktır. Bu nedenle sadece mesafeler üzerinden bir değerlendirme yapılması hatalı olacaktır. Bu durum göz önünde bulundurularak alternatifler KADT’lerinin sıralaması yapılırken 3 aşamadan oluşan bir hesaplama yöntemi kullanılmıştır: (1) KATİ’lerde günlük ortalama toplanan çöp miktarları hesaplanarak, her bir istasyondaki çöpü alternatiflere götürecek kamyon tur sayıları hesaplanmıştır. Burada bir kamyonun 20.000 kg çöp taşıdığı ve yarım kalan kamyon yükünün ertesine güne aktarıldığı kabul edilmiştir. (2) Hesaplanan rota mesafeleri kilometreye çevrilmiş ve kamyon tur sayıları ile çarpılmıştır. Böylece ağırlıklı mesafeler hesaplanmıştır. (3) Bölüm 5.3’de hesaplanan alternatiflerin CBS Puanları, ağırlıklı mesafelere bölünerek alternatiflerin sıralanmasında kullanılacak sıralama indeksi elde edilmiştir. Farklı değerlendirme ölçütlerinin alternatiflere etkisini

gözlemek için sırası ile Rota Mesafesi, Ağırlıklı Mesafe, CBS Puanı ve İndis Değeri sonuçlarına göre sıralamalar yapılmıştır (Çizelge 5.16).

Çizelge 5.16. Alternatifler ve sıralamalar tablosu

Alternatif KADT	Rota Mesafesi (km)	Sıralama	Ağırlıklı Mesafe	Sıralama	CBS Puanı	Sıralama	İndis Değeri	Sıralama
ALT1	284,303	8	23067,14	9	0,8699	2	3,77117E-05	7
ALT2	318,207	11	23601,46	10	0,8161	8	3,45784E-05	10
ALT3	274,277	6	21903,60	7	0,8404	4	3,83681E-05	6
ALT4	272,114	5	21838,97	6	0,8799	1	4,02904E-05	5
ALT5	280,395	7	22326,03	8	0,8299	6	3,71719E-05	9
ALT6	249,917	1	19284,31	2	0,8321	5	4,31491E-05	2
ALT7	263,935	4	21048,00	4	0,8618	3	4,09445E-05	4
ALT8	330,553	12	23910,67	11	0,8120	9	3,39597E-05	11
ALT9	307,700	9	21539,31	5	0,8046	11	3,7355E-05	8
ALT10	256,946	2	19654,94	3	0,8162	7	4,15265E-05	3
ALT11	313,889	10	26449,95	12	0,8052	10	3,04424E-05	12
ALT12	263,393	3	18164,57	1	0,7936	12	4,36894E-05	1

Çizelge 5.16 incelendiğinde rota mesafesine göre yapılan sıralamada mekânsal analizler sonucu elde edilen alternatifler rota mesafelerine göre sıralanmıştır. Ancak bu sıralamada tüm KATİ’lerde oluşacak atık miktarları ve tüm alternatiflerin CBS puanlarının eşit olduğu varsayımı ile sıralanmaktadır. Gerçekte alternatif KADT’leri ile KATİ’ler arasındaki tur sayıları eşit olmadığı gibi, alternatiflerin mekânsal özelliklerine göre aldıkları CBS puanları da eşit değildir. Alternatiflerin sıralanmasında bu farklılıklarda göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle, mekânsal analiz verilerinin (CBS puanı) ve taşıma maliyetlerinin (ağırlıklı mesafe) eşit önem seviyesinde olduğu varsayımı ile alternatiflerin indis değerlerinin hesaplanması önerilmektedir.

Ekonomik bakış açısı (EBA) ile alternatiflerin değerlendirildiği durumda karar vericiye sırası ile ALT12, ALT6 ve ALT10 alternatifleri önerilmektedir. Mesafeler göz önünde bulundurulmadan sadece çevresel bakış açısı (ÇBA) ile değerlendirildiğinde ise karar vericiye sırası ile ALT4, ALT1 ve ALT7 alternatifleri önerilmektedir. Ekonomik ve çevresel bakış açılarının (EÇBA) eşit ağırlıkla değerlendirildiği durumda ise karar vericiye sırası ile ALT12, ALT6 ve ALT10 alternatifleri önerilmektedir. EBA ve ÇBA’nın eşit değerlendirildiği EÇBA ve EBA ile alternatiflerin değerlendirildiği durumlarda sıralama

değişmemektedir. Buradan mevcut problem için taşıma mesafelerinin oldukça etkili olduğu sonucuna ulaşabiliriz.

ÇBA ve EÇBA arasındaki tüm sıralamalar arasındaki farklılıklar göz önünde bulundurulduğunda EÇBA ile oluşturulan sıralamada 4. sırada yer alan ALT7, ÇBA ile oluşturulan sıralamada 3. sırada yer almaktadır. Bu durumda karar vericilere ALT7'nin değerlendirilmesi de önerilebilir.

5.10. Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Senaryo Analizleri

Bu bölümde karar vericilere farklı bakış açıları sunmak için birden fazla KADT açılması durumunda hangi tesislerin açılabilceği senaryoları oluşturulmuştur. P adet tesisin, n adet düğümden oluşan şebeke üzerinde minimum maliyet oluşacak şekilde yerleştirilmesi ve yerleştirilen bu tesislerden hizmet alacak talep noktalarının belirlenmesi problemi literatürde p-medyan problemi olarak geçmektedir (Özçakar ve Bastı, 2015). Tez çalışmasının bu bölümünde senaryolar p-medyan problemi ile çözülmüştür. Senaryo analizlerinde, ArcGIS yazılımının Network Analysis aracında yer alan Minimize Impedance çözücüsü kullanılmıştır.

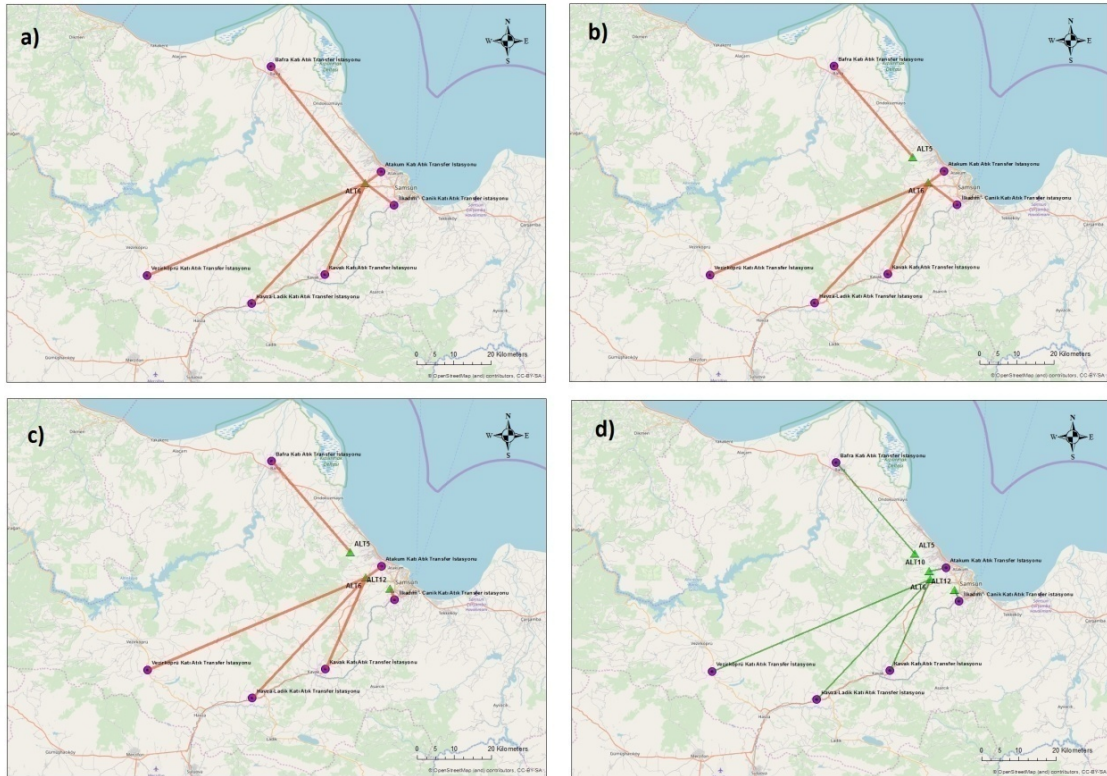
Alternatifler KADT'ler mekânsal analizler (CBS puanı) sonucu belirlendiğinden, senaryo analizlerinde alternatiflerin çevresel ve sosyo/ekonomik açıdan eşit uygunlukta olduğu varsayılmıştır. Senaryo analizlerinde sırası ile KATİ'lerin eşit ağırlıkta olduğu ve KATİ'lerde oluşan atık miktarlarına göre ağırlıklandırıldığı durumlar araştırılmıştır. Analizlerde p=1, p=2, p=3 ve p=4 durumları değerlendirilmiştir. Senaryo analizleri sonucunda açılan açılan alternatifler ve toplam mesafeler Çizelge 5.17'de yer almaktadır.

