

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**AKILLI ŞEHİR UYGULAMALARI İÇİN CBS TABANLI
YER SEÇİM ANALİZLERİ: KAYSERİ ÖRNEĞİ**

**Hazırlayan
Tuğrul URFALI**

**Danışman
Prof. Dr. Abdurrahman EYMEN**

Yüksek Lisans Tezi

**Nisan 2019
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**AKILLI ŞEHİR UYGULAMALARI İÇİN CBS TABANLI
YER SEÇİM ANALİZLERİ: KAYSERİ ÖRNEĞİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Hazırlayan
Tuğrul URFALI**

**Danışman
Prof. Dr. Abdurrahman EYMEN**

**Bu çalışma, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
Tarafından FYL-2018- 7802 kodlu proje ile desteklenmiştir.**

**Nisan 2019
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.



Tuğrul URFALI

“Akıllı Şehir Uygulamaları İçin CBS Tabanlı Yer Seçim Analizleri: Kayseri Örneği” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.



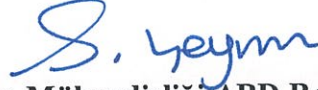
Hazırlayan

Tuğrul URFALI



Danışman

Prof. Dr. Abdurrahman EYMEN



Harita Mühendisliği ABD Başkanı

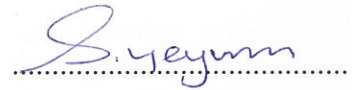
Prof. Dr. Abdurrahman EYMEN

Prof. Dr. Abdurrahman EYMEN danışmanlığında **Tuğrul URFALI** tarafından hazırlanan “**Akıllı Şehir Uygulamaları İçin CBS Tabanlı Yer Seçim Analizleri: Kayseri Örneği**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Harita Mühendisliği** Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

29 / 04 / 2019

JÜRİ:

Danışman : Prof. Dr. Abdurrahman EYMEN



Üye : Dr. Öğr. Üyesi Tuba KURBAN



Üye : Prof. Dr. Tayfun ÇAY

**ONAY:**

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 07/05/2019 tarih ve 2019/29-06 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Bana çalışmalarım süresince her türlü yardımı ve fedakârlığı sağlayan, bu tezin ortaya çıkarılmasında sağlamış oldukları büyük moralle aslında en büyük desteği vermiş olan başta çok kıymetli annem olmak üzere tüm aileme sevgilerimi sunarım.

Kayseri Büyükşehir Belediyesindeki çalışma arkadaşlarıma desteklerinden dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca verdiği destekten dolayı abim Öğretim Görevlisi Çağrı URFALI'ya teşekkür ederim.

Sevgili dostum Şehir Plancısı Ertuğrul YILMAZ 'a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasına maddi destek veren Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje No: FYL-2018-7802) teşekkür ederim.

Üniversite yaşamım boyunca üzerimde emeği olan tüm hocalarıma; çalışmam süresince, desteğini, hoşgörüsünü, ilgisini esirgemeyen ve bu süre boyunca çok değerli zamanını bana ayıran danışman hocam Sayın Prof. Dr. Abdurrahman EYMEN 'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tuğrul URFALI

Nisan 2019, KAYSERİ

AKILLI ŞEHİR UYGULAMALARI İÇİN CBS TABANLI YER SEÇİM ANALİZLERİ: KAYSERİ ÖRNEĞİ

Tuğrul URFALI

**Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Nisan 2019**

Danışman: Prof. Dr. Abdurrahman EYMEN

ÖZET

Kentleşme süreci, dünya çapında eşi benzeri olmayan bir ölçekte gerçekleşmektedir. Kentlerde artan nüfus; enerji ihtiyacı, çevre sorunları ve ulaşım problemlerini de beraberinde getirmektedir. Kentsel büyümenin getireceği bu karmaşıklığı yönetmek ve yaşam kalitesini artırmak için yeni çözümler bulmak gerekmektedir. Geliştirilen teknolojilerin büyüyen şehirlere entegrasyonu sayesinde sorunlarından kurtulan akıllı şehirler son yıllarda popüler hale gelmiştir. Bu da akıllı yönetim ve kentlerin akıllı planlanması için akademik araştırma ve pratik alanlarda bu konunun ele alınmasını sağlıyor. Akıllı bir şehrin öncelikle mekânsal olarak da etkin olması gerekmektedir. Bu sebeple hem akıllı şehir uygulamalarından üst düzeyde yararlanmak hem de ekonomik olarak yüksek bütçeli olan bu yatırımlardan yüksek verim elde edebilmek için bu yatırımların uygun ve ihtiyaç olan alanlara yapılması maliyet ve geri kazanım açısından son derece önemlidir. Bu çalışma akıllı şehir konusunda karar vericilerin yapacağı planlama ve yatırımlarda daha sağlıklı karar almalarına yardımcı olacaktır.

Bu tez kapsamında akıllı şehirlerin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile yönetilip geliştirilmesi gerektiği savunularak, CBS'nin akıllı şehirler oluşturmak için karar vermeyi destekleyici yönü ortaya konacaktır. Ayrıca bu çalışmada "akıllı şehir" kavramı ve akıllı şehirlerin CBS ile olan ilişkisi incelenerek, Kayseri ili ölçeğinde rüzgâr enerji santralleri (RES), katı atık depolama alanları ve akıllı kavşak gibi akıllı şehir uygulamalarının yer seçiminde CBS analizleri ve çok kriterli karar verme (ÇKKV) teknikleri ile en uygun yer seçimlerinin yapılması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Şehir, CBS, Çok Kriterli Karar Verme, Rüzgâr Enerji Santralleri, Katı Atık Depolama, Akıllı Kavşak, Kayseri

**BASED OF GIS FOR SMART CITY APPLICATIONS PLACE SELECTION
ANALYSIS: A CASE STUDY KAYSERİ**

Tuğrul URFALI

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master Thesis, April 2019

Supervisor: Prof. Dr. Abdurrahman EYMEN

ABSTRACT

Urbanization process occurs unprecedentedly all round the world. Increase in population accompanies energy need, environmental issues and transportation problems. In order to manage urban growth which causes complication and to enhance the quality of life, we need to find new solutions. During the recent years, smart cities which solve their problems become popular thanks to integration between reformed technology and expanding cities. Therefore it provides that smart management and planning smart cities should be discussed in the area of academical search and practice implementation. Primarily, it requires that smart city should be effective spatially. Due to these reasons, to have an investment to the area of requirement properly is extremely important with regard to cost and recovery in order to benefit from smart city applications ultimately and also to achieve high efficiency from this high budget investment. This study will help decision-makers in planning and investments.

In this thesis, it is supported the management and improvement of smart cities with Geographic Information Systems (GIS) and it is presented promotive aspect to create smart cities. In this study, the concept of smart city and the relationship between smart cities and GIS will be investigated. Otherwise, with GIS analysis and multi criteria decision making techniques, aim to make the most appropriate location choices in the selection of smart city applications such as wind energy plants (WEP), solid waste storage areas and smart intersection in Kayseri province scale.

Keywords: Smart City, GIS, Multi Criteria Decision Analysis, Wind Energy Plants (WEP), Solid Waste Landfill, Smart Intersection, Kayseri

İÇİNDEKİLER

AKILLI ŞEHİR UYGULAMALARI İÇİN CBS TABANLI YER SEÇİM ANALİZLERİ: KAYSERİ ÖRNEĞİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI	ii
KABUL ONAY	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	xii
TABLolar LİSTESİ	xviii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii

GİRİŞ	1
-------------	---

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Problemin Tanımı ve Çalışmanın Amacı	4
1.2. Akıllı Şehir Nedir?	5
1.2.1. Akıllı Şehirlerin Tarihçesi	8
1.2.2. Neden Akıllı Şehirler?	8
1.2.3. Akıllı Şehir Yaklaşımı İle Hedeflenenler	9
1.2.4. Akıllı Şehir Kazanımları	11
1.2.5. Akıllı Şehir Bileşenleri ve Göstergeler	12
1.2.6. Akıllı Şehir Uygulamaları	15

1.2.7. Gelecekte Akıllı Şehirler Ve Harita Mühendisliğinin Rolü.....	16
1.2.8. Türkiye'de ve Dünya'da Akıllı Şehirler	17
1.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Temel Kavramlar	18
1.3.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bileşenleri.....	19
1.3.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanım Alanları	22
1.3.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kazanımları	23
1.3.4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Veri Modelleri Ve Analizler	24
1.3.5. Karar Verme Analizleri.....	26
1.4. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Akıllı Şehirlerdeki Rolü Ve Önemi.....	27
1.5. Coğrafi Bilgi Sistemi ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri.....	29
1.5.1. Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP)	30

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Yöntem	33
2.2. Materyal.....	36
2.2.1. Çalışma Alanı.....	36

3. BÖLÜM

KAYSERİ İLİ KATI ATIK DEPOLAMA ALANI İÇİN UYGUN ALAN TESPİTİ

3.1. Akıllı Çevre	44
3.1.1 Katı Atık Depolama Alanları	44
3.2. Katı Atık Depolama Yer Seçimi İçin Kriterlerin Belirlenmesi.....	46
3.2.1. ArcGIS Analizler ve Gerekli İşlem Adımları	48
3.2.2. Tampon (Buffer) Alanlarının Belirlenmesi.....	50
3.2.3. Yeniden Sınıflandırma (Reclassify)	51
3.3. Katı Atık Depolama Tesisi Yer Seçimine Etki Eden Faktörler	51
3.3.1. Arazi Kullanımı	51
3.3.2. Nüfus Yoğunluğu	53

3.3.3. Yerleşim Merkezine Uzaklık	55
3.3.4. Karayollarına Uzaklık	57
3.3.5. Korunan Alanlara Uzaklık.....	58
3.3.6. Havaalanına Uzaklık.....	60
3.3.7. Yüzey Sularına Uzaklık	62
3.3.8. Mesire Alanlarına Uzaklık	63
3.3.9. Eğitim.....	65
3.4. AHP Yöntemiyle Kriterlerin Ağırlık Değerlerinin Hesaplanması ve Tutarlılık Oranı Hesabı.....	67
3.4.1. AHP Yöntemi İçin Kriter Matrisinin Oluşturulması	67
3.4.2. Kriter Matrisine Göre Ağırlık Hesabı.....	69
3.4.3. AHP Modellerinde Tutarlılığın Test Edilmesi.....	69
3.4.4. AHP Yöntemi İle Hesaplanan Ağırlık Değerleri.....	70
3.4.5. Kayseri İçin Alternatif Katı Atık Depolama Tesisi Yer Seçimi	73

4. BÖLÜM

KAYSERİ İLİ RÜZGAR ENERJİ SANTRALLERİ İÇİN UYGUN ALAN TESPİTİ

4.1. Akıllı Enerji	77
4.1.1. Rüzgar Enerji Santralleri (RES).....	77
4.2. Rüzgâr Enerji Santralleri Yer Seçimi İçin Kriterlerin Belirlenmesi	79
4.2.1. Analizler ve Gerekli İşlem Adımları.....	81
4.2.2. Öklid Mesafesi (Euclidean Distance) İşlemi	82
4.2.3. Yeniden Sınıflandırma (Reclassify)	83
4.3. Rüzgâr Enerji Santrali Yer Seçimine Etki Eden Faktörler	84
4.3.1. RES için Rüzgâr Hızı Kriteri	84
4.3.2. RES İçin Rüzgâr Kapasite Faktörü Kriteri.....	87
4.3.3. RES İçin Enerji Nakil Hatlarına Uzaklık Kriteri	90
4.3.4. RES İçin Trafo Merkezlerine Uzaklık Kriteri.....	91

4.3.5. RES için Pürüzlülük Kriteri.....	93
4.3.6. RES İçin Ana Yola Uzaklık Kriteri	95
4.3.7. RES İçin Arazi Kullanımı Kriteri.....	96
4.3.8. RES İçin Yükseklik Kriteri	98
4.3.9. RES İçin Eğim Kriteri	99
4.3.10. RES İçin Yerleşim Merkezine Uzaklık Kriteri.....	100
4.3.11. RES İçin Havaalanına Uzaklık Kriteri	101
4.3.12. RES İçin Korunacak Alanlara Uzaklık Kriteri.....	102
4.3.13. RES İçin Yüzey Sularına Uzaklık Kriteri.....	103
4.4. RES İçin AHP Yöntemiyle Kriterlerin Ağırlık Değerlerinin Hesaplanması ve Tutarlılık Oranı Hesabı	105
4.4.1. AHP Yöntemi İçin Kriter Matrisinin Oluşturulması	105
4.4.2. Kriter Matrisine Göre Ağırlık Hesabı Ve Tutarlılık Oranı	107
4.4.3. AHP Yöntemi İle Hesaplanan Ağırlık Değerleri.....	108
4.4.4. Kayseri İçin Alternatif RES Yer Seçimi.....	110

5. BÖLÜM

KAYSERİ İLİ AKILLI KAVŞAK UYGULAMASI İÇİN UYGUN KAVŞAKLARIN TESPİTİ

5.1. Akıllı Ulaşım	114
5.1.1. Akıllı Kavşak.....	114
5.2. Akıllı Kavşak Uygulaması İçin Çalışma Alanı Ve Kriterlerin Belirlenmesi ..	116
5.2.1. ArcGIS Analizler ve Gerekli İşlem Adımları	120
5.3. Akıllı Kavşak Yer Seçimine Etki Eden Faktörler.....	120
5.3.1. Kavşaklarda Meydana Gelen Kaza Sayısı	120
5.3.2 Kavşaklardan Sabah ve Akşam Geçen Araç Sayısı	122
5.3.3. Fiber Hatlara Uzaklık.....	127
5.3.4. Omurga Kabinlere Uzaklık	129

5.4. Akıllı Kavşak Uygulaması İçin AHP Yöntemiyle Kriterlerin Ağırlık Değerlerinin Hesaplanması ve Tutarlılık Oranı Hesabı.....	131
5.4.1. AHP Yöntemi İçin Kriter Matrisinin Oluşturulması	131
5.4.2. Kriter Matrisine Göre Ağırlık Hesabı Ve Tutarlılık Oranı	133
5.4.3. AHP Yöntemi İle Hesaplanan Ağırlık Değerleri	134
5.4.4. Kayseri İçin Alternatif Akıllı Kavşak noktaları Yer Seçimi	135

6. BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER

6.1. Sonuç ve Öneriler	138
KAYNAKÇA	142
ÖZGEÇMİŞ.....	147

KISALTMALAR

AHP	: Analitik Hiyerarşı Prosesi
AR-GE	: Araştırma Geliştirme
BİT	: Bilgi İletişim Teknolojileri
BSI	: Bristish Standards Institute
BT	: Bilgi Teknolojileri
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CR	: Tutarlılık oranının hesaplanması
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
ÇÖKA	: Çok Ölçütlü Karar Analizi
IR	: Rassallık İndisi
ISO	: Uluslararası Standartlar Enstitüsü
ITU	: International Telecommunication Union
KBS	: Kent Bilgi Sistemleri
m	:Metre
MW	: MegaWatt
PAS	: Publicly Available Specification
REPA	: Rüzgâr Enerji Potansiyeli Atlası
RES	: Rüzgâr Enerji Santrali
SCW	: Smart Cities Wheel
UCLG	: Birleşmiş Şehirler ve Yerel Yönetimler
UNECE	: United Nations Economic Commision for Europe Information Unit
YEGM	:Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Akıllı Şehir Hedefleri.....	10
Şekil 1.2. Akıllı Şehir Bileşenleri	12
Şekil 1.3. ABD’de Teknolojilerin Kullanılması Hedeflenen Alanlar Anketi	15
Şekil 1.4. Coğrafi Verilerin Temsilen Örnek Geometri ve Öznitelikleri	20
Şekil 1.5. CBS'nin Temel Bileşenleri.....	21
Şekil 1.6. Vektör Veri Tipleri ve Birkaç Örnek.....	24
Şekil 1.7. Vektör Veri Tipindeki Bir Verinin Raster Veri Tipinde Görünümü	25
Şekil 1.8. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Yapılabilecek Analizlere Örnekler	25
Şekil 1.9. Akıllı Şehir Yapısı	28
Şekil 1.10. Konumsal Çok Ölçütlü Karar Analizi.....	30
Şekil 1.11. Analitik Hiyerarşi Modeli.....	30
Şekil 1.12. Konumsal Verilerde Ölçüt Ve Seçenekler.....	31
Şekil 2.1. İş Akış Şeması	34
Şekil 2.2. CBS İş Akış Şeması.....	35
Şekil 2.3. AHP İş Akış Şeması	36
Şekil 2.4. Kayseri İli Open Street Map Haritası	37
Şekil 2.5. Kayseri İli Uydu Görüntüsü.....	39
Şekil 2.6. Kayseri İli Yükseklik Haritası	39
Şekil 2.7. Kayseri İli Bakı Haritası	40
Şekil 2.8. Kayseri İli Nüfus Haritası	41
Şekil 3.1. Katı Atık Yönetimi	45
Şekil 3.2. Multiple Ring Buffer Ekran Görüntüsü	49
Şekil 3.3. Yerleşim Alanları Katmanı Tampon (Buffer) Alanları	49
Şekil 3.4. Poligondan Raster Hale Dönüştürme.....	50
Şekil 3.5. Yol Katmanı Tampon (Buffer) Alanı Raster Hali	50
Şekil 3.6. Yeniden Sınıflandırma İşlemi.....	51
Şekil 3.7. Kayseri İli Arazi Kullanım Haritası.....	52