Çizelge 5.17. P-medyan senaryo analizi sonuçları

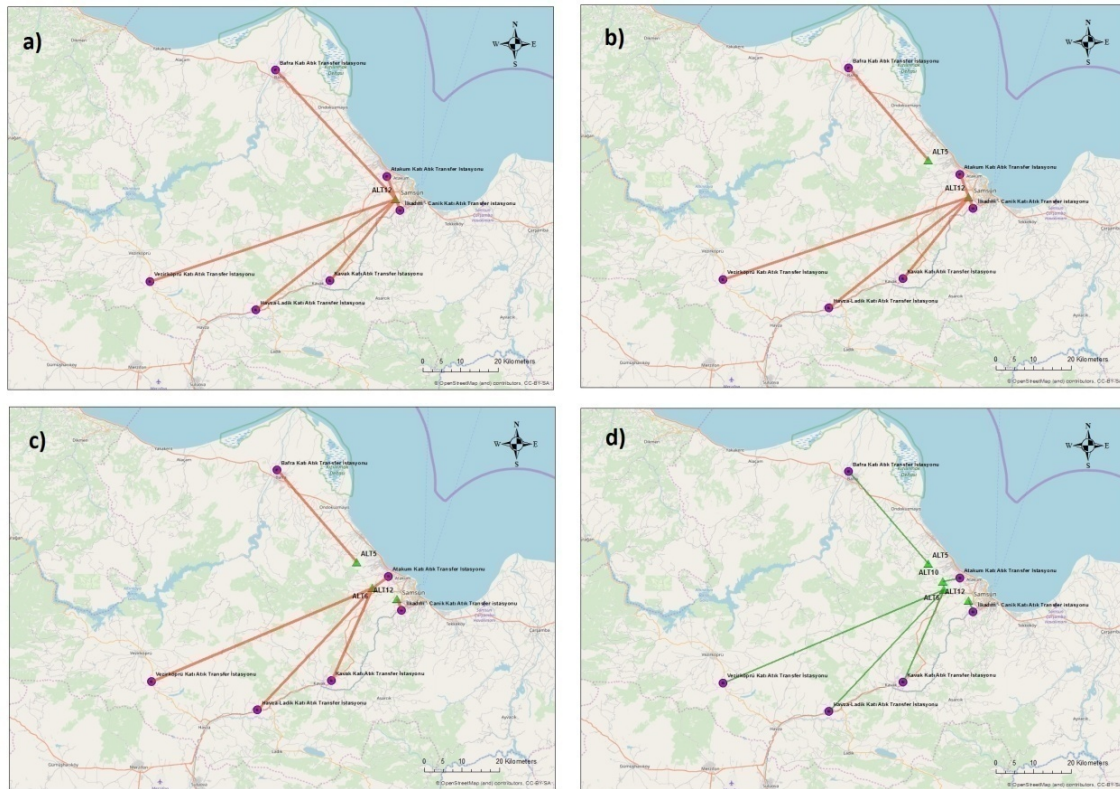
P sayısı		1	2	3	4
Ağırlıksız	Mesafe (km)	249917,64	240165,97	231734,83	230558,55
	Açılan Alternatifler	6	5, 6	5, 6, 12	5, 6, 10, 12
Ağırlıklı	Mesafe (km)	263393,13	249912,06	231734,83	230558,55
	Açılan Alternatifler	12	5, 12	5, 6, 12	5, 6, 10, 12

Senaryo analizlerinde açılan tesis sayısının 4’den fazla olduğu durumlarda değerlendirilmiştir. Ancak açılan tesis sayısı 4’ü geçtiğinde KATİ’ler ve açılan KADT’leri arasındaki toplam mesafelerde bir iyileştirme olmadığından sonuçlar arasına eklenmemiştir. Ağırlıksız senaryolarda açılan tesis sayısı 1 ve 2 olduğu durumlarda ağırlıklı senaryoya göre toplam mesafelerin daha kısa çıktığı görülmektedir. Bu durumlarda ağırlıksız senaryoda 1 ve 2 tesis açıldığında sırası ile 6 ve 5, 6 KADT’leri açılırken, ağırlıklı senaryoda 12, ve 5, 12 KADT’leri açılmıştır. Toplam mesafelerin azalması açılan tesislerin farklılığından kaynaklanmaktadır. 3 ve 4 tesis açıldığı senaryolarda ise hem ağırlıklı hem de ağırlıksız senaryolarda aynı alternatiflerin açıldığı görülmektedir. Ayrıca senaryolar GAMS-CPLEX ile çözülerek ArcGIS sonuçlarının optimal olduğu tespit edilmiştir.

Ağırlıksız ve ağırlıklı senaryo analizleri sonucunda açılan tesislerin harita üzerindeki lokasyonları sırası ile Şekil 5.26 ve Şekil 5.27’de paylaşılmıştır.



Şekil 5.26. Ağırlıksız p-medyan senaryo analizleri: a) p=1, b) p=2, c) p=3, d) p=4



Şekil 5.27. Ağırlıklı p-medyan senaryo analizleri: a) p=1, b) p=2, c) p=3, d) p=4

Şekil 5.26 ve 5.27’de ilgili durumda açılan alternatif KADT’ler ve hangi KADT’den hangi KATİ’ye taşıma yapılacağı görülmektedir. Örneğin 5.27.b’de Bafra KATİ’den ALT5’e taşıma yapılırken, diğer KATİ’lerden ALT6’ya taşıma yapılmaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hızlı nüfus artışı ve kentleşmenin artması etkin bir katı atık yönetim sistemi kurulmasını gerektirmektedir. Kentsel atıkların yönetimi için uygun bir atık yönetim sistemi seçmek ülkelerin/şehirlerin genel problemidir. Günümüzde katı atıkların bertaraf edilmesinde düzenli depolama, yakma, biyolojik arıtma ve geri dönüşüm gibi çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Düzenli depolama yöntemi, Türkiye'de katı atıkların bertaraf edilmesi için uygun ve son yıllarda giderek yaygınlaşan bir yöntemdir. Katı atıkların düzenli depolanmasında en önemli aşama, depolama tesisi yerinin seçimidir. KADTYS, çevresel, sosyal, ekolojik, ekonomik ve mühendislik konularını içeren karmaşık bir süreçtir. Bu sebeple, KADTYS problemlerinde birbiri ile çelişen çok sayıda mekânsal kriterler yer almaktadır. ÇKKV yöntemleri, böylesine karmaşık karar verme problemlerinde kullanılabilecek çeşitli yöntemler sunmaktadır. CBS ise farklı mekânsal veri türlerini işleyebilen ve analiz edebilen önemli bir karar destek aracıdır. CBS ve ÇKKV yöntemlerinin birlikte kullanılması karar vericilerin kriterler ve alternatifler ile ilgili tercihlerini mekânsal veriler ile bütünleştirerek karar verme sürecine büyük katkı sağlamaktadır. Diğer taraftan, KADTYS'de kriterlerin göreceli önem seviyelerinin belirlenmesi oldukça zor bir süreçtir. Kriterler arasında ikili karşılaştırmalar yapılırken olası hatalı değerlendirmelerin çok ciddi çevresel tehlikelere sebep olacağı düşünülerek karar vericilerin kesin seçimler yapması güçleşmektedir ve tercihlerinde tereddüt etmelerine neden olmaktadır.

Çalışmada KADTYS probleminin çözümünde CBS temelli ÇKKV yönteminin kullanıldığı literatür detaylı olarak araştırılarak, farklı özelliklere sahip bölgelerde KADTYS kurarken kullanılabilecek tüm kriterler ortaya konulmuş ve KADTYS probleminde en uygun alanların belirlenmesi için yeni bir melez yaklaşım önerilmiştir. Önerilen melez yaklaşım, CBS temelli ÇKKV yöntemi ile KADTYS alternatiflerinin belirlenmesi ve CBS temelli 3B mesafe analizleri yapılarak alternatiflerin sıralanması olarak özetlenebilir.

HFLTS temelli ÇKKV yöntemi kullanılarak kriterlerin göreceli önem seviyeleri (ağırlıkları) belirlenir. HFLTS temelli ÇKKV yöntemi, karar vericilerin tercihlerindeki

tereddütleri göz önünde bulunduran bir yöntem olduğundan tercih edilmektedir. Kriter ağırlıklarının belirlenmesinden sonra WLC yöntemi kullanılarak KADT için uygun bölgeler elde edilir. Ancak uygun bölgeler arasında kesinlikle uygun olmayan bölgelerde yer alabileceği için bu bölgelerin uygunsuz bölgeler olarak belirlenmesi gerekir. Bu amaçla önce kısıt katmanları karşılaştırılarak kesinlikle uygun olmayan bölgeler elde edilir. Sonra WLC yöntemi sonrası elde edilen uygun bölgeler ve kesinlikle uygun olmayan bölgeler karşılaştırılarak alternatif KADT'lerin seçilebileceği nihai uygunluk haritası elde edilir. Karar vericiler bu haritadan KADT kurulması için ihtiyaç duyulan arazi boyutunda alternatifleri belirler. Uygunluk haritasında standartlaştırılmış uygunluk değerleri yer aldığından, karar vericiler belirledikleri alt uygunluk seviyesine kadar istedikleri kadar alternatif seçebilir. Alternatifler birçok raster hücrenin birleşiminden oluştuğu ve tüm raster hücreleri farklı değerlere sahip olduğu için her alternatifin içerisinde yer alan raster hücrelerin değerlerinin ortalaması alınarak her bir alternatifin CBS puanı hesaplanmalıdır.

Alternatiflerin CBS puanları, çevresel, sosyal, mühendislik vb. konuların yer aldığı birçok kriter göz önünde bulundurularak elde edilmektedir ve alternatifleri bu puanlara göre sıralamak mümkündür. Ancak katı atık yönetim sistemlerinde çevre kirliliği açısından en uygun alternatiflerin belirlenmesinden sonra taşıma maliyetlerinin de göz önünde bulundurulması gerekir. Taşıma maliyetleri, katı atık yönetim sistemlerinde önemli bir maliyet kalemidir. Burada söz konusu olan taşıma, alternatiflerin değerlendirilmesi kullanılacak transfer istasyonları ile alternatif arasındaki taşımadır. Taşıma maliyetleri, CBS ortamında yol ağı verileri analiz edilerek elde edilebilir. 2 boyutlu yol ağı verileri, yükseklik verileri kullanılarak zenginleştirilebilir. Böylece, gerçek yol uzunluklarına en yakın yol uzunlukları elde edilir.

Sonuç olarak bu tez çalışmasında, karar vericilerin alternatifler arasında tercih etmelerine yardımcı olacak CBS temelli ÇKKV yöntemi ve taşıma maliyetlerini birlikte değerlendirebilecekleri bir hesaplama yöntemi önerilmiştir. Önerilen yöntem Samsun ilinde KADTYS için uygulanmıştır. Uygulamada yer seçimi yaparken, Çevresel ve Sosyal/Ekonomik ana kriterleri altında toplam 15 alt kriter ve tamamen uygun olmayan bölgeleri belirlemek için 10 kısıt kullanılmıştır. CBS temelli ÇKKV yöntemi kullanılarak 12 alternatif KADT yeri belirlenmiştir. Belirlenen alternatiflerden 2, 8 ve 9 numaralı alternatifler Canik ilçesinde; 12 numaralı alternatif İlkadım ilçesinde; diğer alternatifler ise

Atakum ilçesinde yer almaktadır. Alternatifler CBS puanlarına göre sıralandığında ilk üç alternatif sırası ile 4, 1 ve 7 numaralı alternatiflerdir. Taşıma maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda 4, 1 ve 7 numaralı alternatifler sırası ile altıncı, dokuzuncu ve dördüncü sırada yer almaktadır. Bununla birlikte, alternatifler taşıma maliyetleri göz önünde bulundurularak sıralandığında ilk üç sırası ile 12, 6 ve 10 numaralı alternatiflerdir. Buradan CBS puanları ve taşıma maliyetlerinin sıralamada örtüşmediği sonucu ortaya çıkmaktadır. CBS puanına göre yapılan sıralamada birinci sırada yer alan 4 numaralı alternatifin taşıma maliyeti, taşıma maliyetine göre yapılan sıralamada birinci sırada yer alan 12 numaralı alternatiften yaklaşık %20,2 daha yüksek çıkmıştır. Tez çalışmasında önerilen, taşıma maliyetleri ve CBS puanlarının eşit önem seviyesinde olduğu varsayımı ile yapılan sıralamada ise ilk üç sırada sırası ile 12, 6 ve 10 numaralı alternatifler yer almaktadır. 12 numaralı alternatif İlkadım ilçesinde yer alan Kuşçulu mahallesinde, 6 ve 10 numaralı alternatifler ise Atakum ilçesinde yer alan Kamalı mahallesinde yer almaktadır. Bununla birlikte önerilen yaklaşımın çalışma bölgesine uygulanmasında karar vericilerin vermiş oldukları kararlar ve veri kaynaklarından elde edilen verilerin doğruluğu kısıtlılıkları bulunmaktadır. Karar vericilerin, karar vericilerin verdikleri kararların ya da verilerin değişmesi durumunda sonuçların değişebilmesi mümkündür.

Çalışma bölgesinin büyüklüğü göz önünde bulundurulduğunda KADT için uygun bölgelerin tespit edilmesi oldukça güçtür. Samsun ili için gerçekleştirilen uygulama, KV'lere KADTYS yaparken tüm çalışma bölgesi içerisinde, kendi belirledikleri değerlendirme kriterlerine göre uygun alternatif KADT yerleri bulma imkanı sağlamıştır. Ayrıca, karar vericilere alternatifleri farklı bakış açıları ile değerlendirme imkanı tanımıştır.

Çalışmada önerilen melez yaklaşım açısından gelecekteki çalışmalarda yer alabilecek bazı öneriler şöyle özetlenebilir: Kriter ağırlıklandırılmasında farklı karar verici grupları oluşturularak (akademisyenler, belediye yetkilileri, sivil toplum kuruluşları vb.) çeşitli senaryo analizleri yapılabilir. Böylece problem sonuçları farklı bakış açıları ile değerlendirilebilir. Alternatif KADT'lerinin değerlendirilmesinde, taşıma mesafeleri üzerinden yapılan değerlendirmenin yanında taşımalar esnasında oluşacak zararlı gaz salınımını da göz önünde bulunduran bir değerlendirme yapılabilir. KADT yanında KATI'lerin yer seçiminin de dahil olduğu yeni bir model kurulabilir. Böylece taşıma

maliyetleri düşürecek senaryolar oluşturulabilir. Kriterlerin ağırlıklandırılmasında, kriterler arasındaki etkileşimleri dikkate alan ANP, DANP vb. ÇKKV yöntemleri uygulanabilir.