Şekil 3.8. Arazi Kullanımı Yeniden Sınıflandırma Haritası	53
Şekil 3.9. Kayseri İli Nüfus Yoğunluğu Haritası	54
Şekil 3.10. Kayseri İli Nüfus Yoğunluğu Yeniden Sınıflandırma Haritası.....	55
Şekil 3.11. Kayseri İli Mahalle Yerleşim Merkezleri Haritası.....	55
Şekil 3.12. Yerleşim Merkezlerine Uzaklık Yeniden Sınıflandırma Haritası.....	56
Şekil 3.13. Kayseri İli Ana Yol Haritası	57
Şekil 3.14. Kayseri İli Ana Yol Yeniden Sınıflandırma Haritası.....	58
Şekil 3.15. Kayseri İli Korunan Alanlar Haritası.....	59
Şekil 3.16. Kayseri İli Korunan Alanlara Uzaklık Yeniden Sınıflandırma Haritası.....	60
Şekil 3.17. Kayseri İli Havaalanı Konum Haritası.....	60
Şekil 3.18. Havaalanına Uzaklık Yeniden Sınıflandırma Haritası.....	61
Şekil 3.19. Kayseri İli Yüzey Suları Haritası.....	62
Şekil 3.20. Kayseri İli Yüzey Suları Yeniden Sınıflandırma Haritası	63
Şekil 3.21. Kayseri İli Mesire Alanları Haritası.....	64
Şekil 3.22. Mesire Alanlarına Uzaklık Yeniden Sınıflandırma Haritası.....	65
Şekil 3.23. Kayseri İli Eğim Haritası	65
Şekil 3.24. Eğim Yeniden Sınıflandırma Haritası.....	66
Şekil 3.25. Kriter Ağırlıklarının Hesabı.....	69
Şekil 3.26. Tutarlılık Oranı Hesabı	70
Şekil 3.27. Weighted Overlay İle Ağırlıkların Girilmesi.....	72
Şekil 3.28. Weighted Overlay İle Derecelendirme	72
Şekil 3.29. Katı Atık İçin Kriter Haritaları Ve Sonuç Haritası	73
Şekil 3.30. Katı Atık Depolama Alanı Yer Seçimi İşlemi İçin Hazırlanan Model.....	74
Şekil 3.31. Kayseri İli Katı Atık Depolama Alanı İçin Uygunluk Haritası	75
Şekil 3.32. Weighted Overlay İşlem Sonucu Oluşan Lejant.....	75
Şekil 3.33. Kayseri İli Katı Atık Depolama Alanı İçin Uygunluk Yoğunluğu Haritası.....	76
Şekil 4.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	78
Şekil 4.2. Kayseri İli Uzun Yıllar Ortalama Rüzgâr Hızı Aylık Dağılımı.....	79

Şekil 4.3. Vektör Veriler İçin Öklid Mesafesi (Euclidean Distance) Uygulama	82
Şekil 4.4. Havaalanı İçin Öklid Mesafesi (Euclidean Distance) İşlemi	83
Şekil 4.5. Yeniden Sınıflandırma (Reclassify) İşlem Adımı.....	84
Şekil 4.6. Türkiye Rüzgâr Hız Dağılımı Haritası (50 m)	85
Şekil 4.7. Kayseri İli Rüzgâr Hız Dağılımı Haritası (50 m)	85
Şekil 4.8. Kayseri İli Rüzgâr Güç Yoğunluğu Dağılımı Haritası	86
Şekil 4.9. Rüzgâr Hızı Yeniden Sınıflandırma Haritası	87
Şekil 4.10. Rüzgâr Kapasitesi Faktörü Dağılımı 50 m	88
Şekil 4.11. Kayseri İli Rüzgâr Kapasite Faktörü Dağılımı Haritası.....	88
Şekil 4.12. Rüzgâr Kapasitesi Yeniden Sınıflandırma Haritası	89
Şekil 4.13. Enerji Nakil Hattı Güzergah Haritası.....	90
Şekil 4.14. Enerji Nakil Hatlarına Uzaklık Yeniden Sınıflandırma Haritası	91
Şekil 4.15. Trafo Merkez Noktaları Haritası.....	92
Şekil 4.16. Trafo Merkezlerine Uzaklık Yeniden Sınıflandırma Haritası	93
Şekil 4.17. Kayseri İli Pürüzlülük Haritası	94
Şekil 4.18. Pürüzlülük Yeniden Sınıflandırma Haritası.....	95
Şekil 4.19. Ana Yola Uzaklık Yeniden Sınıflandırma Haritası	96
Şekil 4.20. RES İçin Arazi Kullanımı Yeniden Sınıflandırma Haritası.....	97
Şekil 4.21. Kayseri İli RES İçin Yükseklik Yeniden Sınıflandırma Haritası	98
Şekil 4.22. Kayseri İli RES İçin Eğim Yeniden Sınıflandırma Haritası	99
Şekil 4.23. Kayseri İli RES İçin Yerleşim Uzaklık Yeniden Sınıflandırma Haritası.....	101
Şekil 4.24. Kayseri İli RES İçin Havaalanına Uzaklık Yeniden Sınıflandırma Haritası.....	102
Şekil 4.25. Kayseri İli RES İçin Korunacak Alanlar Yeniden Sınıflandırma Haritası.....	103
Şekil 4.26. Kayseri İli RES İçin Yüzey Suları Yeniden Sınıflandırma Haritası.....	104
Şekil 4.27. Kriter Ağırlıklarının Hesabı.....	107
Şekil 4.28. Tutarlılık Oranı Hesabı	107

Şekil 4.29. RES için Weighted Overlay ile Ağırlıkların Girilmesi.....	109
Şekil 4.30. RES İçin Kriter Haritaları Ve Sonuç Haritası.....	110
Şekil 4.31. RES Yer Seçimi İşlemi İçin Hazırlanan Model.....	111
Şekil 4.32. Kayseri İli RES Alanı Uygunluk Haritası.....	112
Şekil 4.33. Weighted Overlay Sonucu Oluşan Lejant	112
Şekil 4.34. Kayseri İli RES Alanı Uygunluk Yoğunluğu Haritası.....	113
Şekil 5.1. Akıllı Kavşak Modeli.....	115
Şekil 5.2. Akıllı Kavşak Çalışma alanı	117
Şekil 5.3. Google Trafik Yoğunluk Haritası	118
Şekil 5.4. Google Trafik Yoğunluk Haritası	118
Şekil 5.5. Mevcut Numaralandırılmış Kavşak Noktaları	119
Şekil 5.6. Mevcut Kavşak Noktaları	119
Şekil 5.7. Kavşaklardaki Kaza Sayılarına Göre Yoğunluk Haritası	121
Şekil 5.8. Kaza Sayısı Yoğunluğu Yeniden Sınıflandırma Haritası	122
Şekil 5.9. K1 Kavşağının Cadde Görünümü.....	122
Şekil 5.10. K1 Kavşağının Yaklaşım Kollarındaki Şeritler ve Trafik Akım Yönleri...	123
Şekil 5.11. Araç Sayısına Göre Yoğunluk Haritası (Sabah)	124
Şekil 5.12. Araç Sayısına Göre Yoğunluk Haritası (Akşam).....	125
Şekil 5.13. Kavşaklardaki Araç Sayısı Yoğunluğu Yeniden Sınıflandırma Haritası (Sabah)	126
Şekil 5.14. Kavşaklardaki Araç Sayısı Yoğunluğu Yeniden Sınıflandırma Haritası (Akşam).....	127
Şekil 5.15. Fiber Hattı Güzergâh Haritası.....	128
Şekil 5.16. Fiber Hattı Yeniden Sınıflandırma Haritası.....	129
Şekil 5.17. Omurga Kabinleri Konum Haritası.....	129
Şekil 5.18. Omurga Kabinine Uzaklık Yeniden Sınıflandırma Haritası.....	130
Şekil 5.19. Kriter Ağırlıklarının Hesabı.....	133
Şekil 5.20. Tutarlılık Oranı Hesabı	133
Şekil 5.21. Weighted Overlay ile derecelendirme	135

Şekil 5.22. Akıllı Kavşak İçin Kriter Haritaları Ve Sonuç Haritası.....	135
Şekil 5.23. Akıllı Kavşak Uygulaması Yer Seçimi İçin Hazırlanan Model.....	136
Şekil 5.24. Kayseri İli Akıllı Kavşak İhtiyacı Olan Kavşak Noktaları	136
Şekil 5.25. Kayseri İli Akıllı Kavşak İhtiyacı Olan Kavşak Noktaları Uydu Görüntülü	137
Şekil 6.1. Kayseri İli Katı Atık Depolama Alanı Uygunluk Karşılaştırma Haritası	139
Şekil 6.2. Kayseri İli RES Alanı Uygunluk Karşılaştırma Haritası	140



TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Türkiye'de Örnek Akıllı Şehir Uygulamaları	17
Tablo 1.2. Dünya'da Örnek Akıllı Şehir Uygulamaları	18
Tablo 1.3. CBS Uygulama Alanları	22
Tablo 1.4. CBS Kullanım Alanlarından Bazıları	23
Tablo 1.5. CBS'de Analiz Türleri.....	26
Tablo 1.6. AHP Değerlendirme Ölçeği.....	31
Tablo 1.7. Rassallık İndisi (RI)	32
Tablo 2.1. Kayserili İli İklim İstatistikleri (TUİK)	38
Tablo 2.2. Kayseri İlçe Bilgileri.....	40
Tablo 2.3. Veri Kaynakları.....	42
Tablo 3.1. Katı Atık Depolama Tesisi İçin Kriterler	47
Tablo 3.2. Kriterler Alt Değer Tablosu.....	48
Tablo 3.3. Arazi Kullanımı İçin Kriter Değerleri	52
Tablo 3.4. Nüfus Yoğunluğu Kriter Değerleri	54
Tablo 3.5. Yerleşim Merkezine Uzaklık Kriter Değerleri	56
Tablo 3.6. Ana Yola Uzaklık Kriter Değerleri.....	57
Tablo 3.7. Korunan Alanlar Kriter Değerleri.....	59
Tablo 3.8. Havaalanına Uzaklık Kriter Değerleri	61
Tablo 3.9. Yüzey Sularına Uzaklık Kriter Değerleri	62
Tablo 3.10. Mesire Alanlarına Uzaklık Kriter Değerleri	64
Tablo 3.11. Eğitim İçin Kriter Değerleri.....	66
Tablo 3.12. Katı Atık Uygulaması İçin Kullanılan Kriterler Matrisi.....	67
Tablo 3.13. Uzman 1 Değerlendirme Tablosu (Katı Atık)	67
Tablo 3.14. Uzman 2 Değerlendirme Tablosu (Katı Atık)	68
Tablo 3.15. Uzman 3 Değerlendirme Tablosu (Katı Atık)	68
Tablo 3.16. Uzman 4 Değerlendirme Tablosu (Katı Atık)	68

Tablo 3.17. Ortalama Kriter Matrisi (Katı Atık).....	69
Tablo 3.18. Kriterlerin Alt Değerleri ve Ağırlık Değerleri Tablosu.....	71
Tablo 4.1. Kayseri'de Kurulabilecek RES'lerin Güç Kapasitesi	80
Tablo 4.2. RES Kriterler	80
Tablo 4.3. RES Kriterler Alt Değer Tablosu.....	81
Tablo 4.4. Rüzgâr Hızı İçin Kriter Değerleri	86
Tablo 4.5. Rüzgâr Kapasitesi İçin Kriter Değerleri	89
Tablo 4.6. Enerji Nakil Hatlarına Uzaklık Kriter Değerleri.....	90
Tablo 4.7. Trafo Merkez Noktalarına Uzaklık Kriter Değerleri	92
Tablo 4.8. Pürüzlülük İçin Kriter Değerleri	94
Tablo 4.9. Ana Yola Uzaklık Kriter Değerleri.....	95
Tablo 4.10. Arazi Kullanım Kabiliyeti İçin Kriter Değerleri.....	97
Tablo 4.11. Yükseklik İçin Kriter Değerleri	98
Tablo 4.12. Eğim İçin Kriter Değerleri.....	99
Tablo 4.13. Yerleşim Merkezine Uzaklık İçin Kriter Değerleri	100
Tablo 4.14. Havaalanına Uzaklık İçin Kriter Değerleri.....	101
Tablo 4.15. Korunacak Alanlara Uzaklık İçin Kriter Değerleri.....	102
Tablo 4.16. Yüzey Sularına Uzaklık İçin Kriter Değerleri	104
Tablo 4.17. RES Uygulaması İçin Kullanılan Kriterler Matrisi	105
Tablo 4.18. Uzman 1 Değerlendirme Tablosu (RES)	105
Tablo 4.19. Uzman 2 Değerlendirme Tablosu (RES)	106
Tablo 4.20. Uzman 3 Değerlendirme Tablosu (RES)	106
Tablo 4.21. Uzman 4 Değerlendirme Tablosu (RES)	106
Tablo 4.22. Ortalama Kriter Matrisi (RES)	106
Tablo 4.23. Kriterlerin Alt Değerleri ve Ağırlık Değerleri Tablosu.....	108
Tablo 5.1. Akıllı Kavşak İçin Kriterler	117
Tablo 5.2. Akıllı Kavşak Kriterler Alt Değer Tablosu.....	120
Tablo 5.3. Kaza Sayısı İçin Kriter Değerleri.....	121

Tablo 5.4. K1 Kavşağına Ait Sabah (07:00-09:00) Trafik Hacim Sayımları	123
Tablo 5.5. K1 Kavşağına Ait Akşam (16:00-18:00) Trafik Hacim Sayımları.....	124
Tablo 5.6. Kavşaklardaki Sabah Geçen Araç Sayısına Göre Kriter Alt Değerleri	125
Tablo 5.7. Kavşaklardaki Akşam Geçen Araç Sayısına Göre Kriter Alt Değerleri.....	126
Tablo 5.8. Fiber Hatlarına Uzaklık Alt Kriter Değerleri.....	128
Tablo 5.9. Omurga Kabinlere Uzaklık Alt Kriter Değerleri	130
Tablo 5.10. Akıllı kavşak Uygulaması İçin Kullanılan Kriterler Matrisi	131
Tablo 5.11. Uzman 1 Değerlendirme Tablosu (Akıllı Kavşak).....	131
Tablo 5.12. Uzman 2 Değerlendirme Tablosu (Akıllı Kavşak).....	132
Tablo 5.13. Uzman 3 Değerlendirme Tablosu (Akıllı Kavşak).....	132
Tablo 5.14. Uzman 4 Değerlendirme Tablosu (Akıllı Kavşak).....	132
Tablo 5.15. Ortalama Kriter Matrisi (Akıllı Kavşak)	132
Tablo 5.16. Kriterlerin Alt Değerleri ve Ağırlık Değerleri Tablosu.....	134

GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin hızlı gelişimi kırsaldan kente olan göçün artması şehirleri kalabalık nüfuslu yaşam merkezlerine dönüştürmüştür. Şehirlerdeki bu hızlı nüfus artışı tarımdan sanayi ve hizmet sektörüne doğru istihdamın yönelmesine neden olmuş, bu da kentlerin düzensiz büyümesine ve çarpık kentleşmeye yol açmıştır [1].

Diğer taraftan Dünya Sağlık Örgütü'nün raporuna göre hızla devam eden nüfus artışı sonucunda 2050 yılına gelindiğinde Dünya nüfusunun %70'inin şehirlerde yaşayacağı öngörülmektedir. Avrupa Parlamentosu raporuna göre ise; 2030 yılına doğru Dünya'da her 10 kişiden 6'sı şehirde yaşamını sürdürecektir ve yine 2050 yılına gelindiğinde ise bu sayı 7'ye yükselecektir [1].

Kentlerde oturanların sayısının artması özellikle yerel yönetimler açısından birçok sorunu beraberinde getirmektedir. Karşılaşılan bu sorunların kaynağında aslında kırsaldan kente göç yatmaktadır. Kentlerde ortaya çıkan bu sorunlar özellikle ekonomik ve sosyal yaşamı olumsuz etkilediği gibi kentte yaşayanların refahını ve kentlerin marka değerini de aynı yönde etkilemektedir [1].

Artan nüfus, kentleşme oranı ve tüketim unsurları karşısında kentsel çevre, doğal çevre ve enerji sorunları büyümektedir. Artan enerji ihtiyacı, çevre sorunları ve kentsel büyümeye karşı gelişen teknoloji imkânları kullanılarak kentsel yaşam ve kentsel tasarım sürecine yenilikler getirilmelidir [2].

Kentlerin küresel olarak birbirine bağlı bir ekonomide rekabet etme ve kent sakinlerinin refahını sürdürülebilir bir şekilde sağlayabilme ihtiyacı ülkeleri ve kentleri yeni teknoloji ve yenilikçi yaklaşımları değerlendirmeye yönlendirmektedir. Bu motivasyonla birlikte, söz konusu teknoloji ve yaklaşımların getirdiği karmaşıklık ve değişim hızı, geleneksel çözümler geliştiren yerel yönetimleri zorlamakta kent çözümlerinin bütüncül ve sistematik olarak ele alınması ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır.

Bu ihtiyaçlara, paydaşlar arası işbirliği ile geliştirilen birlikte çalışabilir sistemlerin veri ve uzmanlığa dayalı olarak gelecek rleri ile beklenti ve problemleri karşıladığını güvence altına alan akıllı şehir çözüm bulmaktadır [3].