Uygulama açısından gelecekteki çalışmalarda yer alabilecek bazı öneriler ise şöyle özetlenebilir: Kamu arazileri veya kamulaştırmaya uygun araziler belirlenerek, alternatifler sadece bu arazilerde yer alacak şekilde belirlenebilir. Arazi maliyetleri ve şehrin büyüme yönü kriterleri değerlendirilerek uygun bölgeler seçilebilir. Çevre illerin atık yönetim sistemleri de göz önünde bulundurularak, ortak depolama tesislerinin açılması araştırılabilir.



KAYNAKLAR DİZİNİ

- Adem, A., Dağdeviren, M., 2016, A life insurance policy selection via hesitant fuzzy linguistic decision making model, *Procedia Computer Science*, 102, 398-405.
- Afzali, A., Samani, J.M.V., Rashid, M., 2011, Municipal landfill site selection for Isfahan city by use of fuzzy logic and analytic hierarchy process, *Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 8, 3, 273-284.
- Afzali, A., Sabri, S., Rashid, M., Samani, J.M.V., Ludin, A.N.M., 2014, Inter-municipal landfill site selection using analytic network process, *Water Resources Management*, 28 (8): 2179-2194.
- Afzali, A., Rashid, M., Saniedanesh, M., 2017, Feasibility of landfill establishment in Khomeynishahr city of Isfahan using GIS, MCE and Boolean logic, *Malaysian Journal of Public Health Medicine*, 1, 41-47.
- Agapiou, A., Lysandrou, V., Themistocleous, K., Hadjimitsis, D.G., 2016, Risk assessment of cultural heritage sites clusters using satellite imagery and GIS: the case study of Paphos District, Cyprus, *Natural Hazards*, 83, 1, 5-20.
- Ahmad, S.Z., Ahamad, M.S.S., Yusoff, M.S., 2014, Spatial effect of new municipal solid waste landfill siting using different guidelines, *Waste Management and Research*, 32, 1, 24-33.
- Akinci G., Guven E.D., Gok G., 2012, Evaluation of waste management options and resource conservation potentials according to the waste characteristics and household income: a case study in Aegean Region, Turkey, *Resources, Conservation and Recycling*, 58, 114-124.
- Akther, A., Ahamed, T., Takigawa, T., Noguchi, R., 2016, GIS-based multi-criteria analysis for urban waste management, *Journal of the Japan Institute of Energy*, 95, 5, 457-467.
- Alanbari, M.A., Al-Ansari, N., Jasim, H.K., 2014, GIS and multi-criteria decision analysis for landfill site selection in AL-Hashimyah Qadaa, *Natural Science*, 6, 5, 282-304.
- Alam, W., 2011, GIS based assessment of noise pollution in Guwahati City of Assam, India, *International Journal of Environmental Sciences*, 2, 2, 731-740.
- Ali, A.A.S.A., Pradhan, V.S., 2017, Determination of potential landfill site for Aurangabad city using multi criteria evaluation, *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 8, 4, 1260-1267.
- Anonim, 2010, Atıkların düzenli depolanmasına dair yönetmelik, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/03/20100326-13.htm>, erişim tarihi: 30.09.2018.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Anonim, 2012, On üç ilde büyükşehir belediyesi ve yirmi altı ilçe kurulması ile bazı kanun ve kanun hükmünde kararnamelerde değişiklik yapılmasına dair kanun, 2016, <https://www.tbmm.gov.tr/kanunlar/k6360.html>, erişim tarihi: 10.09.2018.
- Anonim, 2015, Belediye atık istatistikleri, 2014, <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=18777>, erişim tarihi: 10.09.2018.
- Anonim, 2017, Belediye atık istatistikleri, 2016, <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=24876>, erişim tarihi: 10.09.2018.
- Anonim, 2017, Copernicus land monitoring service - EU-DEM, <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/copernicus-land-monitoring-service-eu-dem>, erişim tarihi: 10.09.2018.
- Anonim, 2017, Toprak ve arazi sınıflaması standartları teknik talimatı, https://www.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Mevzuat/Talimatlar/ToprakAraziSiniflamasiStandartlariTeknikTalimativeIlgiliMevzuat_yeni.pdf, erişim tarihi: 10.09.2018.
- Anonim, 2018, About Openstreetmap, <https://www.openstreetmap.org/about>, erişim tarihi: 10.09.2018.
- Anonim, 2018, Aggiornamento dati geoportale regionale, <http://www.geologiveneto.it/2017/06/aggiornamento-dati-geoportale-regionale/>, erişim tarihi: 10.09.2018.
- Anonim, 2018, Samsun Valiliği coğrafi yapı, <http://www.samsun.gov.tr/cograf-yapi>, erişim tarihi: 10.09.2018.
- Anonim, 2018, İllere ait mevsim normalleri (1981-2010), <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=SAMSUN>, erişim tarihi: 10.09.2018.
- Anonim, 2018, Çöpten 600 milyon lira kazanç elde edildi, <https://www.trthaber.com/haber/ekonomi/copten-600-milyon-lira-kazanc-elde-edildi-373238.html>, erişim tarihi: 10.09.2018.
- Anonim, 2018, Milli Savunma Bakanlığı il ve ilçe yüzölçümleri, https://www.harita.gov.tr/images/urun/il_ilce_alanlari.pdf, erişim tarihi: 10.09.2018.
- Anonim, 2018, Solid waste management, <http://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/brief/solid-waste-management>, erişim tarihi: 10.09.2018.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Anonim, 2018, How fuzzy membership works, <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-fuzzy-membership-works.htm>, erişim tarihi: 10.09.2018.
- Anonim, 2018, How rescale by function works, <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/how-rescale-by-function-works.htm>, erişim tarihi: 10.09.2018.
- Anonim, 2018, How aspect works, <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-aspect-works.htm>, erişim tarihi: 10.09.2018.
- Anonim, 2018, What is gis?, <https://www.ecsecc.org/page/what-is-gis>, erişim tarihi: 10.09.2018.
- Anonim, 2018, What is raster data?, <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm>, erişim tarihi: 10.09.2018.
- Armağan B., Demir İ., 2005, Evsel katı atık toplama sisteminin cbs tabanlı modellemesi, *itüdergisi/d mühendislik*, 4, 3, 119-125.
- Arunkumar, S.L., Chandrakantha, G., 2010, Landfill site selection by using geographic information system - A case study of Shivamogga Town, Shivamogga District Karnataka State, India, *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, 3, 4, 487-496.
- Arunkumar, S.L., Joshi, P., Chandrakantha, G., 2013, Application of geographic information system in landfill site selection - A case study of Bhadravathi town, *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, 6, 3, 502-510.
- Aydi, A., Zairi, M., Dhia, H.B., 2013, Minimization of environmental risk of landfill site using fuzzy logic, analytical hierarchy process, and weighted linear combination methodology in a geographic information system environment, *Environmental Earth Sciences*, 68, 5, 1375-1389.
- Bah, Y., Tsiko, R.G., 2011, Landfill site selection by integrating geographical information systems and multi-criteria decision analysis: A case study of Freetown, Sierra Leone, *African Geographical Review*, 30, 1, 67-99.
- Bahrani, S., Ebadi, T., Ehsani, H., Yousefi, H., Maknoon, R., 2016, Modeling landfill site selection by multi-criteria decision making and fuzzy functions in GIS, case study: Shabestar, Iran, *Environmental Earth Sciences*, 75, 337, 1-14.
- Baiocchi, V., Lelo, K., Poletti, A., Pomi, R., 2014, Land suitability for waste disposal in metropolitan areas, *Waste Management and Research*, 32, 8, 707-716.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Barakat, A., Hilali, A., El Baghdadi, M., Touhami, F., 2017, Landfill site selection with GIS-based multi-criteria evaluation technique, A case study in Béni Mellal-Khouribga Region, Morocco, *Environmental Earth Sciences*, 76, 413, 1-13.
- Bastı, M., 2012, P-medyan tesis yeri seçim problemi ve çözüm yaklaşımları, *Online Academic Journal of Information Technology*, 3, 7, 47-75.
- Benenson, I., Martens, K., Rofé, Y., Kwartler, A., 2011, Public transport versus private car GIS-based estimation of accessibility applied to the Tel Aviv metropolitan area, *The Annals of Regional Science*, 47, 3, 499-515.
- Beskese, A., Demir, H. H., Ozcan, H. K., Okten, H. E., 2015, Landfill site selection using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS: a case study for İstanbul, *Environmental Earth Sciences*, 73, 7, 3513-3521.
- Bilgiç, Ş., Barut, H. B., Er, A., Yücetürk, G., 2010, Nüfus tahmin metotlarının ve gelecekteki su ihtiyacı hesaplarının java ile programlanması: bir uygulama, *Akademik Bilişim'10 - XII. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri*, 671-678.
- Biotto, G., Silvestri, S., Gobbo, L., Furlan, E., Valenti, S., Rosselli, R., 2009, GIS, multi-criteria and multifactor spatial analysis for the probability assessment of the existence of illegal landfills, *International Journal of Geographical Information Science*, 23, 10, 1233-1244.
- Bosompem, C., Stemn, E., Fei-Baffoe, B., 2016, Multi-criteria GIS-based siting of transfer station for municipal solid waste: The case of Kumasi Metropolitan Area, Ghana, *Waste Management and Research*, 34, 10, 1054-1063.
- Briggs, D.J., Collins, S., Elliott, P., Fischer, P., Kingham, S., Lebre, E., Van Der Veen, A., 1997, Mapping urban air pollution using GIS: a regression-based approach, *International Journal of Geographical Information Science*, 11, 7, 699-718.
- Buckey, J.D., 2018, GIS Introduction by David J. Buckey, http://planet.botany.uwc.ac.za/nisl/gis/gis_primer/page_24.htm, erişim tarihi: 10.09.2018.
- Buckley, J.J., 1985, Fuzzy hierarchical analysis, *Fuzzy Set Systems*, 17, 233-247.
- Chabuk, A.J., Al-Ansari, N., Hussain, H.M., Knutsson, S., Pusch, R., 2016, Landfill site selection using geographic information system and analytical hierarchy process: A case study Al-Hillah Qadhaa, Babylon, Iraq, *Waste Management and Research*, 34, 5, 427-437.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Chabuk, A.J., Al-Ansari, N., Hussain, H.M., Knutsson, S., Pusch, R., Laue, J., 2017 a, Combining GIS applications and method of multi-criteria decision-making (AHP) for landfill siting in Al-Hashimiyah Qadhaa, Babylon, Iraq, Sustainability, 9, 11, 1-17.
- Chabuk, A.J., Al-Ansari, N., Hussain, H.M., Knutsson, S., Pusch, R., 2017 b, GIS-based assessment of combined AHP and SAW methods for selecting suitable sites for landfill in Al-Musayib Qadhaa, Babylon, Iraq, Environmental Earth Sciences, 76, 209, 1-12.
- Chang, D.Y., 1996, Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP, European Journal of Operational Research, 95, 649-655.
- Chang, N.B., Parvathinathan, G., Breeden, J.B., 2008, Combining GIS with fuzzy multi-criteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region, Journal of Environmental Management, 87, 1, 139-153.
- Chen, K., Blong, R., Jacobson, C., 2001, MCE-RISK: Integrating multi-criteria evaluation and GIS for risk decision-making in natural hazards, Environmental Modelling and Software, 16, 387-397.
- Chen, W.W., Shih, B.J., Chen, Y.C., Hung, J.H., Hwang, H.H., 2002, Seismic response of natural gas and water pipelines in the Ji-Ji earthquake, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 22, 9-12, 1209-1214.
- Christian, H., MacWan, J.E.M., 2017, Landfill site selection through GIS approach for fast growing Urban area, International Journal of Civil Engineering and Technology, 8, 11, 10-23.
- Churchman, C.W., R.L. Ackoff, 1954, An approximate measure of value, Journal of Operations Research Society of America, 2, 1, 172-87.
- Coelho, G. L. M., Lange, L. C., Coelho, H. M., 2017, Multi-criteria decision making to support waste management: A critical review of current practices and methods, Waste Management & Research, 35, 1, 3-28.
- Dağdeviren, M., 2007, Bulanik analitik hiyerarşi prosesi ile personel seçimi ve bir uygulama, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22, 4, 791-799.
- Dağdeviren, M., Erarslan, E., 2008, PROMETHEE sıralama yöntemi ile tedarikçi seçimi, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23, 1, 69-75.
- Dağıstanoğlu, C., 2012, Eğirdir katı atık deponi alanının yer seçimi kriterlerinin coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, 144 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Delgado, O.B., Mendoza, M., Granados, E.L., Geneletti, D., 2008, Analysis of land suitability for the siting of inter-municipal landfills in the Cuitzeo Lake Basin, Mexico, *Waste Management*, 28, 7, 1137-1146.
- Demesouka, O.E., Vavatsikos, A.P., Anagnostopoulos, K.P., 2013, Suitability analysis for siting MSW landfills and its multi-criteria spatial decision support system: Method, implementation and case study, *Waste Management*, 33, 5, 1190-1206.
- Demesouka, O.E., Vavatsikos, A.P., Anagnostopoulos, K.P., 2014, GIS-based multi-criteria municipal solid waste landfill suitability analysis: A review of the methodologies performed and criteria implemented, *Waste Management and Research*, 32, 4, 270-296.
- Demesouka, O.E., Vavatsikos, A.P., Anagnostopoulos, K.P., 2016, Using Macbeth multi-criteria technique for GIS-based landfill suitability analysis, *Journal of Environmental Engineering*, 142, 10, 1-11.
- Deng, H., 1999, Multicriteria analysis with fuzzy pairwise comparison, In *Fuzzy Systems Conference Proceedings*, IEEE International, 2, 726-731
- Donevska, K.R., Gorsevski, P.V., Jovanovski, M., Peševski, I., 2012, Regional non-hazardous landfill site selection by integrating fuzzy logic, AHP and geographic information systems, *Environmental Earth Sciences*, 67, 1, 121-131.
- El Baba, M., Kayastha, P., De Smedt, F., 2015, Landfill site selection using multi-criteria evaluation in the GIS interface: A case study from the Gaza Strip, Palestine, *Arabian Journal of Geosciences*, 8, 9, 7499-7513.
- El Maguiri, A., Kissi, B., Idrissi, L., Souabi, S., 2016, Landfill site selection using GIS, remote sensing and multi-criteria decision analysis: Case of the city of Mohammedia, Morocco, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 75, 3, 1301-1309.
- Elalfy, Z., Elhadary, R., Elashry, A., 2010, Integrating GIS and MCDM to Deal with landfill site selection, *International Journal of Engineering and Technology*, 10, 6, 32-42.
- Elhag, M., Bahrawi, J.A., 2017, Spatial assessment of landfill sites based on remote sensing and GIS techniques in Thermi, Greece, *Desalination and Water Treatment*, 95, 395-401.
- Elhamdouni, D., Arioua, A., Elhmaidi, A., Aba, B., Mansour, D., Karaoui, I., Ouhamchich, K.A., 2017, Geomatics tools and AHP method use for a suitable communal landfill site: Case study of Khenifra region-Morocco, *Journal of Materials and Environmental Science*, 8, 10, 3612-3624.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ersoy, H., Bulut, F., 2009, Spatial and multi-criteria decision analysis-based methodology for landfill site selection in growing urban regions, *Waste Management and Research*, 27, 5, 489-500.
- Eskandari, M., Homaei, M., Mahmodi, S., 2012, An integrated multi criteria approach for landfill siting in a conflicting environmental, economic and socio-cultural area, *Waste Management*, 32, 8, 1528-1538.