Teknolojinin sağladığı imknlarla şehirlerin daha yaşanabilir hale gelmesi amacıyla ortaya atılan ‘akıllı şehir’ kavramı son yıllarda hızla popülerlik kazanmıştır. Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de akıllı şehir kavramı önem kazanmaktadır. T.C. Kalkınma Bakanlığı bünyesinde hazırlanan Bilgi Toplumu Strateji ve Eylem Planında konuya özel bir ağırlık verilmektedir [4].

Akıllı şehir genellikle 6 bileşen ile ifade edilir: akıllı ekonomi, akıllı yaşam, akıllı evre, akıllı insanlar, akıllı ulaşım ve akıllı yönetim. Bütün bu unsurlar dengede olursa, bir şehir sürdürülebilirlik ve yaşam kalitesi talebini yerine getirebilir. Başka bir deyişle, insana ve sosyal sermayeye yapılan yatırımlar ile geleneksel ve modern bilgi ve iletişim teknolojileri, bilgi ve iletişim altyapıları sürdürülebilir ekonomik kalkınmayı, yüksek bir yaşam kalitesini akıllıca bir şekilde destekleyecek olursa, bir şehir "akıllı" olarak adlandırılabilir [5].

Akıllı kent kavramına ek olarak “akıllı kent çözümleri/uygulamaları” ise temelde Kent Bilgi Sistemleri (KBS) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) gibi kentlerin bilgi teknolojileri altyapı sistemlerine bütünleşmiş ve gerçek zamanlı bilgiye dayalı karar almayı mümkün kılacak şekilde enerji, su, ulaşım, sağlık, eğitim, güvenlik gibi kentlerde sunulan pek çok hizmetin sunumunu ve takibini kolaylaştıran ve kalitesini artıran Bilgi İletişim Teknolojileri (BİT) destekli uygulamalardır [6].

Coğrafi bilgi sistemleri birçok sektör tarafından kullanılan etkin bir mekânsal analiz aracı olarak geniş bir uygulama alanına sahiptir. CBS'ye dayalı merkezi bir bilgi sistemi, kavramlaştırma, planlama ve geliştirme aşamasından başlayarak bakımına kadar yalnızca tüm paydaşları değil aynı zamanda akıllı şehir süreçlerinin her alanını da birleştiren bir bilişim teknolojileri erevesi sunar. CBS, bir Akıllı şehrin planlanması ve geliştirilmesinin her aşamasında konuşlandırılmıştır [7].

Akıllı şehirler üzerine literatürde yapılan çalışmalarda ve özellikle son yıllarda ülkemizde yürütülen çalışmalarda akıllı şehirler kavramının uygulanmasında CBS'nin

potansiyel rolüne değinilmektedir. Başka bir deyişle, akıllı bir şehrin öncelikle mekânsal olarak etkin bir şehir olması gerektiği düşünülmektedir [8].

Bugün hem büyükşehir hem de ilçe belediyeleri, gerek yönetim gerekse vatandaşa ulaşmak ve hizmet götürmek noktasında başarılı akıllı şehir projelerine imza atıyor. Diğer yandan yerel yönetim iştiraki şirketler ve teknoloji şirketleri de yenilikçi akıllı şehir projeleri geliştiriyor [9].

Bu incelememizde Kayseri ölçeğinde akıllı şehir paydaşlarının çalışmalarının nasıl daha planlı hale getirilebileceği ve kentin lokasyon olarak en uygun yerlerine bu uygulamaların ekonomik şekilde yapılması için CBS ve karar verme tekniklerinden nasıl faydalanmak gerektiği açıklanacaktır. Bu bağlamda Ülkemizde ve Dünyada ki akıllı şehir uygulamaları incelenerek, akıllı enerji, akıllı çevre ve akıllı ulaşım temaları altında 3 akıllı şehir uygulamasının konumsal olarak en uygun nereye yerleştirileceği Kayseri ölçeğinde araştırılacaktır. ArcGIS yazılımının Mekânsal Analiz modülü kullanılarak yapılan analizler, çok kriterli karar verme teknikleri (ÇKKV) ile hesaplanacak kriterlerin ağırlıkları ile birleştirilerek uygun konumlar belirlenmeye çalışılacaktır.

Bu çalışmada en uygun konumları belirlenecek akıllı şehir uygulamaları; rüzgâr enerji santralleri (RES), katı atık depolama alanları ve akıllı kavşaktır. Ulaşım, çevre ve enerji gibi kentlerin en çok sorun yaşadığı temalardan birer uygulama seçilmiştir.

Yapılacak bu çalışmada akıllı şehirlerin CBS ile planlanıp yönetilebileceği ve geliştirilebileceği savunulacak ve şehirlerin gelecekteki gelişimine karşı farkındalık uyandırılmaya çalışılacaktır. Çalışma kapsamında, uygulamaların yer seçimi sürecinin hangi aşamalardan oluştuğu, veri ihtiyacı, temel kısıtlayıcılar, yer seçimi kararını etkileyen temel faktörlerin neler olduğu ortaya konup, kayseri ili için uygunluk haritası CBS yazılımı ile üretilecektir [10].

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Problemin Tanımı ve Çalışmanın Amacı

Akıllı şehir kavramı, bilişim teknolojilerinin şehir yönetim süreçleri ile birleştirilerek sürdürülebilir şehirlerin meydana getirilmesi ana fikrinden yola çıkmaktadır. Bu kavram dâhilinde çevreden sağlığa güvenlikten atık yönetimine ve enerji kaynaklarının etkin yönetimine kadar insan hayatındaki her noktasındaki eylem ve işlerin bilişim teknolojileri, coğrafi bilgi sistemleri, dijital ve mobil teknolojiler kullanılarak yeni bir yaşam tarzı oluşturulması hedefleniyor [11].

Dünya genelinde yaşanan demografik değişimler, düzensiz şehirleşme, göç ve bunların beraberinde getirdiği ulaşım, enerji, sağlık ve atık yönetimi gibi birçok problem şehirlerin altyapısını zorlamaktadır. Sürdürülebilir akıllı şehirler olarak tanımlanan yeni planlama ve tasarım yaklaşımları, gelişen ve büyüyen şehirlerin ortak sorunlarına çözüm önerileri getirmektedir. Akıllı şehir çözümlerinin doğru analizlerle desteklenip, planlı ön etüt çalışmaları ile uygulanması gerekmektedir. Akıllı şehir uygulamaları planlı, verim alınacak uygun konumlara yapılırsa başarılı olacağı düşünülmektedir [12].

Bugün yerel yönetimler ve özel sektör de birçok firma akıllı şehir konusunda başarılı projelere imza atıyor. Biz de bu çalışmanın, mekânsal olarak 21. Yüzyıl şehirlerinin şekillendirilmesi ile ilgili şehir plancıları, harita mühendisleri, yerel yönetimler, özel sektör ve akıllı şehirler kurmaya aktif bir şekilde katılan kişiler için CBS ile yer seçimi konusunda rehber oluşturmasını amaçlıyoruz.

Bu çalışma ile akıllı şehir uygulamalarının yönetilebilmesi planlanması ve sonrasında da verilerin değerlendirilmesinde CBS'nin önemi ortaya konmaya çalışılacaktır.

Ekonomik olarak da yüksek bütçeli yatırımlar olan bu uygulamaların yapılacak analizler sayesinde en uygun yere yapılması sağlanarak verimsiz ve yanlış yatırımların önüne geçilmesi hedeflenmektedir.

1.2. Akıllı Şehir Nedir?

Akıllı şehir tabiri "Smart Cities" kavramının İngilizceden dilimize çevrilmesiyle hayatımıza girmiş bir kavramdır. Bu kavrama ek olarak bilişim kentleri (informatic cities) sayısal kentler (digital cities) tanımları da sıklıkla kullanılmaktadır [4].

Şehirlerin yaşadığı sorunlara akılcı çözümler getirmek ve uzun vadede kentleri geleceğe hazırlama ihtiyacından hareketle akıllı şehir kavramı doğmuştur. Dijitalleşen dünyada insanı merkeze alan bu kavram şehirlerin daha sürdürülebilir, daha yaşanabilir ve daha verimli olabilmesi amacıyla teknolojiyi de içine alan bütünleşik bir yapı sunmaktadır [12].

Akıllı şehirleri genel olarak tanımlamak gerekirse; bilişim teknolojilerini güvenli olarak kullanan kent kaynaklarının ve varlıklarının birbiri ile entegre edilmesini öne çıkaran kentsel bir gelişme vizyonudur. Kent varlık ve kaynakları; ulaşım sistemlerini, hastaneleri, okulları, enerji tesislerini, yerel bilgi sistemlerini, toplama ve geri dönüşüm yönetimini içine alır [4].

Akıllı Şehir konusunda birden fazla tanım bulunurken, sürekli gelişen ve değişen bir alan olması sebebiyle herkes tarafından kabul edilmiş ortak bir tanım bulunmamaktadır [13]. Dolayısıyla bugün için yapılan akıllı şehir tanımlarının zamana karşı direnç göstermesini beklemek doğru olmaz. Ancak yine de konuya bir çerçeve çizmek üzere dünyada kabul görmüş birkaç tanım aşağıda sunulmaktadır.

Avrupa Komisyonu'na göre akıllı şehirler şu şekilde tanımlanmıştır: Sürdürülebilirlik, ekonomik gelişim ve yaşam kalitesi faktörlerinin ön planda tutulduğu bir çerçeve çizilmiştir. Bu yaklaşıma göre akıllı şehir hedeflerinin insani, fiziki altyapı ve sosyal sermaye olmak üzere üç ana alanda irdelenmektedir. Bu hedeflere ulaşmakta ise iletişim teknolojilerinin önemli bir altyapı ve araç olduğu vurgulanmıştır [13].

Uluslararası Standartlar Enstitüsü'nün (ISO) geliştirdiği ISO37120 standardına göre akıllı şehir: "Şehrin planlamasını, yönetimini, inşasını ve akıllı hizmetleri kolaylaştıracak nesnelerin interneti, bulut bilişimi büyük veri ve entegre coğrafi bilgi sistemleri gibi yeni nesil bilgi iletişim teknolojilerinin uygulandığı yeni bir kavram ve yeni bir modeldir. ISO'ya göre akıllı şehir oluşumlarının ana hedefi; kamu hizmetlerinin kolaylığının, şehir yönetiminin duyarlılığının, şehrin yaşanabilirliğinin, altyapıların uygunluğunun ve ağ güvenliğinin etkili olmasının sağlanması ve sürdürülmesidir" [13].

Akıllı şehirlere ilişkin olarak ayrıca BSI (Bristish Standards Institute) tarafından yapılan tanımlamalar ve bir dizi standart serisi de bulunmaktadır. (Publicly Available Specification) PAS 180:2014 standardında akıllı şehir; "vatandaşlara sürdürülebilir, müreffeh ve katılımcı bir gelecek sağlanması için çevremizde yer alan ve insanlar tarafından kurulan sistemlerin fiziksel ve dijital entegrasyonunun sağlanmasını ifade eden bir terimdir" [13].

Akıllı Şehirler Konseyi (Smart Cities Council) 'ne göre Akıllı şehir, "bilgi ve iletişim teknolojilerini şehrin yaşanabilirliğini çalışılabilirliğini ve sürdürülebilirliğini sağlamak için kullanan şehirlerdir" [14].

Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığının Bilgi ve İletişim Teknolojileri Destekli Yenilikçi Çözümler Eksenine Mevcut Durum Raporunda akıllı şehir kavramı şu şekilde öne çıkarılmaktadır. "Günümüzde kentlerin yasadıkları sorunları çözmeyi ve kentlerde yaşayanların hayat kalitesini artırmayı amaçlayan "Akıllı Şehir" çözümleri önem kazanmaktadır ve dünyadaki pek çok şehirde hızla uygulamaya geçirilmektedir" [15, 6].

2019-2022 Ulusal Akıllı Kent Stratejisi ve Eylem Planı kapsamında Akıllı Kent kavramı: "Paydaşlar arası işbirliği ile hayata geçirilen, yeni teknolojileri ve yenilikçi yaklaşımları kullanan, veri ve uzmanlığa dayalı olarak gerekçelendirilen ve gelecekteki problem ve ihtiyaçları öngörerek hayata değer katan çözümler üreten daha yaşanabilir ve sürdürülebilir kentler" olarak tanımlanmıştır [3].

Bu tanımların yanı sıra akademik literatür de birçok tanım yer almaktadır. Bu tanımlardan bazılarını incelemek gerekirse;

“Akıllı Kent, elektronik ve sürdürülebilir ekonomik büyüme ve kalitesi yüksek bir yaşamı olanaklı kılan, sensörler gibi uyarma ağları ve gelişmiş altyapıları ile geleceğin güvenli, emniyetli, yeşil çevreye sahip verimli kent merkezi olarak adlandırılır” [16].

“Kaynakların etkin ve daha akıllıca kullanıldığı, maliyet ve enerji tasarrufu, hizmet sunumu ve yaşam kalitesinin geliştirildiği, çevre kirliliğinin azaltıldığı ve karbon salınımının düşük olduğu şehirlerdir” [17].

Birleşmiş Şehirler ve Yerel Yönetimler (UCLG) kuruluşuna göre ise, yeni bir şehir modeli olarak “akıllı şehirler” daha yaşanabilir, fonksiyonel, rekabetçi, yeni teknolojileri kullanan, yenilikçi ve bilgiyi yönetebilir şehirlerdir [17].

Bir diğer tanımlamada ise: “İnsan ve sosyal sermayeye yatırım yapan, geleneksel ulaşım ve modern (BİT) iletişim altyapısını kurmuş, sürdürülebilir, ekonomik büyüme ve yüksek yaşam kalitesini sağlamış, doğal kaynakların yönetimini katılımcı yönetimle yapan şehir” olarak tanımlanmaktadır. [18].

Bir başka tanımlama da ise akıllı şehir, “herkes için yaşanabilir ve sürdürülebilir bir yer oluşturulması için sürekli olarak yeni gelişmeleri takip edebilen bir araçtır “ [19].

Bir diğer tanımında akıllı ve sürdürülebilir kent, “mevcut ve gelecek nesillerin ekonomik, sosyal, çevresel ve kültürel ihtiyaçlarını gözetirken; yaşam kalitesini, kent hizmet sunumunun verimliliğini ve rekabet gücünü artırmak için bilgi ve iletişim teknolojilerini ve diğer araçları kullanan yenilikçi bir kenttir” olarak tanımlanmaktadır [20].

Akıllı Kent’e ilişkin ortak tek bir tanımlama bulunmadığı ve bu tanımın çalışmalarda çözüm aranan ihtiyaçlara göre şekillendiği görülmüştür. Bu tanımların anlatmak istedikleri benzer kavramları göze alırsak son olarak akıllı şehir tanımı şu şekilde yapılabilir. Akıllı şehir kendine yeten ve kendini yöneten; doğa ve çevre dostu; yerel özelliklerini koruyan; çözümlerini milli kaynaklarla sağlayan; yenilikçi/çağı yakalayan; sürdürülebilir şehirlerdir.

1.2.1. Akıllı Şehirlerin Tarihçesi

Akıllı şehirler terimi ilk olarak 20. yüzyıl sonlarına doğru ABD’de kullanılmıştır. Aslında ilk çıkışında kentsel alanlarda BİT teknolojileri kullanılarak uygulanan çözümler olarak yer almıştır. Daha sonra kentlerinde yaşayan bir varlık olduğu ve kentlerin geleceğini düşünen teknolojinin hızını doğru şekilde takip eden yöneticiler toplumlarının geleceği ve refahı için kentlerinin bilgi toplumuna doğru yol almasını bir fırsat olarak değerlendirmişlerdir [21].

1.2.2. Neden Akıllı Şehirler?

İnsanlık tarihinde ilk kez, küresel nüfusun yarısından fazlası kentsel alanlarda yaşıyor. Bu oran 2050 yılına kadar %70'e yükselecektir. Kentsel nüfus artışı tüm Dünya’da etkisini gösteriyor. Örneğin; Şangay’ın nüfusu, 2000 yılında 13 milyondan az kişiye, bugün neredeyse iki katına çıkarak yaklaşık 23 milyona ulaştı ve 2050 yılında 50 milyonu aşması bekleniyor. Şehirler, Dünya yüzeyinin yalnızca %2'sini kaplamakta, ancak dünyanın kaynaklarının yaklaşık %75'ini tüketmektedir. Bu nedenle iklim değişikliği ve doğal kaynaklardaki azalma ile baş ederken şehirlerin ana unsur olduğu göz önünde bulundurulmalıdır [5].

Yaşanan demografik değişimler, göç olgusu, hızlı ve çarpık kentleşme şehirlerin ulaşım, eğitim, sağlık, güvenlik, enerji, su ve atık yönetimi gibi birçok alanda altyapısını zorlamakta, yeni darboğazları beraberinde getirmektedir. Bu durum şehirlerin yönetimini her geçen gün daha zor hale getirmekte, kısıtlı kaynakların en verimli şekilde kullanılmasını gerektirmektedir [12].

Kentsel büyümenin getireceği bu karmaşıklığı yönetmek ve yaşam kalitesini artırmak için yeni çözümler bulmak gerekmektedir. Bu çözümde ancak akıllı şehirler ile sağlanabilecektir.

Geçmişten günümüze bakıldığında sırasıyla tarım toplumları sanayi toplumları tarih boyunca önemli yerler almıştır. Şimdi ise Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin (BİT) günümüzde oldukça ilerlemesi ile bilgi toplumu kavramı ortaya çıkmıştır. Bilgi toplumları ile bilginin toplanması işlenmesi ve değerlendirilmesi de önem kazanmıştır.

Yerel yönetimler, hükümet ve vatandaş arasında internet üzerinden bilgi takibi dönemi başlamış, vatandaş birçok hizmeti bu yolla kullanma yoluna gitmiştir [1].

Bu anlamda toplumların sürdürülebilir bir yaşam sürmesi ve yüksek verimlilikte kent hizmetlerini alması ancak akıllı kent uygulamalarının devreye girmesi ile mümkün olabilir [1].

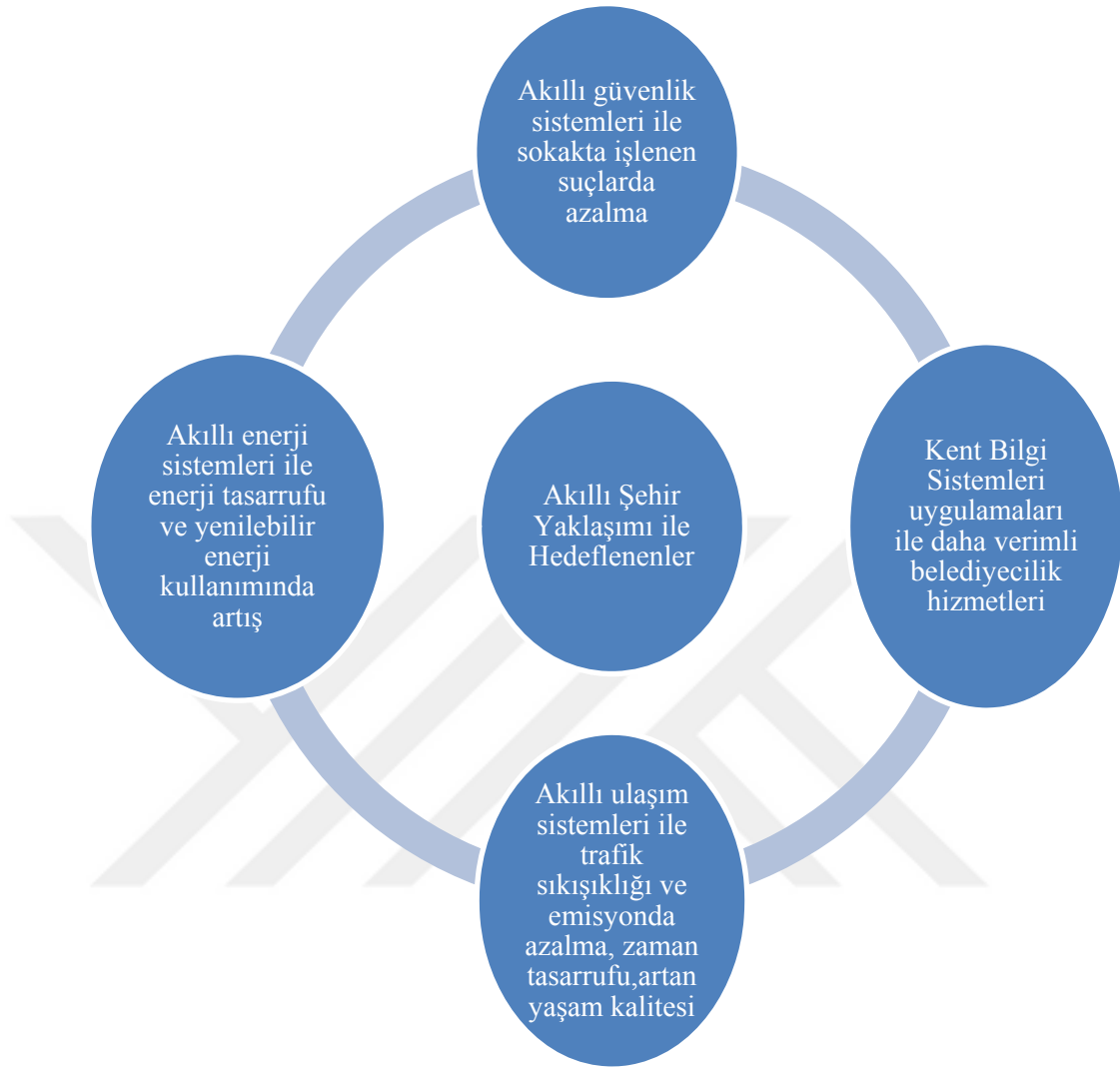
Sonuç olarak akıllı şehirler sayesinde hem ekonomik hem zaman olarak tasarruf sağlanabilecek hem de yaşam kalitesinde artış meydana gelecektir.

1.2.3. Akıllı Şehir Yaklaşımı İle Hedeflenenler

Akıllı şehir, teknoloji ve çevre duyarlılığını ön planda tutan, yaşam kalitesini artırmayı hedefleyen kentsel gelişme vizyonudur. Teknolojinin etkin bir şekilde kullanımıyla vatandaşların bütün hizmetlerden sabit veya mobil sistemler vasıtası ile yararlanabildiği, yaşam kalitesini artıran ve enerji kullanımından çevreye kadar birçok alanda şehrin sürdürülebilirliğini sağlayan yenilikçi yerleşmelerdir [13].

Akıllı Kent, kentlerin geleceği için statik bir yaklaşım tarif etmemektedir. Daha ziyade, teknoloji ve verinin yenilikçi kullanımının, organizasyonel değişim ile birlikte ele alan, gelecekteki kentler için daha etkin, etkili ve sürdürülebilir yollarla farklı dinamik kent vizyonlarının sunulmasına yardımcı olabilecek yönlendirici hususları ele almaktadır. Bir başka deyişle kentlerin geleneksel olarak kullandıkları yönetişimi dönüştürmek hedeflenmektedir [3].

Etkinlik alanı son derece geniş olan akıllı şehir uygulamaları ile şehir kaynaklarının etkin ve verimli kullanımı sayesinde yaşam standartlarında sonsuz faydalar sağlanması hedefleniyor [11].



Şekil 1.1. Akıllı Şehir Hedefleri

Uluslararası ve ulusal kurumların hazırladıkları raporlarda akıllı şehir hedeflerini incelemek gerekirse;

Avrupa Komisyonunca hazırlanan “Akıllı Kentler ve Toplum” raporunda akıllı kent dönüşümü ile

- Kent halkının yaşam kalitesinin arttırılmasının,
- Yerel ve bölgesel ekonominin etkinliğinin ve rekabet gücünün geliştirilmesinin,
- Kaynak etkinliği sağlanarak, kentlerin sürdürülebilir hale getirilmesinin hedeflendiği belirtilmektedir [4].

Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca yürütülen “2019-2022 Ulusal Akıllı Kent Stratejisi ve Eylem Planı” kapsamında Akıllı Kent kavramı ile amaçlanan:

- Kentin mevcut ve gelecek beklenti ve problemlerini kentin tüm mekânlarında ve sistemlerinde tetikleyici güç haline getirmek,
- Fiziksel, sosyal ve dijital planlamayı birlikte yürütmek,
- Ortaya çıkan zorlukları sistematik, çevik ve sürdürülebilir bir şekilde tanımlamak, öngörmek ve karşılamak,
- Kent içindeki organizasyonel sınırlar arası bütünleşik hizmet sunumu ve yeniliği sağlamak için gerekli kapasiteyi oluşturmaktır [3].

Sonuç olarak tüm bu yaklaşımlardan hareketle akıllı şehir ile yerel yönetimler tarafından sunulan hizmetlerin etkinliğinin ve kalitesinin artırılması ve vatandaşların yaşam kalitesinin yükseltilmesi hedeflenmektedir [16].

1.2.4. Akıllı Şehir Kazanımları

Göç, hızlı nüfus artışı, küresel iklim değişikliği ve artan tüketim unsurları, şehirlerde insan doğasına aykırı yaşam alanlarını ve çevresel deformasyonu da beraberinde getirmiştir. Bu noktada akıllı şehirler, kentsel problemlerin akılcı bir şekilde çözülmesinde önemli bir potansiyele sahip olarak ülkelerin ve uluslararası örgütlerin politika metinlerinde ön plana çıkmaya başlamıştır. Temel olarak, başta ulaştırma ve enerji olmak üzere, kentsel altyapıların ve şebekelerin insan müdahalesine gerek duyulmadan kendi kendine yönetilebilmesi mantığına dayanan bu yaklaşımla, insanların yaşam standartlarında önemli ölçüde iyileşme sağlanması amaçlanmaktadır. Bu konuda dikkat edilmesi gereken en önemli husus, bu yaklaşımın temel felsefesinin “dönüşüm” mantığına dayanması gerektiğidir. Ancak, bu dönüşümün kentin dokusuna uygun bir şekilde ve kentin sahip olduğu mevcut sistem ve altyapıdaki işlerliği aksatmadan adım adım yapılması esastır. Bu açıdan bakıldığında, bu dönüşüm hamlesinin kentlerin kendi içinden başlatılması ve kendi ihtiyaçlarına göre kurgulanması gözden kaçırılmaması gereken çok önemli bir husustur [13].

Akıllı şehir uygulamaları ile hedeflenen çıktılar arasında yer alan operasyonel verimliliğin artırılması ve sağlanacak tasarruflar ile şehir kaynakları büyümeyi destekleyecek farklı alanlara yönlendirilebilir. Buna ek olarak, vatandaşların da akıllı şehir uygulamaları ile tasarruf sağlaması mümkündür. Çevreye olan zararlı etkilerin

azaltılması, vatandaşların şehir ile ilgili bilgilere ulaşımının kolaylaştırılması ve yaşam konforlarının artırılması şehirlerin yaşanabilirlik seviyelerini artırıyor. Örneğin; akıllı aydınlatma uygulaması, sağladığı enerji tasarrufu ile şehirler için ekonomik tasarrufun önünü açıyor. Akıllı kavşak uygulaması ise bir taraftan vatandaşlara yakıt ve zaman tasarrufu sağlarken diğer taraftan araçların karbondioksit (CO₂) salımlarındaki azalma ile çevresel zararlı etkiler düşürülmektedir.[9].

Sonuç olarak akıllı şehir uygulamalarının en önemli kazanımları vatandaşların hayatını kolaylaştırırken aynı zaman da tasarruf sağlayarak, çevresel zararları da en aza indirmeleridir.

1.2.5. Akıllı Şehir Bileşenleri ve Göstergeler

Akıllı kent karmaşık bir kavram olup yapısal olarak ele alınma ihtiyacı bulunmaktadır. Farklı akıllı kent tanımları olduğu gibi akıllı kent kavramının yapısına ilişkin olarak standart, olgunluk değerlendirme modeli, endeks ve mimari çalışmalarında farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu yaklaşımlardan Cohen'in "Smart Cities Wheel (SCW)" metodolojisi ön plana çıkmaktadır. Avrupa Birliği tarafından da kabul edilen SCW modeline göre akıllı şehirler altı temel bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler; akıllı ekonomi, akıllı insan, akıllı yönetim, akıllı yaşam, akıllı ulaşım ve akıllı çevredir [3,22].



Şekil 1.2. Akıllı Şehir Bileşenleri [4]

Akıllı Çevre; BİT desteği ile atık, hava, su, toprak, iklim değişikliği yönetimi ile kentin tabiat varlıklarının korunarak çevre ve doğanın sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi ve çevre yönetiminin yeşil kent planlamasının dikkate alınarak yapılması olarak tanımlanabilir [3].

Akıllı Ekonomi; bir kentin mikro ve makro boyutuyla ekonomik girdi, çıktı ve faaliyetlerinin akıllı endüstriler çerçevesinde ele alınmasıdır. Her alanda giderek artan tüketim faktörleri karşısında mevcut kaynakları verimli kullanma ve artan tüketim için önlemler geliştirmeyi ve yaşam kalitesini artırmayı hedeflemektedir. Rekabet gücü, marka değeri ve paylaşım ekonomisi öne çıkan kavramlardır [3].

Akıllı Ulaşım; BİT destekli ve entegre ulaşım sistemleridir. Bir veya birden fazla ulaşım şeklinin kullanıldığı tramvay, otobüs, tren, metro, araba, bisiklet ve yayaları kapsayan sürdürülebilir, güvenli ve birbirine bağlı ulaşım sistemlerini kapsamaktadır [3].

Akıllı Yönetişim; analiz, planlama, uygulama ve politika yapımı gibi kamu yönetimi süreçlerinde şeffaflık, katılımcılık ve hesap verebilirlik prensipleriyle daha hızlı karar vermeyi sağlayan bir yönetişimi ifade etmektedir [3].

Akıllı İnsan; farkındalığı, katılımcılığı ve yaratıcılığı yüksek, hayat boyu öğrenen, bilişim teknolojilerini hayatına dâhil etmiş, beşeri ve sosyal sermayenin ana unsuru ve kent yaşamının odak noktası olan bireydir. Akıllı İnsan bileşeni kapsamında Sosyal Altyapı, Kültürel Etkileşim ve Bağımlılık konuları ele alınmaktadır [3].

Akıllı Yaşam; Akıllı Çevre, Akıllı Ulaşım ve İletişim Teknolojileri bileşenleri kapsamında kullanılan sensörlerle toplanan verileri ileten, analiz eden, ölçen, izleyen ve daha gelişmiş performans ve kullanıcı deneyimi için kullanıcı talepleri ve çevredeki değişikliklere akıllı şekilde yanıt verebilen ve kamusal değer oluşturan sistemlerdir [3].

Akıllı şehirlere dönüşüm süreç ve etkilerinin planlanması, izlenmesine yönelik yaklaşımlar literatürde ve uygulamada mevcuttur. Bu yaklaşımlara göre de farklı bileşenler yer almaktadır. Bunlardan bazılarını incelemek gerekirse:

PAS 181 Akıllı Kent Çerçeve Modeli kapsamında yer alan akıllı kent bileşenleri; enerji, atık, su, iletişim, güvenlik ve acil durum, eğitim ve öğretim, ulaşım, sağlık, sosyal hizmetler, barınma, çevre, finans ve ekonomi şeklindedir [3].

ISO 37120:2014 Sürdürülebilir Kalkınma Toplulukları: Kent Hizmetleri Göstergeleri ve Yaşam Kalitesi Standardı kapsamında 17 Akıllı Bileşeni başlığında göstergeler yer almaktadır. Bu bileşenler; ekonomi, eğitim, enerji, çevre, finans, yangın ve acil müdahale, yönetim, sağlık, rekreasyon, güvenlik, barınma, katı atık, telekomünikasyon ve yenilik, ulaşım, kent planlama, atık su ve suyun yeniden kullanımıdır [3].

Akıllı Ve Sürdürülebilir Kentler Oluşturma Modeli kapsamında belirlenen bileşenler; BİT, çevresel sürdürülebilirlik, verimlilik, hayat kalitesi, eşitlik, sosyal içerme ve fiziksel altyapı şeklindedir [20].

UNECE/ITU Akıllı Sürdürülebilir Kent Göstergeleri kapsamında ise 3 temel bileşen altında 18 Gelişim Alanı tanımlanmıştır. Bunlardan ilk olan ekonomi bileşeni altında BİT altyapısı, yenilik, istihdam, ticaret, verimlilik, fiziksel altyapı, gelişim alanları olarak tanımlanmıştır. Çevre bileşeni kapsamında hava kalitesi, su, gürültü, çevre kalitesi, biyo-çeşitlilik ve enerji gelişme alanları tanımlanmıştır. Toplum ve kültür bileşeni kapsamında ise eğitim, sağlık, güvenlik, barınma, kültür, sosyal içerme gelişme alanları belirlenmiştir [23].

Akıllı Şehir Konseyi (The Smart City Council) tarafından geliştirilen Akıllı Kent Hazır Bulunuşluluk modeli kapsamında yer alan bileşenler inşa edilmiş çevre, enerji, telekomünikasyon, taşımacılık, sağlık ve sosyal hizmetler, su ve atık su, atık yönetimi, kamu güvenliği, finans ve ödemelerdir [24].

Avrupa Birliği Avrupa Orta Ölçekli Kentler için Akıllı Kent Sıralama Modeli kapsamında ise akıllı ekonomi, akıllı insan, akıllı yönetim, akıllı mobilite, akıllı çevre ve akıllı yaşam olmak üzere altı bileşen tanımlanmıştır [25].