- Fahmi, A., Kahraman, C., Bilen Ü., 2016, ELECTRE I method using hesitant linguistic term sets: an application to supplier selection, *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 9, 153-167.
- Feo, D.G., Gisi, D.S., 2014, Using MCDA and GIS for hazardous waste landfill siting considering land scarcity for waste disposal, *Waste Management*, 34, 11, 2225-2238.
- Feizizadeh, B., Roodposhti, M.S., Jankowski, P., Blaschke, T., 2014, A GIS-based extended fuzzy multi-criteria evaluation for landslide susceptibility mapping, *Computers and Geosciences*, 73, 208-221.
- Fernández, D.S., Lutz, M.A., 2010, Urban flood hazard zoning in Tucumán Province, Argentina, using GIS and multi-criteria decision analysis, *Engineering Geology*, 111, 90-98.
- Foroughian, A., Eslami, H., 2015, Application of AHP and GIS for landfill site selection (A case study: city of Susa), *Journal of Scientific Research and Development*, 2, 5, 129-134.
- Gbanie, S.P., Tengbe, P.B., Momoh, J.S., Medo, J., Kabba, V.T.S., 2013, Modelling landfill location using geographic information systems (GIS) and multi-criteria decision analysis (MCDA): Case study Bo, Southern Sierra Leone, *Applied Geography*, 36, 3-12.
- Gemitzi, A., Tsihrintzis, V.A., Voudrias, E., Petalas, C., Stravodimos, G., 2007, Combining geographic information system, multi-criteria evaluation techniques and fuzzy logic in siting MSW landfills, *Environmental Geology*, 51, 5, 797-811.
- Geneletti, D., 2010, Combining stakeholder analysis and spatial multi-criteria evaluation to select and rank inert landfill sites, *Waste Management*, 30, 2, 328-337.
- Gigović, L., Pamučar, D., Lukic, D., Markovic, S., 2016, GIS-Fuzzy DEMATEL MCDA model for the evaluation of the sites for ecotourism development: A case study of “Dunavski ključ” region, Serbia, *Land Use Policy*, 8, 348-365.
- Gigović, L., Pamučar, D., Božanić, D., Ljubojević, S., 2017, Application of the GIS-DANP-MABAC multi-criteria model for selecting the location of wind farms: A case study of Vojvodina, Serbia, *Renewable Energy*, 103, 501-521.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Goe, M., Gaustad, G., Tomaszewski, B., 2015, System tradeoffs in siting a solar photovoltaic material recovery infrastructure, *Journal of Environmental Management*, 160, 154-166.
- Gómez-Delgado, M., Tarantola, S., 2006, Global sensitivity analysis, GIS and multi-criteria evaluation for a sustainable planning of a hazardous waste disposal site in Spain, *International Journal of Geographical Information Science*, 20, 4, 449-466.
- Goodchild, M.F., 2009, Geographic information system, In *Encyclopedia of Database Systems*, Springer, Boston, MA., p.1231-1236.
- Gorsevski, P.V., Donevska, K.R., Mitrovski, C.D., Frizado, J.P., 2012, Integrating multi-criteria evaluation techniques with geographic information systems for landfill site selection: A case study using ordered weighted average, *Waste Management*, 32, 2, 287-296.
- Guiqin, W., Li, Q., Guoxue, L., Lijun, C., 2009, Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China, *Journal of Environmental Management*, 90, 8, 2414-2421.
- Hakimi, S.L., 1964, Optimum location of switching centers and the absolute centers and medians of a graph, *Operations Research*, 12, 3, 450-459.
- Hamzeh, M., Abbaspour, R.A., Davalou, R., 2015, Raster-based outranking method: a new approach for municipal solid waste landfill (MSW) siting, *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 16, 12511-12524.
- Hanine, M., Boutkhoul, O., Tikniouine, A., Agouti, T., 2017, An application of OLAP/GIS-Fuzzy AHP-TOPSIS methodology for decision making: Location selection for landfill of industrial wastes as a case study, *KSCE Journal of Civil Engineering*, 21, 6, 2074-2084.
- Hwang C.L., Yoon, K., 1981, *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications A State-of-the-Art Survey*, Springer-Verlag, New York.
- Ismail, S.N.S., 2016, Landfill site selection model using an integrated approach of GIS and multi criteria decision analysis (MCDA): Example of Selangor, Malaysia, *Asian Journal of Earth Sciences*, 10, 1-8.
- Issa, S., Saleous, N., Shehhi, B.A., 2014, Assessing landfill locations for waste management for the city of Abu Dhabi using GIS, *The Arab World Geographer*, 17, 2, 127-149.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Jafari, H.R., Raffei, Y., Ramezani, M.M., Nasiri, H., 2012, Urban landfill site selection using AHP and SAW in GIS environment (Case study: Kohkiluyeh-o-Boyer-Ahmad Province, Iran), *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 23, 4, 267-278.
- Jamshidi, A., Jahandizi, E.K., Moshtaghi, M., Monavari, S.M., Tajziehchi, S., Hashemi, A., Jamshidi, M., Allahgholi, L., 2015, Landfill site selection: A basis toward achieving sustainable waste management, *Polish Journal of Environmental Studies*, 24, 3, 1021-1029.
- Jeong, Y.K., Song, M., Ding, Y., 2014, Content-based author co-citation analysis, *Journal of Informetrics*, 8, 1, 197-211.
- Jordá-Borrell, R., Ruiz-Rodríguez, F., Lucendo-Monedero, Á.L., 2014, Factor analysis and geographic information system for determining probability areas of presence of illegal landfills, *Ecological Indicators*, 37, 151-160.
- Kahraman C., Cebeci U., Ulukan Z., 2003, Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP, *Logistics Information Management*, 16, 6, 382-394.
- Kahraman, C., Öztayşı, B., Onar, S.Ç., 2014, A multicriteria supplier selection model using hesitant fuzzy linguistic term sets, In *Decision Making and Soft Computing: Proceedings of the 11th International FLINS Conference*, 36-41.
- Kahvand, M., Gheitarani, N., Hanian, M.K., Ghadarjam, R., 2015, Urban solid waste landfill selection by SDSS, Case study: Hamadan, *Environment Protection Engineering*, 41, 2, 47-56.
- Kara, C., Doratli, N., 2012, Application of GIS/AHP in siting sanitary landfill: A case study in Northern Cyprus, *Waste Management and Research*, 30, 9, 966-980.
- Karaşahin, M., Terzi, S., 2003, Coğrafi bilgi sistemleri ile Isparta-Antalya-Burdur karayolunun kara nokta analizi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9, 3, 305-311.
- Kariv, O., Hakimi, S.L., 1979, An algorithmic approach to network location problems. II: The p-medians, *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 37, 3, 539-560.
- Khan, D., Samadder, S.R., 2015, A simplified multi-criteria evaluation model for landfill site ranking and selection based on AHP and GIS, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 23, 4, 267-278.
- Khan, M.M.U.H., Vaezi, M., Kumar, A., 2018, Optimal siting of solid waste-to-value-added facilities through a GIS-based assessment, *Science of The Total Environment*, 610, 1065-1075.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Khanlari, G., Abdilor, Y., Babazadeh, R., Mohebi, Y., 2012, Land fill site selection for municipal solid waste management using GSI method, Malayer, Iran, *Advances in Environmental Biology*, 6, 2, 886-894.
- Kharlamova, M.D., Mada, S.Y., Grachev, V.A., 2016, Landfills: problems, solutions and decision-making of waste disposal in Harare, Zimbabwe, *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 13, 307-318.
- Khodaparast, M., Rajabi, A.M., Edalat, A., 2018, Municipal solid waste landfill siting by using GIS and analytical hierarchy process (AHP): A case study in Qom city, Iran, *Environmental Earth Sciences*, 77, 52, 1-12.
- Kim, H.Y., Choi, Y., Kim, H., Oh, S.H., 2016, Planning for the suitable? Land use suitability and social and ecological factors for locating a new hazardous facility, *KSCE Journal of Civil Engineering*, 20, 1, 359-366.