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Akıllı Kent Stratejisi ve Eylem Planı hazırlama çalışmalarında ise akıllı kent yapısı kapsamında akıllı enerji, akıllı ulaşım, akıllı

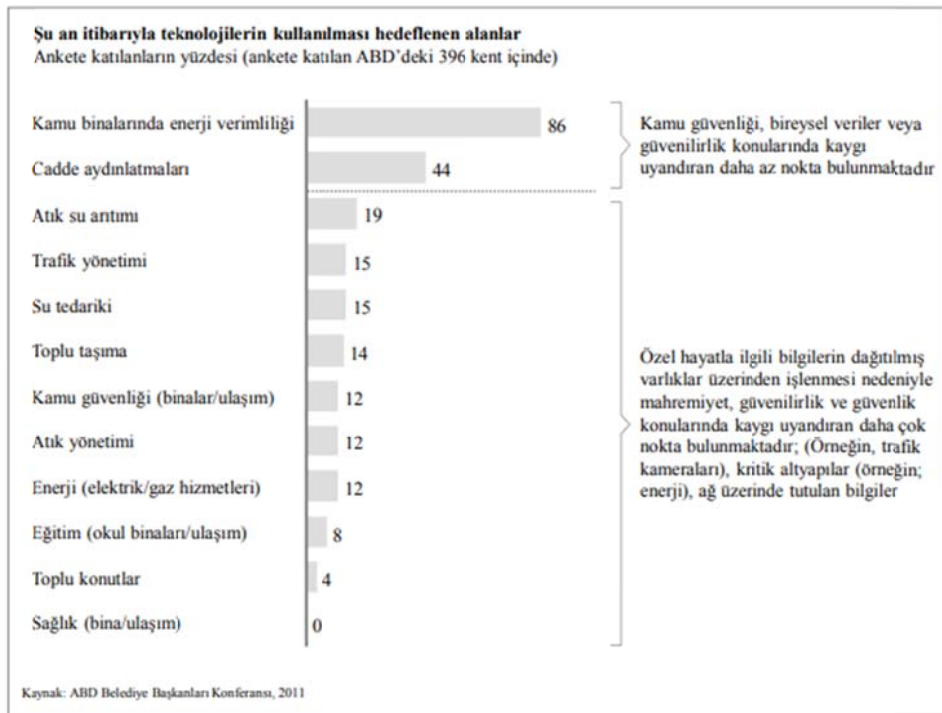
teknoloji, akıllı altyapı, akıllı binalar, akıllı sağlık, akıllı vatandaş ve akıllı yönetim olmak üzere sekiz bileşen belirlenmiştir.

1.2.6. Akıllı Şehir Uygulamaları

Akıllı şehir uygulamaları, modern şehir yönetim anlayışının esas alınmasıyla hayatın, donanımsal ve yazılımsal olarak sunulan teknolojilerle kolaylaştırılması ve yeni nesil şehircilik odağında birçok aşamadaki süreçlerin hızlandırılmasına yönelik çözümler bütünüdür [11].

Akıllı Şehir Uygulamaları yerel yönetimlerin kaynakları daha verimli yönetmesini sağlayan, kentsel hizmetleri teknolojinin imkânlarından faydalanarak şehir sakinlerine etkin biçimde ulaştıran, zaman tasarrufu sağlayan ve kentsel yaşam kalitesini artıran sistemlerdir [3].

Akıllı şehir uygulamalarının sağladığı faydalar; şehir yaşamının iyileştirilmesi, şehrin marka değerinin yükseltilmesi ve maliyetlerin düşürülmesidir. Bu sonuçlardan en iyi şekilde yararlanmak için uygulanan akıllı şehir çözümlerinin vatandaşların isteklerine göre sıralanması çok önemlidir [6].



Şekil 1.3. ABD’de Teknolojilerin Kullanılması Hedeflenen Alanlar Anketi [6]

Akıllı şehir uygulamalarının ülkemizde ve Dünyadaki örneklerine bakıldığında bütünüyle ele alınmış projelerden çok genellikle bağımsız ve küçük ölçekli pilot uygulamalar şeklinde olduğu görülmektedir. Şehirlerde hayata geçirilen projelerin, daha çok sorun olan noktalara yönelik uygulamaların yaygınlaştırılması şeklin de olduğu görülmektedir. Bu uygulama şeklide veri uyumunda sorunlara neden olmaktadır. Gözlemlenen bir diğer konu ise akıllı şehir uygulamalarının bir bütün olarak hayata geçirilmesi için çok büyük finans kaynaklarına ve şehrin özelliklerine göre planlı uzun vadeli bir öngörü gerekmektedir. Ayrıca problem olan noktalarda iyileştirmeye yönelik yapılan düşük bütçeli yatırımlar kentlerin akıllı kent teknolojilerini tanınmasına imkân verirken kentlerin tam anlamıyla akıllı kent olma konusunda bütüncül bir yapı geliştirmesine de engel olmaktadır [6].

Bu çalışmada da Kayseri ili için bütünleşik bir yapı düşünülmüş ve katı atık depolama alanı ve rüzgâr enerji santrali yer seçimi için tüm Kayseri il sınırlarında çalışma yapılmıştır. Akıllı kavşak uygulaması içinde şehirde merkezindeki tüm kavşaklar değerlendirmeye alınmıştır.

1.2.7. Gelecekte Akıllı Şehirler Ve Harita Mühendisliğinin Rolü

Dünyada bütün sektörlerde olduğu gibi mekansal bilgi sektöründe de etkili olan Endüstri 4.0 (Industry Revolution 4.0, IR 4.0) devrimi 21. Yüzyılda sürdürülebilir gelişme için en önemli odak noktası olmuştur. Bu bakımdan gelecekte oluşacak yeni iş modellerinde harita mühendisliği alanında da nesnelerin interneti (Internet of Things IoT), yapay zekâ (Artificial Intelligence AI) vb. teknolojiler daha çok kullanılmalıdır. Harita mühendisliğinin kısa ve orta vadede akıllı şehir oluşturma çalışmalarındaki rolleri ve konumsal tabanlı hizmetlerin akıllı şehirlerde nasıl etkin kullanılabileceği üzerine daha çok araştırmalar yapılmalıdır. Tüm bu gelişmeler daha yakından takip edilip mekânsal bilgi sektörünün beklentilerine en kısa sürede harita mühendisliği tarafından cevap verilebilmelidir [26].

Sonuç olarak, coğrafi teknikler ve geomatik teknolojileri, diğer mühendislik konularıyla sosyal ve doğa bilimleriyle birlikte, gelecekteki akıllı şehirlerin gelişiminde vazgeçilmez bir rol oynamaktadır. Bu rol, hem AR-GE çalışmaları hem de pratik uygulamalar açısından harita mühendisliği için yeni alanlar ve fırsatlar sunmaktadır [27].

Sonuç olarak harita mühendisleri Endüstri 4.0'ın getireceği yeni anlayışı benimsemeli ve bu anlayışa nasıl entegre olup katkı vereceklerine ilişkin çalışmalar yapmalıdır [26].

1.2.8. Türkiye'de ve Dünya'da Akıllı Şehirler

Bu bölümde Türkiye ve Dünya'da hızla gelişmekte olan akıllı şehir uygulamalarından bazı örnekler verilip, başarılı uygulama örnekleri sunulacaktır.

Türkiye'deki akıllı şehir uygulamaları ağırlıklı olarak,

- Üst politika belgeleri ve çeşitli bakanlıkların stratejileri, çalışmaları,
- Çeşitli yerel yönetimlerin almaya başladıkları inisiyatifler,
- Teknoloji sunucularının başlattığı çeşitli inisiyatifler,
- Sivil toplum kuruluşlarının oluşturduğu platformlar

ile şekillenmektedir.

Türkiye'de kentlerin akıllı kent olma yönündeki olgunluk ve hazırlık derecelerini, dijitalleşme düzeyini, yerel yönetimlerin akıllı kent çözümlerine yönelik ihtiyaçlarını değerlendirmeye yönelik devam eden çeşitli inisiyatifler de bulunmaktadır [12].

Türkiye de örnek akıllı şehir uygulamalarından bazıları Tablo 1.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 1.1. Türkiye'de Örnek Akıllı Şehir Uygulamaları

TÜRKİYE'DE ÖRNEK AKILLI ŞEHİR UYGULAMALARI	
İstanbul	Trafik Kontrol Merkezi, Trafik Gözlem Kameraları, Adaptif Trafik Yönetim Sistemi (ATAK), Akıllı Aydınlatma Kontrol Sistemleri, Atık Yönetim Sistemleri, Akıllı Otopark Sistemleri
Antalya	Güneş Enerji Santralleri, Elektrik Üreten Stadyum, Akıllı Sağlık Uygulamaları
Kayseri	Akıllı Sulama Sitemleri, Akıllı Otopark Sistemleri, Sürdürülebilir Enerji Eylem Planı, Akıllı Aydınlatma, Katı Atıktan Enerji Üretimi, Akıllı Durak, Akıllı Şehir Kayseri Mobil Uygulama
Konya	Akıllı Kavşak Projeleri, Akıllı Toplu Ulaşım Sistemleri, Metan Gazından Elektrik Üretimi, Merkezi Trafik İşletim Sistemi
Mersin	Akıllı Kavşak, Çöpten Elektrik Üretimi, VR Mersin Uygulaması

Dünya'da örnek akıllı şehirler: Amsterdam, Barselona, Seul, Santander, Viyana, Dubai, Kopenhag, Londra, New York, Singapur [13].

Tablo 1.2. Dünya'da Örnek Akıllı Şehir Uygulamaları

DÜNYA'DA ÖRNEK AKILLI ŞEHİR UYGULAMALARI	
Amsterdam	Akıllı Trafik Yönetimi, Yaşayan Laboratuar, Nesnelerin İnternetiyle Enerji Üretimi, Akıllı Aydınlatma Direkleri, IoT Living Lab
Barselona	Otomatik Atık Toplama Sistemi, Kendine Yeten Enerji Yatırımları, Akıllı Aydınlatma, Cepte Barselona, Fablab, Akıllı Su Yönetimi, Uzaktan Sulama
Santander	Akıllı Sulama Sistemleri, Akıllı Otopark Sistemleri, Hava Kalitesi Ölçümü, Akıllı Ulaşım Sistemleri
Londra	Görme Engelliler İçin Metro İstasyonunda Navigasyon, Emisyon Ücreti (T-Charge) Uygulaması, Talk London İnisiyatifi
Singapur	Singapur Otonom Araç Girişimi (Savi) , Sanal Singapur (Virtual Singapore) , Akıllı Sayaç Denemeleri, Yeşil Bina Girişimi
Dubai	Akıllı Şebeke, Mutluluk Ölçer, Akıllı Solar Palmiye, Sürdürülebilir Kentsel Alanlar

1.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Temel Kavramlar

Harita, en kolay tanımıyla yeryüzünün belirli bir ölçeğe göre küçültülüp kâğıt üzerine aktarılmasıdır. Arazide bulunan nesnelerin (parsel, bina, yol, dere, direk gibi) konumları (x,y,z) harita mühendisliği teknikleri ile ölçülüp çizgi ve özel işaretlerle grafiksel olarak sunulur. Teknolojinin hızlı gelişimi ile artık kâğıt yerine elektronik ortamda veri üretilmeye ve depolanmaya başlanmıştır. Böylece geleneksel kâğıt haritalar elektronik haritalara dönüşmüş, dolayısıyla “akıllı haritalar kavramı” doğmuştur [28].

Günümüzde karar vericiler tek başına grafik gösterim yerine artık nesnenin özelliklerini barındıran ilave öznitelik bilgilerine de ihtiyaç duymaktadırlar. Bu kapsamda hem grafiksel bilgileri hem öznitelik bilgilerini bir arada tutabilen daha yetenekli sistemlere ihtiyaç duyulmuştur. İlk olarak CAD (Bilgisayar Destekli tasarım-Computer Aided Design) programları kullanılmış ancak analiz ve sorgulama yeteneklerinin çok üstün

olmaması gibi nedenlerden yetersiz görülmüş ve bu durum Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin ortaya çıkması için zemin hazırlamıştır [28].

Akıllı şehirler gibi CBS'nin de birçok alanda kullanılması gelişime açık olması standart bir tanımının olmasına izin vermemiştir. Ancak yine literatürde yer alan bir kaç tanımına bu kısımda yer vereceğiz.

CBS “Konuma dayalı işlemlerle elde edilen grafik ve grafik olmayan verilerin toplanması, saklanması, analizi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bir bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir” [29].

Bir diğer tanımlama da ise "karmaşık planlama ve yönetim sorunlarının çözülebilmesi için tasarlanan; mekândaki konumu belirlenmiş verilerin kapsanması, yönetimi, işlenmesi, analiz edilmesi, modellenmesi ve görüntülenebilmesini kapsayan donanım, yazılım ve yöntemler sistemidir." şeklinde ifade edilmiştir [30].

Coğrafi Bilgi Sistemi temel anlamda konumsal veriyi toplamak ve uygun yöntemlerle analiz ederek kullanıcıya sunmak için kullanılan bir platformdur. CBS konum ile bilgiyi ilişkilendirerek karar destek sistemlerine de katkı da bulunur.

Akıllı şehir çalışmalarında da karar vericiler en uygun yeri tespit etmek için mekânsal veriye ihtiyaç duymaktadırlar. CBS bu noktada farklı kurumlar tarafından üretilen konumsal veriyi ve öz nitelik bilgilerini birleştirerek analiz etme ve ortak bir veri tabanında depolama imkânı sunmaktadır [10].

Şehirler çok sayıda bileşenden oluşan ve birbiri ile etkileşimli yapılara sahip karmaşık sistemlerdir. Bu nedenle durum analizini kolaylaştırmak ve en iyi kararları almak için, farklı bilgi katmanlarına en hızlı erişimi sağlamak için CBS ye merkezi bir rol atamak gerekmektedir. Konum verileri artık karar alma sürecinde çok önemli bir yere sahiptir. Bu noktada CBS akıllı şehir gelişiminin önemli bir bileşeni olarak görülmektedir [31].

1.3.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bileşenleri

Coğrafi Bilgi Sisteminin temel fonksiyonlarını yerine getirmek ve sistemin bütünleşik çalışması için 5 ana unsurun bir arada olması gerekmektedir. Bu bileşenler yazılım, donanım, insanlar ve yöntemlerdir [28,29].

Veri: CBS için olmazsa olmaz en önemli bileşenlerden olan verinin elde edilmesi de bir o kadar zor ve maliyetlidir. CBS ile yapılacak projelerde harcanan zaman ve maliyetin büyük çoğunluğu veri toplama aşamasında harcanmaktadır. Coğrafi veriler veri katmanında tutulur. Örneğin bina çokgen geometrisi ile birlikte bina alanı, kat sayısı, bina adı, kullanım amacı gibi geometrik olmayan öznitelik bilgileri tablo yapısında tutulur. Genel olarak haritalama metot ve teknikleri ile toplanan veriler, uygun CBS yazılımları ile veri tabanlarında saklanır. Analiz ve işlemler bu sayede kullanıcı tarafından rahatlıkla yapılır [28]. Coğrafi verilerin kullanılmasında sunumunda ve paylaşılmasında veri üretim ve kullanım standartlarının belirlenmesi çok önemlidir. Günümüzde de uluslararası alanda Avrupa birliği mekânsal veri altyapısı projesi (INSPIRE) ve ülkemiz de TUCBS Türkiye ulusal coğrafi bilgi sistemleri projeleri ile coğrafi veri standartları oluşturma çalışmaları halen sürmektedir.



Şekil 1.4. Coğrafi Verilerin Temsilen Örnek Geometri ve Öznitelikleri [30]

Donanım: CBS'nin temel fonksiyonlarını yerine getirmeyi mümkün kılan bilgisayar ve buna bağlı diğer yan ürünlerin tamamı donanım olarak tanımlanır. Tabi ki daha yüksek performans alınması için bu bilgisayarların yoğun veri depolama, grafik ve görüntü işleme kapasitesine sahip olması gerekmektedir. Bugün kullanılan CBS yazılımları birçok farklı platformda çalışma kapasitesine sahiptir. Masaüstü bilgisayarlar, web sunucuları ve günümüzde en aktif kullanılan cep telefonlarına kadar birçok donanım platformunda CBS'yi işletmek mümkün hale gelmiştir [28,29].

Yazılım: Coğrafi verilerin işlenebilmesi, analiz edilmesi ve görüntülenebilmesi gibi ihtiyaç ve fonksiyonları barındıran ve bunları bilgisayar aracılığı ile kullanıcıya sunan programlardır. Dünyada CBS yazılımlarının çoğu özel sektör tarafından geliştirilmekte olsa da üniversiteler ve çeşitli araştırma kuruluşlarınca geliştirilen yazılımlar da bulunmaktadır. Günümüzde web CBS yazılımları daha popüler bir hal almaktadır. CBS yazılımlarına örnek olarak Arcgis, İntergraph, Mapinfo ve açık kaynak kodlu QGIS örnek olarak verilebilir [28,29].

Bir CBS yazılımından beklenenler;

- Veri girişi için gerekli araçların bulunması
- Veri tabanı yönetim sistemi bulunması
- Gelişmiş mekânsal ve sözel sorgulama
- Coğrafi analiz, tematik harita üretme ve ek donanım bağlantıları gibi yeteneklere sahip olması gerekir [28,29].



Şekil 1.5. CBS'nin Temel Bileşenleri [28]

İnsanlar: Yukarıda söz edilen bileşenler her ne kadar bir sistem içerisinde vazgeçilemeyen elemanlar olsa da CBS teknolojisi insan olmadan sınırlı yapıda olurdu. Çünkü CBS bir karar destek sistemi olmasından ötürü insan odaklıdır. Yöneticilerden

veri giriş operatörüne, programcısından sistem yöneticisine farklı görevlerdeki uzman kişilerin varlığı ve onların CBS'ye sahip çıkması bu teknolojinin gelişimi için büyük öneme sahiptir [28,29].

Yöntemler: Başarılı bir CBS ancak çok iyi kurgulanmış bir plan ve iş akışı ile yönetilebilir. Her kurumun kendine özgü iş modelleri ve yöntemleri bulunmaktadır. Kurumlar arasında mekânsal bilgi akışının sağlanması için gerekli kural ve yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu sebeple coğrafi veri standartlarının sağlanması için gerekli mevzuat ve yönetmelikler hazırlanarak ilkeler belirlenmelidir [28,29].

1.3.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanım Alanları

Coğrafi bilgi sistemleri birçok sektör tarafından kullanılan etkin bir mekânsal analiz aracı olarak geniş bir uygulama alanına sahiptir. CBS gerek özel sektör de gerek kamu kurumlarında ve akademik çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır. CBS sahip olduğu özellikler itibarıyla, konum bilgisi ile alakalı her türlü uygulamanın içerisinde yer almaktadır. Özellikle arazi yönetimi, planlama, tarım, orman, peyzaj, inşaat, jeoloji, iklim, atmosfer, savunma, emniyet, turizm, arkeoloji, yerel yönetim, nüfus, eğitim, çevre, sağlık ve benzeri birçok uygulamalı meslek dallarında CBS önemli bir ortak kavram olarak kullanılmaya başlanmıştır [28,29].

Tablo 1.3. CBS Uygulama Alanları [29]

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ UYGULAMA ALANLARINDAN BAZILARI	
Çevre Yönetimi	Çevre düzeni planları, sulak alanların tespiti, hava ve gürültü kirliliği, kıyı yönetimi, hidroloji, meteoroloji
Doğal Kaynak Yönetimi	Arazi yapısı, su kaynakları, akarsular, havza analizleri, yer altı ve yer üstü doğal kaynak yönetimi
Mülkiyet-İdari Yönetim	İmar planları, hâlihazır haritalar, İdari sınırlar, tapu ve kadastro, kentler, nüfus
Belediye Faaliyetleri	Kent bilgi sistemleri, ulaşım, mezarlık, itfaiye, yeşil alan, imar planları, altyapı
Ulaşım Planlaması	Ulaşım ağlarının planlanması, ulaşım haritaları, yer seçimi
Bayındırlık Hizmetleri	Bölgesel kalkınma, bina hasar tespitleri, risk analizleri, afet yönetimi, deprem zonları, fizibilite çalışmaları

Coğrafi bilgiye dayalı büyük hacimli verilerin işlenmesi, analiz edilmesi ve sonuçlara göre karar üretilmesi ancak CBS'nin etkin bir şekilde kullanımıyla mümkün olabilmektedir [28,29].

Coğrafi Bilgi Sistemlerine yönelik uygulama alanlarını, yaşamımızın birçok evresinde görmemiz mümkündür. Bu bahsedilen alanlardan bazıları Tablo 1.4'de özetlenmektedir.

Tablo 1.4. CBS Kullanım Alanlarından Bazıları [29]

CBS KULLANIM ALANLARINDAN BAZILARI	
Elektrik/Gaz İşletimi	İmar ve Kadastro
Jeoloji/Yer Bilimleri	Çevre Yönetimi
Askeri/İstihbarat	Harita Yapımı
Risk Yönetimi	Arazi Kullanımı
Su ve Atık Su Yönetimi	Telekomünikasyon
Yerel Yönetim	Ziraat/Tarım
Taşımacılık	Ormancılık

1.3.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kazanımları

Coğrafi bilgi sistemleri hem veri üretimi hem veri tabanı modelleme hem de analiz yeteneklerini bir arada bulundurmaktadır. Buna ek olarak projelerde karar destek mekanizmasının merkezinde yer almaktadır. Tüm bu yetenekler CBS'yi diğer sistemlerden bir adım öne taşımaktadır.

Coğrafi bilgi sistemlerinin vatandaşlar yerel yönetimler ve merkezi yönetim için kazanımları şu şekilde ifade edilebilir;

- Vatandaşların coğrafi bilgiden etkin olarak faydalanması için, coğrafi bilginin diğer verilerle birleştirilerek yerel hizmetlerin nerede olduğunun ve nasıl ulaşabileceğinin bilgisinin verilmesi gereklidir. Bu sayede vatandaşlar trafik sıkışıklığı otobüs hat ve konum bilgisi gibi birçok hizmete erişerek ekonomik ve zamansal olarak tasarruf sağlamaktadır. Bu sayede yerel yönetimlerde yaşamın daha iyi yönetilmesini sağlamış olmaktadır.

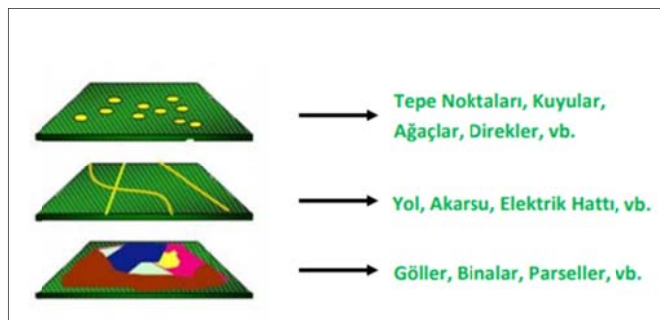
- Coğrafi bilgi sistemleri yerel yönetimlerin iyi ve etkin bir kamu hizmeti sunmasına ve doğru planlamalar yapılarak kaynakların en doğru şekilde kullanılmasına yardımcı olur. Bu sayede vatandaşların yaşam kalitesi de artırılmış olmaktadır [28].

Sonuç olarak CBS'nin tüm kazanımlarını değerlendirdiğimizde, toplumların yaşam seviyesini kalitesini yükselten bir olgu olduğu görülmektedir. Karar vericilerin hızlı ve doğru kararlar alabilmesi için coğrafi veri üretimi ve bilgi sistemlerinin yönetimi çok önemlidir. CBS akıllı şehir uygulamalarının yer seçim çalışmalarında da karar vericilere en hızlı ve doğru verilerin gösterilmesini sağlamaktadır. Bu sebeple bu çalışmada CBS'nin tüm fonksiyonlarından faydalanılarak sonuçlar çıkarılmaya çalışılacaktır.

1.3.4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Veri Modelleri Ve Analizler

CBS’de iki farklı veri modeli bulunmaktadır. Bunlardan biri vektörel veri modeli diğeri ise raster veri modelidir.

Vektörel Veri Modeli: Nokta, çizgi ve poligonların koordinat değerleri (x,y) ile depolandığı veri yapılarıdır. Örneğin bir elektrik direği nokta özelliği ile tek bir koordinat ile tanımlanır. Yol verisi veya akarsu gibi veriler koordinat dizisi ile saklanır. Poligon özelliğine sahip coğrafi veriler ise örneğin parsel veya bina verisi başlangıç ve bitişinde aynı koordinat olan koordinat dizisi ile tanımlanır [29].

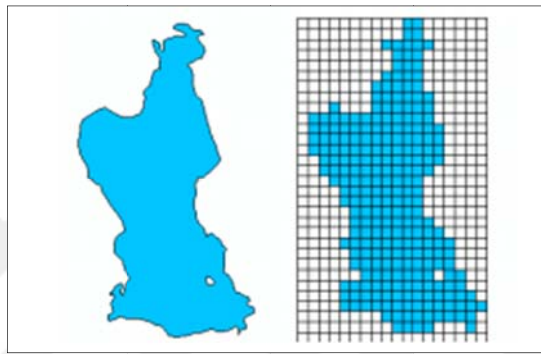


Şekil 1.6. Vektör Veri Tipleri ve Birkaç Örnek [30]

Raster Veri Modelleri: Raster veri yapısı sürekliliğe sahip coğrafi varlıkları tanımlamada kullanılır. Bu veri modeline hücresel veri modeli de denilmektedir. Birbirine komşu olan aynı boyuttaki hücresel yapıların bir araya gelmesi ile meydana gelir. Bu hücrelerin her birine piksel adı verilir. Fotoğraf özelliğine sahip olup

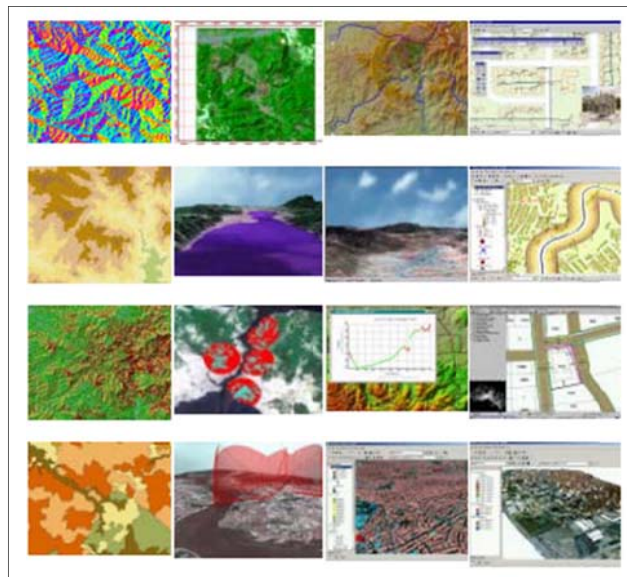
genellikle uydu görüntüsü fotoğraf veya tarayıcıda ile taranmış evraklar raster veri modelindedir [29].

Raster verilerin vektör verilere göre veri depolama hacmi oldukça büyüktür. Bazı analizlerin (yakınlık, bindirme analizleri gibi) raster veri formatında yapılması daha kolaydır. Veri hassasiyeti yönünden bakıldığında raster veriler piksel tabanlı olduğu için veri kayıplarına sebebiyet verebilir. Vektörel veri formatında veri güncelleme öznelilik bilgilerine ulaşma hızı daha yüksektir [29].



Şekil 1.7. Vektör Veri Tipindeki Bir Verinin Raster Veri Tipinde Görünümü [30]

Şekil 1.7'de sol tarafta göl detayının vekörel olarak temsili, sağ da ise aynı gölün raster olarak temsil edilmiş hali görünmektedir. Vektörel olan da dış çevre kıyı çizgisi ile tam olarak ayrılmaktadır, rasterlarda ise hücreler coğrafi bilgiyi vermek üzere kodlanmıştır [29].



Şekil 1.8. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Yapılabilecek Analizlere Örnekler [30]

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde ki veri yapılarını inceledikten sonra bu verilerle hangi tür analizlerin yapıldığını da incelemek gerekmektedir. Veri tabanlarında depolanan veriler üzerinde konumsal sorgulama, verilerin görüntülenmesi ve çeşitli analizler yapmak mümkündür. Analiz işlemleri mevcut girdiden faydalanarak kullanıcının istediği yeni bilgi kümelerini üretir [29].

Tablo 1.5’de CBS’de yapılabilecek analizlere örnekler gösterilmektedir.

Tablo 1.5. CBS'de Analiz Türleri [29]

COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİNDE ANALİZ TÜRLERİ	
Tampon Bölgeleme (Buffer)	Taşkın Analizleri,
Bindirme Analizleri (Overlay)	Yer Seçim Analizleri,
Yakınlık Analizleri (Proximity)	Yeniden Sınıflandırma
Görünürlük Analizleri (Viewshed Analysis),	Yoğunluk analizleri (Density Analysis)
Yüzey Analizleri (3D, Aspect, Slope, Elevation, Visibility, Line of Site, Cut&Fill),	Kısayol ve Altyapı Yönetim Analizleri (Network Analysis)

Bu çalışmada da birçok raster ve vektör veri yapısına sahip coğrafi veriler kullanılacak olup bu veriler üzerinden çeşitli analizler yapılacaktır.

1.3.5. Karar Verme Analizleri

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde üretilen veriden istatistik ve analizler çıkarabilmek aslında karar vericiler için çok değerli bir yol göstericidir. Karmaşık verilerin istatistiksel olarak incelenmesinin yanında eldeki verilerden yararlanılarak ileriye dönük tahminlerin yapılması, yatırım amaçlı projelerin yer tespiti, planlama için gerekli donatı alanlarının en uygun alana yerleştirilmesi, yöneylem analizleri gibi birçok karar verme analizleri CBS yardımıyla daha dinamik bir yapıda olmaktadır. Nitekim verilerin gerçekçi yapıda olması başta kamu kurumları, belediyeler ve diğer karar verme organları için keyfi kararları ortadan kaldırmış ve çok seçenekli sonuçları ortaya koymuştur [29].

Bu çalışmada da karar vericilerin yapacağı akıllı şehir uygulamaları için karar verme analizleri ile en doğru yatırımların en uygun yere yapılması sağlanarak verimsiz ve

yanlış yatırımların önüne geçilmesi planlanmaktadır. Bu sayede şehirlerin geleceği daha planlı bir şekilde inşa edilerek şehirlerde yaşayanların yaşam kalitesinin artırılmasına destek olunacaktır.

1.4. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Akıllı Şehirlerdeki Rolü Ve Önemi

CBS, sürdürülebilir kentsel planlama, geliştirme ve yönetim için mekânsal-zamansal bilgileri toplamak, yönetmek, derlemek, analiz etmek ve görselleştirmek için entegre bir sektörler arası platformdur [32]. Akıllı şehirlerde veri güdümlü uygulamalardır. Dünyada BİT ve CBS birleşimi çok sıcak bir konu olup yeni incelenmeye başlanmıştır. Bu bölümde CBS ve akıllı şehirlerin birbirleri ile ilişkisi incelenecektir.

Akıllı şehirler üzerine ortaya çıkan araştırmalar analiz edildiğinde, özellikle akıllı şehirler kavramının geliştirilmesi ve uygulanmasında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) potansiyel rolüne değinildiği görülmektedir. Başka bir deyişle, akıllı bir şehrin, öncelikle mekânsal olarak etkin bir şehir olması gerektiği düşünülmektedir [8].

Her yıl gelişen bilgisayar donanımlarının kapasitesi ve bulut bilişim gibi yeniliklerin artmasıyla CBS gelişmekte olan akıllı şehirlere daha fazla verimlilik ve uyum sağlamaktadır. CBS uzaktan algılama, fotogrametri ve bilgisayar teknolojilerine daha yakın bir platform olduğundan akıllı cihazlara daha fazla özellik kazandırmaktadır. Çok sayıda sensör tarafından toplanan büyük coğrafi etiketli veri hacimlerinin nasıl yönetileceği ve bulut bilişim ortamında profesyonel CBS işlevlerinin nasıl uygulanacağı akıllı şehir yönetimini kolaylaştırmak için acil sorulardır. CBS'nin şehir yönetimini daha verimli ve akıllı bir şekilde dönüştürmek için önemli bir platform olduğunu ve şehirlerin akıllı gelişimi için, ulaşım planlaması, risk için bilgi modellemesi, rüzgâr ve güneş enerjisi, atık dönüşümü gibi akıllı şehir uygulamalarına birleştirici bir platform olduğu görülmektedir [33]. Mekânsal analiz ve modelleme yapmak için CBS giderek daha fazla kullanılmaktadır. Haritanın CBS ile dijitalleşmesi ve web tabanlı CBS teknolojisinin gelişimi ile vatandaş tarafından kullanılabilecek web ve mobil uygulamalara geçiş kolaylaşmıştır. CBS'yi akıllı şehir teknolojileri ile entegre etmek CBS uygulamalarını önemli ölçüde genişletebilir [34].

Akıllı bir kent tasarlamak ya da var olan bir kenti akıllı bir şehre dönüştürmek çok karmaşık bir iştir. Bu ancak birçok disipline hâkim iyi eğitilmiş profesyoneller bir araya

getirilerek başarılabilir. Akıllı bir şehir yaratma konusunda bu yetenek şimdilik dünyaca ünlü teknoloji firmalarının çözümleri ile oluşturulmaya çalışılıyor. Ancak hiçbiri bu hedefe ulaşmada CBS'nin önemini yeterince kavramış gözükmemektedir [34].

Eğer gerçekten dünya kentini temsil eden bir CBS modeline sahipsek akıllı bir şehir yaratma mümkün olabilir. Var olan veya yeni bir şehirde akıllı bir şehir tasarlamak ya da akıllı bir şehri yönetmek, muazzam bir mekânsal referanslı veri tabanı talep etmektedir [34].

CBS teknolojisi planlama destek sistemlerini, bilgisayar ve bilgi teknolojisinin bir kombinasyonunu içeren karar alma çerçevelerini, kentsel büyüme modellerini ve bilgisayar destekli görselleştirme tekniklerini karar verme çerçevelerini yönlendirmek için kullanılacak potansiyele ve kabiliyete sahiptir [35].

Şehirlerin nüfusunun ve karmaşıklığının arttığı bu yüzyılda doğru planlama ile akıllı şehirler geliştirmek gelecek için çok önemlidir. Sürdürülebilir şehirler kurmak ve akıllı şehirlere yön vermek için CBS karar destek yönünden çok yardımcı bir elemandır. CBS ile birlikte kullanılabilecek modellerin geliştirilmesi zaman alıcı olabilir. Ancak daha planlı ve daha akıllı şehirler için bu modellerin kurulması çok önemlidir.



Şekil 1.9. Akıllı Şehir Yapısı

Bu bilgiler değerlendirildiğinde;

Bu çalışmada bilgi tabanlı teknoloji, uzman görüşleri ile harmanlayarak problemleri çözmek için deneyimi, sezgiyi ve coğrafi verileri birleştirmiş olacağız. Bu çalışmada belirli karar destek problemleri için, CBS modellerini ve uzman görüşlerini bir dizi özel uygulamada birleştireceğiz. Bu uygulamalar için yer seçiminde CBS'nin karar destek yeteneğini kullanmış olacağız.