- Kontos, T.D., Komilis, D.P., Halvadakis, C.P., 2005, Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology, *Waste Management*, 25, 818-832.
- Köse, E.T., Karakaya, N., Aslan, R. G., 2011, Cost of solid waste management: a case of bolu, *Journal of Engineering and Natural Sciences*, 3, 126-131.
- Küçükönder, M., Karabulut, M., 2007, Çok kriterli analiz yöntemi kullanılarak kahramanmaraş'ta çöp depolama alanı tespiti, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5, 2, 55-76.
- Li, X., Feng, L., 2012, Multivariate and geostatistical analyzes of metals in urban soil of Weinan industrial areas, Northwest of China, *Atmospheric Environment*, 47, 58-65.
- Liao, H., Xu, Z., Zeng, X.J., 2015, Hesitant Fuzzy Linguistic VIKOR Method and Its Application in Qualitative Multiple Criteria Decision Making, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 23, 1343-1355.
- Luo, W., Wang, F., 2003, Measures of spatial accessibility to health care in a GIS environment: synthesis and a case study in the Chicago region, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 30, 6, 865-884.
- Mahini, S.A., Gholamalifard, M., 2006, Siting MSW landfills with a weighted linear combination methodology in a GIS environment, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 3, 4, 435-445.
- Mahmood, K., Batool, S.A., Chaudhary, M.N., Ul-Haq, Z., 2017, Ranking criteria for assessment of municipal solid waste dumping sites, *Archives of Environmental Protection*, 43, 1, 95-105.
- Malczewski, J., 2006, GIS-based multi-criteria decision analysis: a survey of the literature, *International Journal of Geographical Information Science*, 10, 7, 703-726.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Malczewski, J., Rinner, C., 2015, Multicriteria decision analysis in geographic information science. New York: Springer.
- Mallawaarachchi, T., Walker, P.A., Young, M.D., Smyth, R.E., Lynch, H.S., Dudgeon, G., 1996, GIS-based integrated modelling systems for natural resource management, *Agricultural Systems*, 50, 2, 169-189.
- Maris, N.M.N., Mansor, S., Shafri, H.Z.M., Apicultural site zonation using GIS and multi-criteria decision analysis, *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 31, 2, 147-162.
- Melo, A.L., Calijuri, M.L., Duarte, I.C., Azevedo, R.F., Lorentz, J.F., 2006, Strategic decision analysis for selection of landfill sites, *Journal of Surveying Engineering*, 132, 83-92.
- Mianabadi, H., Sheikhmohammady, M., Mostert, E., Van de Giesen, N., 2014, Application of the ordered weighted averaging (OWA) method to the Caspian Sea conflict, *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 28, 6, 1359-1372.
- Mulaku, G.C., Nyadimo, E., 2011, GIS in education planning: the Kenyan school mapping project, *Survey Review*, 43, 323, 567-578.
- Moeinaddini, M., Khorasani, N., Danehkar, A., Darvishsefat, A.A., Zienalyan, M., 2010, Siting MSW landfill using weighted linear combination and analytical hierarchy process (AHP) methodology in GIS environment (case study: Karaj), *Waste Management*, 30, 5, 912-920.
- Morrissey, A.J., Browne, J., 2004, Waste management models and their application to sustainable waste management, *Waste Management*, 24, 297-308.
- Motlagh, Z.K., Sayadi, M.H., 2015, Siting MSW landfills using MCE methodology in GIS environment (Case study: Birjand plain, Iran), *Waste Management*, 46, 322-337.
- Nas, B., Cay, T., Iscan, F., Berkay, A., 2010, Selection of MSW landfill site for Konya, Turkey using GIS and multi-criteria evaluation, *Environmental Monitoring and Assessment*, 160, 1, 491-500.
- Nascimento, V.F., Yesiller, N., Clarke, K.C., Ometto, J.P.H.B., Andrade, P.R., Sobral, A.C., 2017, Modeling the environmental susceptibility of landfill sites in California, *GIScience and Remote Sensing*, 54, 5, 657-677.
- Nenkovic-Riznic, M., Maric, I., Pucar, M., 2016, GIS modeling and social-oriented multi-criteria evaluation in landfill site selection in rural areas-A case study of Serbian villages, *Fresenius Environmental Bulletin*, 25, 12, 5105-5112.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ohri, A., Singh, P.K., 2013, GIS based environmental decision support system for municipal landfill site selection, *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 24, 5, 583-598.
- Ouma, Y.O., Kipkorir, E.C., Tateishi, R., 2011, MCDA-GIS integrated approach for optimized landfill site selection for growing urban regions: An application of neighborhood-proximity analysis, *Annals of GIS*, 17, 1, 43-62.
- Ozcakar, N., Bastı, M., 2012, P-Medyan kuruluş yeri seçim probleminin çözümünde parçacık sürü optimizasyonu algoritması yaklaşımı, *Istanbul University Journal of the School of Business*, 41, 2, 241-257.
- Özceylan, E., Erbaş, M., Tolon, M., Kabak, M., Durgut, T., 2016, Evaluation of freight villages: A GIS-based multi-criteria decision analysis, *Computers in Industry*, 76, 38-52.
- Özçakar, N., Bastı, M., 2012, P-Medyan kuruluş yeri seçim probleminin çözümünde parçacık sürü optimizasyonu algoritması yaklaşımı, *Istanbul University Journal of the School of Business*, 41, 2, 241-257.
- Pandey, P.C., Sharma, L.K., Nathawat, M.S., 2012, Geospatial strategy for sustainable management of municipal solid waste for growing urban environment, *Environmental Monitoring and Assessment*, 184, 4, 2419-2431.
- Rahmat, Z.G., Niri, M.V., Alavi, N., Goudarzi, G., Babaei, A.A., Baboli, Z., Hosseinzadeh, M., 2017, Landfill site selection using GIS and AHP: A case study: Behbahan, Iran, *KSCE Journal of Civil Engineering*, 21, 1, 111-118.
- Reese, J., 2006, Solution methods for the p-median problem: an annotated bibliography, *Networks*, 48, 3, 125-142.
- Rodríguez, R.M., Martinez, L., Herrera, F., 2012, Hesitant fuzzy linguistic term sets for decision making, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 20, 109-118.
- Rodríguez R.M., Martinez, L., Herrera, F., 2013, A group decision making model dealing with comparative linguistic expressions based on hesitant fuzzy linguistic term sets, *Information Sciences*, 241, 28-42
- Rolland, E., Schilling, D.A., Current, J.R., 1996, An efficient tabu search procedure for the p-median problem, *European Journal of Operational*, 96, 2, 329-342.
- Saaty, T.L., 1980, *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York.
- Saaty, T.L., 1996, *Decision making with dependence and feedback: The analytic network process*, RWS Publications, Pittsburgh, p.24-29.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Sadek, S., El-Fadel, M., Freiha, F., 2006, Compliance factors within a GIS-based framework for landfill siting, *International Journal of Environmental Studies*, 63, 1, 71-86.
- Saeed, M.O., Ahamad, M.S.S., Aziz, H.A., Ahmad, S.Z., 2012, An integrated AHP-GIS technique for landfill siting: A case study in Malaysia, *Kuwait Journal of Science and Engineering*, 39, 2B, 23-46.
- Samiullah, Atta-Ur-Rahman, Shah, S.A.A., Khan, Z., Nawaz, S., 2016, Identification of suitable sites for solid waste disposal using gis multi-criteria analysis in Peshawar, Pakistan, *Pakistan Academy of Sciences*, 53, 4, 309-321.
- Sánchez-Lozano, J.M., García-Cascales, M.S., Lamata, M.T., 2014, Comparative TOPSIS-ELECTRE TRI methods for optimal sites for photovoltaic solar farms. Case study in Spain, *Journal of Cleaner Production*, 127, 387-398.