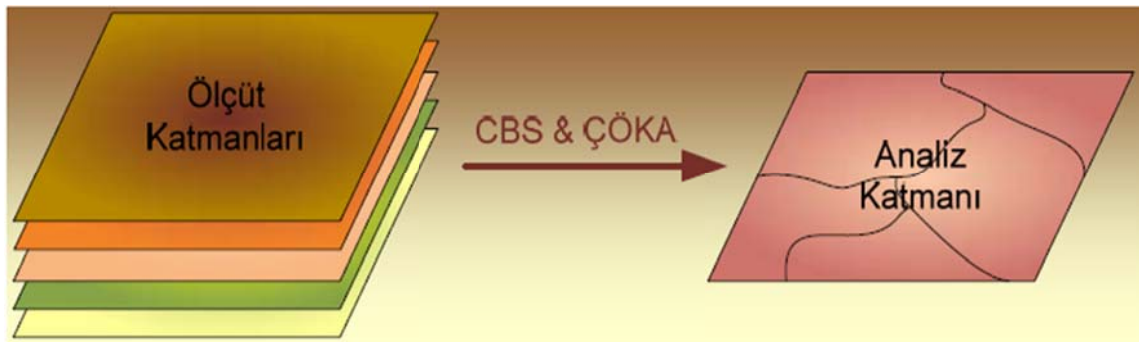
1.5. Coğrafi Bilgi Sistemi ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Karar verme genel anlamda birçok seçeneğin bir veya daha fazla kriterle birlikte değerlendirilerek en uygun çözümün bulunması sürecidir. Karar verici ya da uzman kişi seçim sürecinde bazı ölçütlerin diğerlerine oranla daha önemli veya daha az önemli olduğunu düşünebilir. Bu sebepten karar vermede en dikkat edilecek aşama kriterlerin birbirlerine göre ağırlıklarının belirlenme sürecidir [36].

Mekânsal veri ve bilgi isteyen karar problemleri konumsal karar problemleri olarak adlandırılır. Konumsal karar verme ile ilgili olarak planlama, yerleşim yeri seçimi, doğal kaynak yönetimi ve afet risk değerlendirmeleri örnek verilebilir. Konumsal karar problemleri çok sayıda ölçütün birçok kritere göre değerlendirmesini gerektirdiğinden çok ölçütlü karar analizi (ÇÖKA) ile incelenir [36].

Konumsal ÇÖKA'nın coğrafi konum bileşeni ile birlikte kullanılması klasik ÇÖKA tekniklerinden ayrılmasına neden olmaktadır. Konumsal ÇÖKA'da seçeneklerin konumu ve ağırlıkları birlikte değerlendirildiğinden Coğrafi Bilgi Sistemleri konumsal bilgi ve analiz noktasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle Konumsal ÇÖKA CBS tabanlı ÇÖKA olarak da isimlendirilmektedir [36].

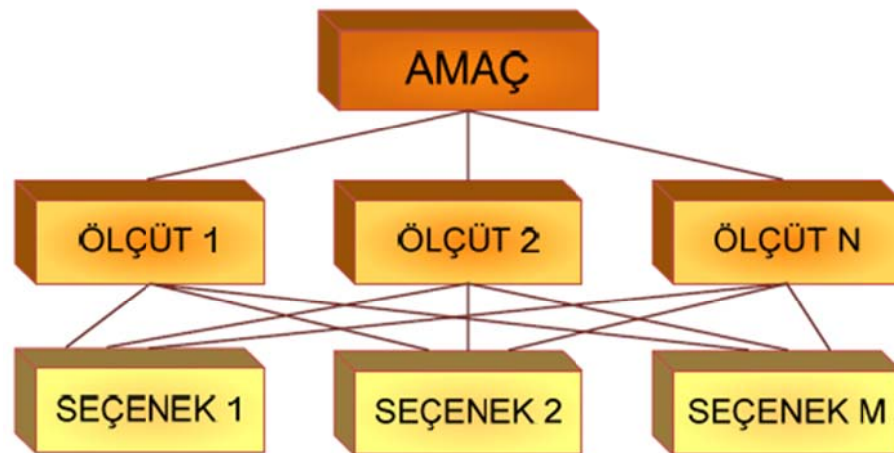
Konumsal ÇÖKA, coğrafi verileri, karar vericilerin değerlendirmelerini ve bu veri ve değerlendirmelerin bir karar kuralına göre birleştirilmesini kapsar. Dolayısıyla konumsal ÇÖKA'yla, karar analizinde kullanılan birden çok sayıda coğrafi katmandan bir sonuç katman elde edilir [36].



Şekil 1.10. Konumsal Çok Ölçütlü Karar Analizi [36]

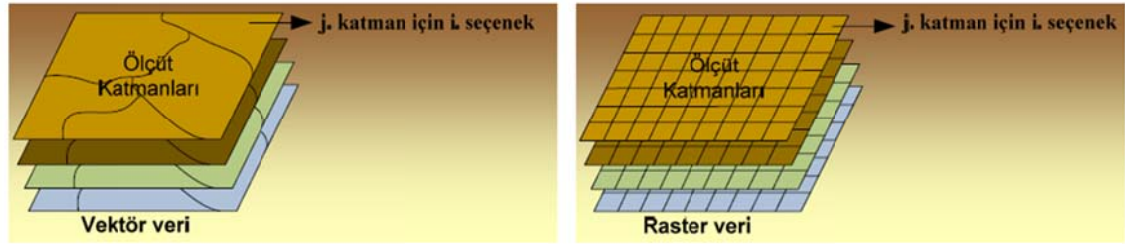
1.5.1. Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP)

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), ilk olarak 1968 yılında Myers ve Alpert ikilisi tarafından ortaya atılmış ve Saaty tarafından 1980 yılında bir model olarak geliştirilmiştir. Çok kriterli karar verme yönteminin bir alt başlığı olan AHP ön fizibilite, çalışma öncesi planlama ve proje önceliklendirme çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. AHP'nin kullanım alanlarına bakıldığında enerji, eğitim, çevre, sanayi, inşaat kamu kaynaklarının planlanması, stratejik planlama, sağlık gibi birçok alanda tercih edilen bir yöntem olduğu görülmektedir. AHP de ikili karşılaştırma metodu kullanılarak kriterler arasındaki önem derecesi ve kriterlerin ağırlıkları belirlenmektedir. Bu ağırlıklara göre karar verici “Hangisini seçeceğiz?” veya “En iyisi hangisidir?” sorularına yanıt bulmuş olacaktır [37,38,39].



Şekil 1.11. Analitik Hiyerarşi Modeli [36]

Analitik hiyerarşik model 3 düzeyden oluşmaktadır. Birinci düzeyde problemin genel amacı belirlenir. Daha sonra ikinci düzeyde ölçütler yani kriterler belirlenir. Son olarak ise konumsal veriler ile birlikte seçenekler yer alır. Konumsal veriler için seçenekler vektör veri yapısında nokta, çizgi ve poligonlarla; raster veri yapısında piksellerle ifade edilir [36].



Şekil 1.12. Konumsal Verilerde Ölçüt Ve Seçenekler [36]

AHP süreci altı adımdan oluşmaktadır.

Adım 1: Hiyerarşik yapı oluşturularak problemin amacı, kriterleri ve alternatifleri belirlenir [39].

Adım 2: Kriterler için ölçütlerin ikili kıyaslamaları yapılır ve bunun sonucunda kriterlerden hangisinin önemli olduğu belirlenir. Saaty tarafından oluşturulmuş 1-9 ölçekli değerlendirme tablosu ile karşılaştırma yapılır [39].

Tablo 1.6. AHP Değerlendirme Ölçeği

Önem	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	İki faktör aynı derecede önem taşır
3	Biraz daha fazla önemli	Biri diğerine göre biraz daha fazla önem taşır
5	Oldukça önemli	Biri diğerine göre oldukça önem taşır
7	Çok daha önemli	Biri diğerine göre çok daha fazla önem taşır
9	Kesinlikle daha önemli	Biri diğerine göre kesinlikle daha fazla önem taşır
2,4,6,8	Ara değerler	Tercih değerleri birbirine yakın olduğunda kullanılır

Adım 3: Karşılaştırma matrisleri ile ağırlıkların vektörü (w) bulunur. İlk olarak ikili karşılaştırma matrisi, $A.w = \lambda_{\max} \cdot w$ normalize hale getirilir. Sonra ağırlıklar bulunur. Normalizasyon, a_{ij} 'nin bütün elemanlarının sütun toplamına bölünmesiyle bulunur [39].

$$\text{Ağırlık hesaplanması; } w_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n} \quad (1)$$

Adım 4: Tutarlılık oranının hesaplanması (CR)

CR katsayısı, tutarlılık indeksinden (CI) sonra hesaplanır. İkili karar matrisi karşılaştırmalarında CR %10'dan az olursa tutarlı kabul edilir

$$\text{CI hesaplanması; } CI = (\lambda_{\max} - n) / (n-1) \quad (2)$$

CR, CI'nın rastgele tutarlılık indeksine (RI) bölünmesiyle bulunur.

$$\text{CR değerinin hesaplanması; } CR = CI / RI \quad (3)$$

Tutarlılık oranı, CR'de hesaplandığında tamamlanır.

CR < %10 ise, değerler tutarlıdır. CR $\geq$ %10 ise, değerler tutarsızdır. İkili karşılaştırma matrisindeki değerler tekrardan kontrol edilmelidir.

Tutarlılık analizinde tablodan RI indisine bakılır [39].

Tablo 1.7. Rassallık İndisi (RI)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Adım 5: AHP değerlerinin analizi Eldeki değerler tutarlı ise değeri en yüksek olan en iyi alternatif seçilir [39, 40].

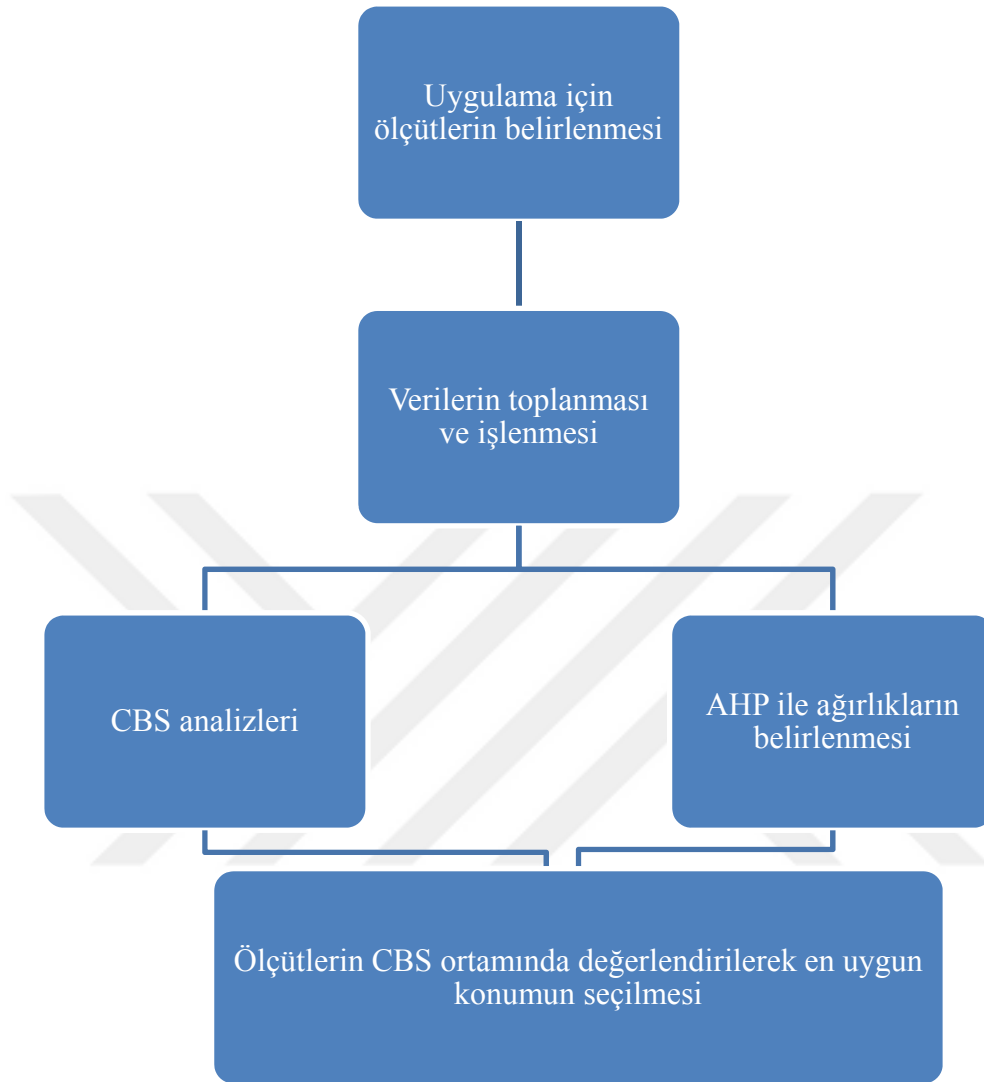
2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Yöntem

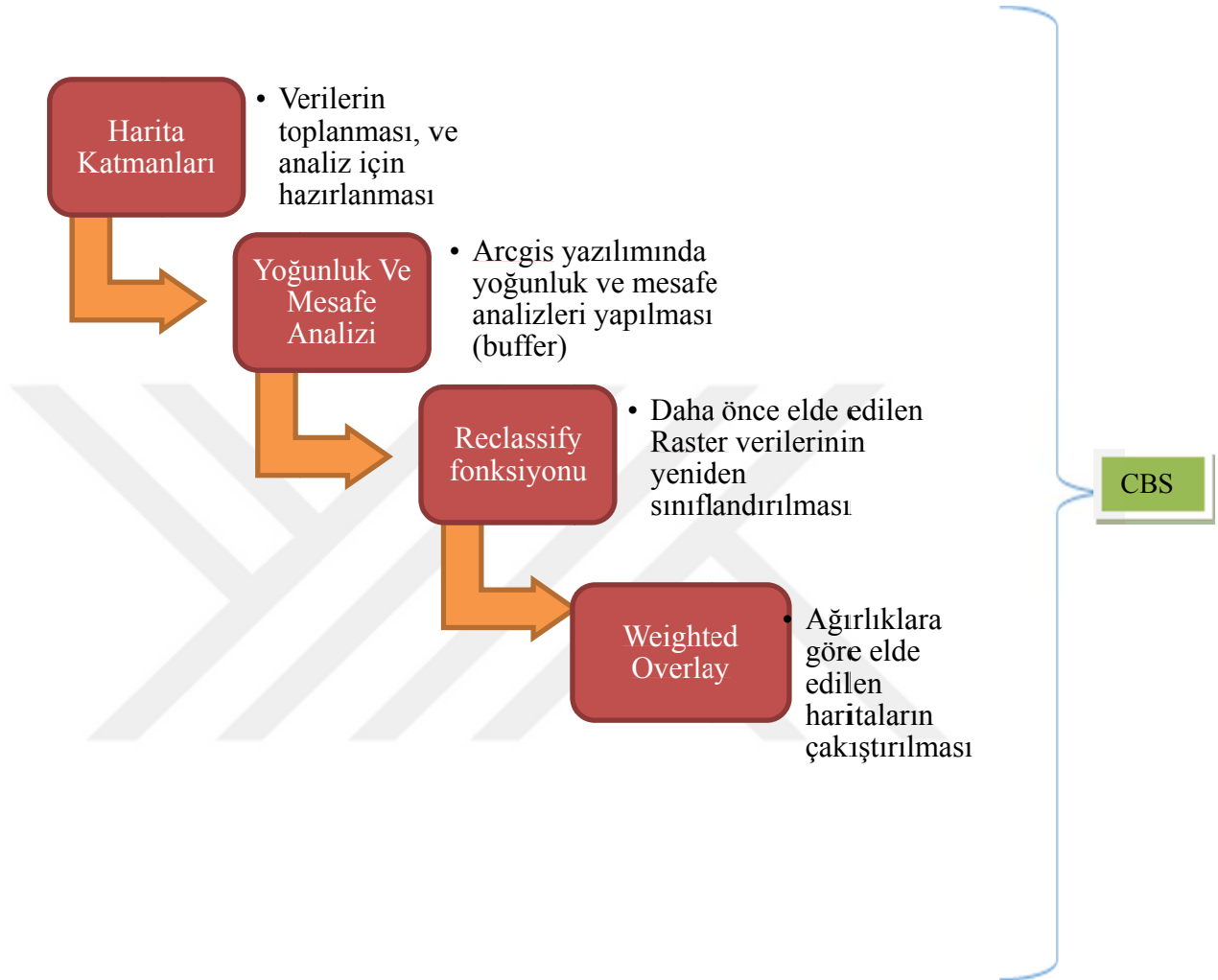
CBS teknolojisi son yıllarda özellikle konumsal verilerin elde edilmesinde, yönetiminde ve analiz edilmesinde kullanılan popüler bir teknoloji olarak ortaya çıkmıştır. CBS ayrıca yer seçimi, bölgesel planlama ve karar destek sistemlerinde de oldukça sık kullanılmaktadır. Yer seçim sürecinde ve karar verme modellerinde uygun kriterlerin belirlenmesinde CBS'nin rolü ortaya çıkmaktadır. CBS karar vericiye kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde ve analiz sonucunun görselleştirilmesinde yardımcı olmaktadır. Yer seçiminde uygun olmayan seçeneklerin elenmesi veya en uygun seçeneğin belirlenmesinde ÇKKV tekniği kullanılmaktadır. CBS'nin karar destek sistemi CBS'nin ÇKKV teknikleriyle birleştirilmesi sonucunda başarılı olmaktadır [40].