- Sarptas, H., Alpaslan, N., Dolgen, D., 2005, GIS supported solid waste management in coastal areas, *Water Science and Technology*, 51, 11, 213-220.
- Selçuk, İ.A., 2014, Şehir planlamada nüfus kavramı ve tahmininde kullanılan matematiksel yöntemler, *Artium Mimarlık Planlama Sanat ve Tasarım*, 2, 2, 191-206.
- Sener, S., Şener, E., Nas, B., Karagüzel, R., 2010, Combining AHP with GIS for landfill site selection: A case study in the Lake Beyşehir catchment area (Konya, Turkey), *Waste Management*, 30, 2037-2046.
- Sener, S., Sener, E., Karagüzel, R., 2011, Solid waste disposal site selection with GIS and AHP methodology: a case study in Senirkent-Uluborlu (Isparta) Basin, Turkey, *Environmental Monitoring and Assessment*, 173, 1-4, 533-554.
- Shahabi, H., Keihanfard, S., Ahmad, B.B., Amiri, M.J.T., 2014, Evaluating Boolean, AHP and WLC methods for the selection of waste landfill sites using GIS and satellite images, *Environmental Earth Sciences*, 71, 9, 4221-4233.
- Sharifi, M., Hadidi, M., Vessali, E., Mosstafakhani, P., Taheri, K., Shahoie, S., Khodamoradpour, M., 2009, Integrating multi-criteria decision analysis for a GIS-based hazardous waste landfill sitting in Kurdistan Province, Western Iran, *Waste Management*, 29, 10, 2740-2758.
- Soroudi, M., Omrani, G., Moataar, F., Jozi, S.A., 2018, Modelling an integrated fuzzy logic and multi-criteria approach for land capability assessment for optimized municipal solid waste landfill siting yeast, *Polish Journal of Environmental Studies*, 27, 1, 313-323.
- Sumathi, V.R., Natesan, U., Sarkar, C., 2008, GIS-based approach for optimized siting of municipal solid waste landfill, *Waste Management*, 28, 11, 2146-2160.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Teixeira, J.C., Antunes, A.P., 2008, A hierarchical location model for public facility planning. *European Journal of Operational Research*, 185, 1, 92-104.
- Torra, V., 2010, Hesitant fuzzy sets, *International Journal of Intelligent Systems*, 25, 529-539.
- Torabi-Kaveh, M., Babazadeh, R., Mohammadi, S.D., Zaresefat, M., 2016, Landfill site selection using combination of GIS and fuzzy AHP, a case study: Iranshahr, Iran, *Waste Management and Research*, 34, 5, 438-448.
- Töreyn, G., Özdemir, İ., Kurt, T., 2010, ArcGIS 10 desktop uygulama dokümanı, İşlem Şirketler Grubu Eğitim Dökümanları.
- Tran, P., Shaw, R., Chantry, G., Norton, J., 2009, GIS and local knowledge in disaster management: a case study of flood risk mapping in Viet Nam, *Disasters*, 33, 1, 152-169.
- Tüysüz, F., Şimşek, B., 2017, A hesitant fuzzy linguistic term sets-based AHP approach for analyzing the performance evaluation factors: An application to cargo sector, *Complex and Intelligent Systems*, 3, 3, 167-175.
- Tzeng, G.H., Huang, J.J., 2011, Multiple attribute decision making: methods and applications, Chapman and Hall/CRC.
- United Nations, 1952, Manual I: Methods for estimating total population for current dates, <http://www.un.org/esa/population/techcoop/DemEst/manual1/manual1.html>, erişim tarihi: 10.09.2018.
- Uyan, M., 2014, MSW landfill site selection by combining AHP with GIS for Konya, Turkey, *Environmental Earth Sciences*, 71, 4, 1629-1639.
- Uzun, S., Kazan, H., 2016, Çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP TOPSIS ve PROMETHEE karşılaştırılması: Gemi inşada ana makine seçimi uygulaması, *Journal of Transportation and Logistics*, 1, 1, 99-113.
- Vahidnia, M.H., Alesheikh, A.A., Alimohammadi, A., 2009, Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives, *Journal of Environmental Management*, 90, 10, 3048-3056.
- Waddell, P., 2002, UrbanSim: Modeling urban development for land use, transportation, and environmental planning, *Journal of the American Planning Association*, 68, 3, 297-314.
- Wang, Y.Q., 2014, MeteoInfo: GIS software for meteorological data visualization and analysis, *Meteorological Applications*, 21, 2, 360-368.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Xiang, W.N., 1996, GIS-based riparian buffer analysis: injecting geographic information into landscape planning, *Landscape and Urban Planning*, 34, 1, 1-10.
- Yal, G.P., Akgün, H., 2013, Landfill site selection and landfill liner design for Ankara, Turkey, *Environmental Earth Sciences*, 70, 6, 2729-2752.
- Yal, G.P., Akgün, H., 2014, Landfill site selection utilizing TOPSIS methodology and clay liner geotechnical characterization: a case study for Ankara, Turkey, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 73, 2, 369-388.
- Yavuz, M., Oztaysi, B., Onar, S.C., Kahraman, C., 2015, Multi-criteria evaluation of alternative-fuel vehicles via a hierarchical hesitant fuzzy linguistic model, *Expert Systems with Applications*, 42, 5, 2835-2848.
- Yesilnacar, M.I., Süzen, M.L., Kaya, B.Ş., Doyuran, V., 2012, Municipal solid waste landfill site selection for the city of Şanlıurfa-Turkey: an example using MCDA integrated with GIS, *International Journal of Digital Earth*, 5, 2, 147-164.
- Yomralıoğlu, T., 2005, Coğrafi bilgi sistemleri: Temel kavramlar ve uygulamalar, Güven Kitap Yayın Dağıtım.
- Yıldırım, B.F., Önder, E., 2014, Çok kriterli karar verme yöntemleri, Bursa, Dora Yayıncılık.
- Yılmaz, A., Bozkurt, Y., 2010, Türkiye’de kentsel katı atık yönetimi uygulamaları ve Kütahya Katı Atık Birliği (KÜKAB) örneği, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15, 1, 11-28.
- Yıldırım, V., 2012, Application of raster-based GIS techniques in the siting of landfills in Trabzon Province, Turkey: a case study, *Waste Management and Research*, 30, 9, 949-960.
- Yıldırım, Ü., Güler, C., 2016, Identification of suitable future municipal solid waste disposal sites for the Metropolitan Mersin (SE Turkey) using AHP and GIS techniques, *Environmental Earth Sciences*, 75, 101, 1-16.
- Zamorano, M., Molero, E., Hurtado, A., Grindlay, A., Ramos, A., 2008, Evaluation of a municipal landfill site in Southern Spain with GIS-aided methodology, *Journal of Hazardous Materials*, 160, 473-481.
- Zanjani, J.A., Rezaei, M., 2017, Landfill site selection using combination of fuzzy logic and multi-attribute decision-making approach, *Environmental Earth Sciences*, 76, 448, 1-14.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Zhang, J., Su, Y., Wu, J., Liang, H., 2015, GIS based land suitability assessment for tobacco production using AHP and fuzzy set in Shandong province of China, Computers and Electronics in Agriculture, 114, 202-211.
- Zhu, A.X., Hudson, B., Burt, J., Lubich, K., Simonson, D., 2001, Soil mapping using GIS, expert knowledge, and fuzzy logic, Soil Science Society of America Journal, 65, 5, 1463-1472.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Barış ÖZKAN
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Samsun, 26.08.1983
Telefon : +90 505 5621702
E-posta : baris.ozkan@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, il	Bitirme Yılı
Lisans	: Selçuk Üniversitesi, Konya	2003-2007
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi, Konya	2007-2010
Doktora	: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir	Devam

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2007-2008	Kobi Enerji Danışmanlık	Proje Danışmanı
2008-2009	Serin Otomotiv	Üretim Planlama, ARGE ve Belgelendirme
2009-2014	Bakimliyiz.com	Kurucu
2014-devam	19 Mayıs Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

UZMANLIK ALANI

Karar Analizi, Coğrafi Bilgi Sistemi, Tesis Yeri Seçimi, Arama Motoru Optimizasyonu.

YABANCI DİL

İngilizce.