Bu çalışmada kullanılacak yöntem öncelikle uygulamaların ve ölçütlerin belirlenmesi, verilerin toplanması ve işlenmesi, sonrasında ArcGIS yazılımının mekânsal analiz modülü kullanılarak ağırlıklandırılmış bindirme işlemi ile AHP yöntemi entegre edilerek en uygun konum haritalarının çıkarılması olacaktır. İş akış şeması Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



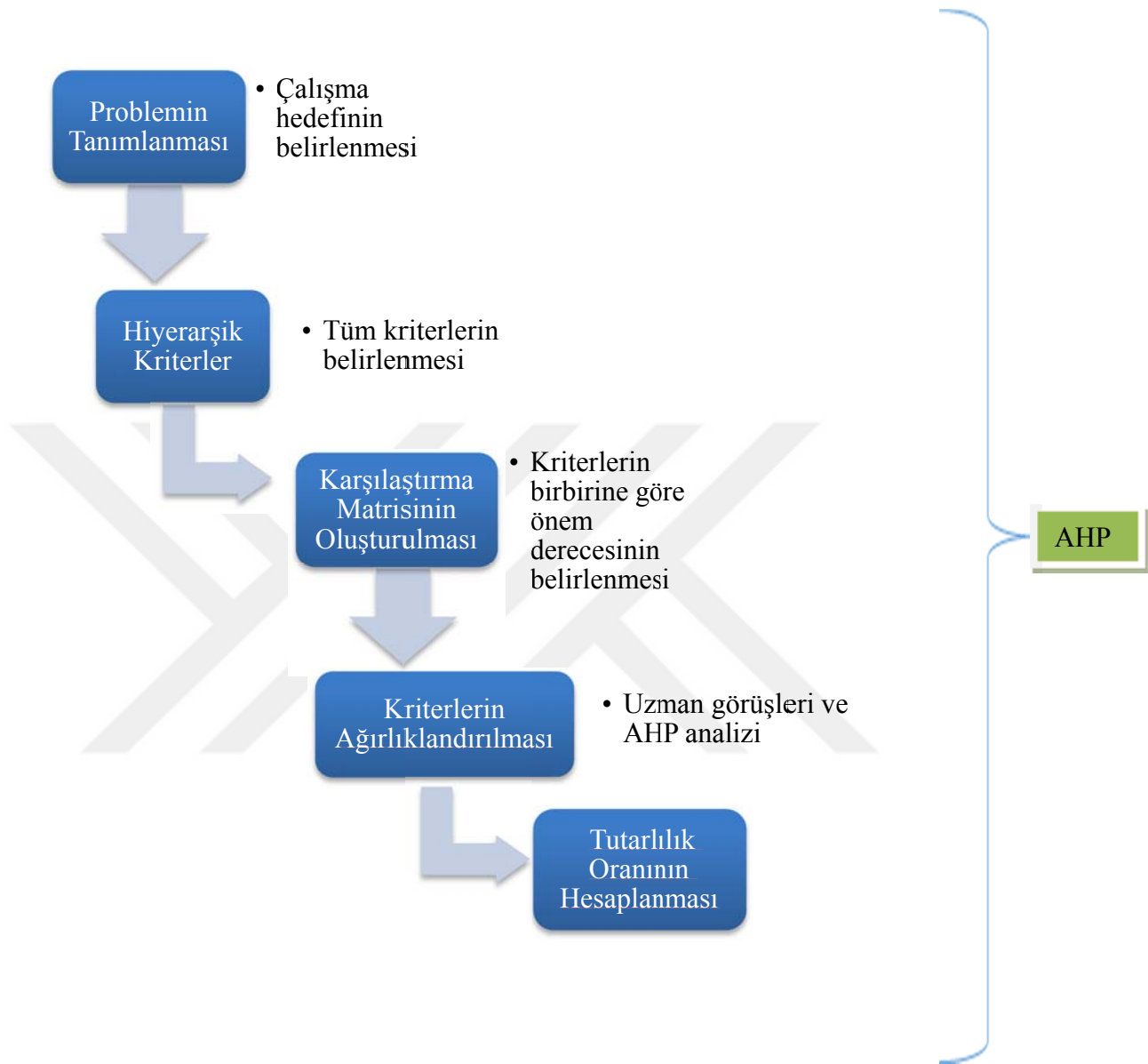
Şekil 2.1. İş Akış Şeması

CBS'nin kullanılacağı işlem adımları Şekil 2.2'de gösterilmektedir. İlk olarak verilerin toplanması ve hazırlanması yapılacaktır. Daha sonra her kriter için mesafe analizleri yapılacaktır. Yapılan analizler kriter değerlerine göre yeniden sınıflandırılacak ve son olarak da belirlenen ağırlıklara göre haritaların çakıştırılma işlemi yapılacaktır.



Şekil 2.2. CBS İş Akış Şeması

AHP yönteminde kullanılacak iş akış şeması Şekil 2.3'de gösterilmektedir. Buna göre ilk olarak problem belirlenecek daha sonra probleme göre kriterler belirlenip, birbirine göre üstünlükleri karşılaştırılacaktır. Son olarak ise ağırlıklar belirlenerek tutarlılık oranı hesaplanacaktır.

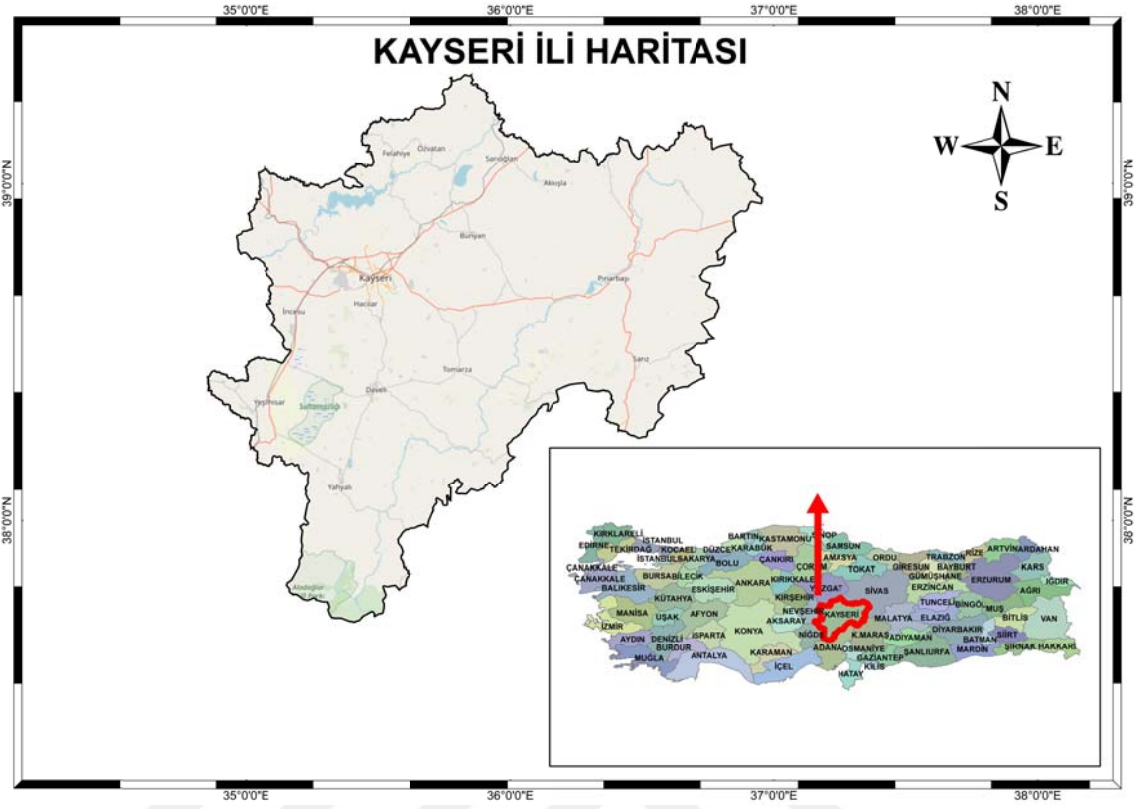


Şekil 2.3. AHP İş Akış Şeması

2.2. Materyal

2.2.1. Çalışma Alanı

Tez kapsamında çalışma alanı olarak seçilen Kayseri ilinde katı atık depolama alanı, rüzgâr enerji santrali alanı ve akıllı kavşak noktaları için en uygun yer seçim çalışması gerçekleştirilecektir. Çalışma alanı olarak Kayseri idari il sınırı kullanılmıştır. Yapılan bütün konumsal analizlerde aynı sınır üzerinden gerçekleştirilmiştir. Yalnızca kavşak noktalarında kent merkezinde yer alan kavşaklar seçilmiştir.



Şekil 2.4. Kayseri İli Open Street Map Haritası

Kayseri, İç Anadolu'nun güney bölümü ile Toros dağlarının birbirine yaklaştığı yerde Orta Kızılırmak bölümünde yer alır. Doğu ve kuzeydoğusu Sivas, kuzeyi Yozgat, batısı Nevşehir, güneybatısı Niğde, güneyi ise Adana ve Kahramanmaraş illeri ile çevrilidir. İl de, İç Anadolu Bölgesi'nin tamamında olduğu gibi, bozkır iklimi hüküm sürer. Yazlar sıcak ve kurak, kışın ise soğuk ve yağışlı geçer. Kayseri 37 derece 45 dakika ile 38 derece 18 dakika kuzey enlemleri ve 34 derece 56 dakika ile 36 derece 58 dakika doğu boylamları arasında bulunmaktadır [41].

Kayseri, elverişli ulaşım ve enerji olanakları ve zengin yeraltı kaynaklarının yanı sıra sanayisi de gelişmiş illerdendir [41]. Tablo 2.1'de Kayseri ili iklim istatistikleri gösterilmektedir.

Tablo 2.1. Kayserili İli İklim İstatistikleri (TÜİK)

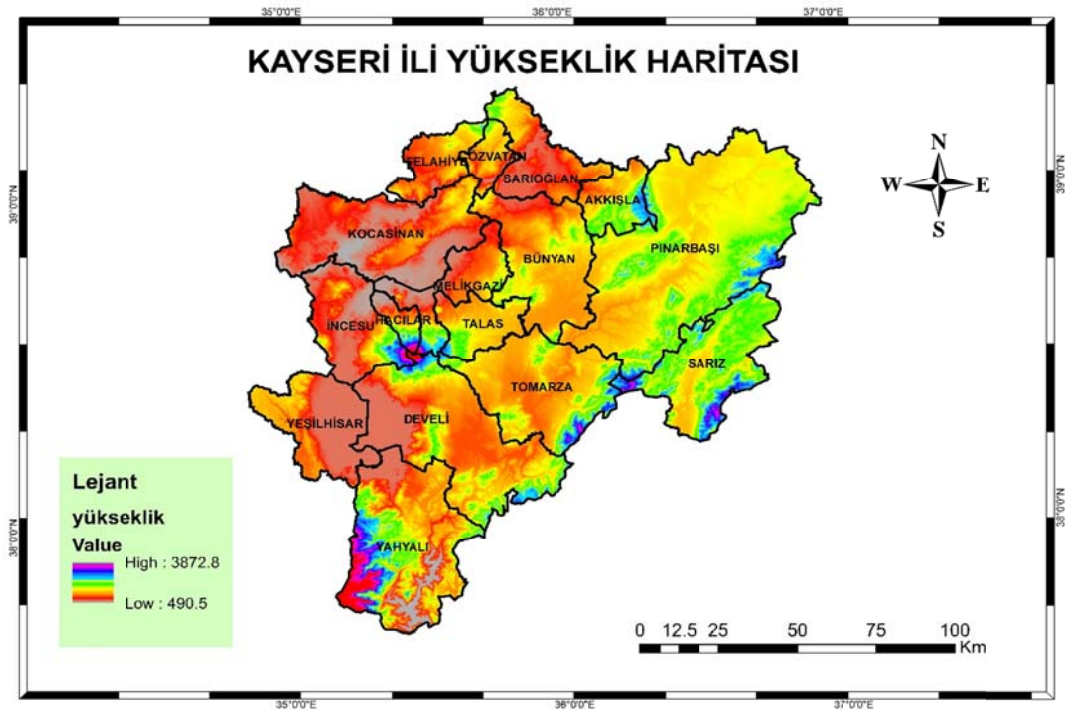
KAYSERİ	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
	Ölçüm Periyodu (1928 - 2017)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	-1.7	0.2	4.8	10.6	15	19	22.3	22	17.4	11.8	5.5	0.6	10.6
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	4	6.1	11.3	17.6	22.4	26.8	30.6	30.7	26.5	20.3	12.9	6.4	18
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-6.8	-5.2	-1.4	3.1	6.7	9.7	11.9	11.4	7.3	3.4	-0.9	-4.4	2.9
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3	4	4.8	6.2	8.2	10.3	11.9	11.3	9.1	6.7	4.8	3	83.3
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.2	11.3	12.8	12.4	12.7	8.2	2.2	1.8	3.5	7.2	8.7	11.9	104.9
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	35.3	36.1	41.9	51.8	51.9	39.6	9.4	6.8	13.7	27.9	32.5	37.4	384.3
	Ölçüm Periyodu (1928 - 2017)												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	18	22.6	28.6	31.2	33.6	37.6	40.7	40.6	36	33.6	26	21	40.7
En Düşük Sıcaklık (°C)	-32.5	-31.2	-28.1	-11.6	-6.9	-0.6	2.9	1.4	-3.8	-12.2	-20.7	-28.4	-32.5

İlin en önemli ve en yüksek dağı 3.916 metre yüksekliğindeki Erciyes Dağıdır. Erciyes Dağı, göğsünde ve eteklerinde birçok tali volkan tepelerinin bulunduğu sönmüş bir küme volkandır. Dağcılık sporu ve kış turizmi açısından önemli bir yeri vardır. İl merkezi kuzeyinde yer alan Erkilet Hıdırellez Tepesi (Rakım:1460), güneyinde yer alan Erciyes Dağı ve Erciyes Dağı eteğindeki yükseltiler (Rakım:1670), batısında yer alan Yılanlı Dağı (Rakım:1533) ve doğusunda yer alan yükseltiler (Rakım:1463) ile çevrilmiş olup şehir merkezi ortalama 1050 rakımda adeta bir çanak içerisinde yer almaktadır [42].



Şekil 2.5. Kayseri İli Uydu Görüntüsü

Sayısal yükseklik modelinden elde edilen Kayseri'nin yükseklik haritası Şekil 2.6'da gösterilmektedir.

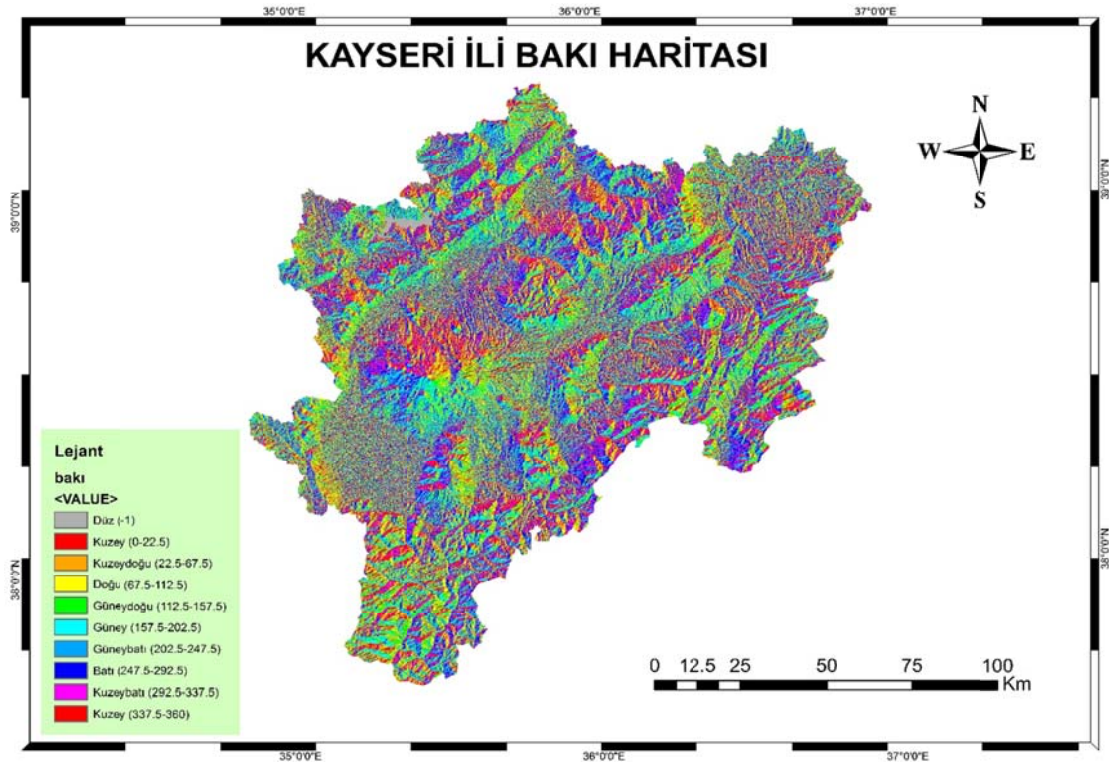


Şekil 2.6. Kayseri İli Yükseklik Haritası

Kayseri ilçe nüfus alan bilgileri Tablo 2.2’de gösterilmektedir.

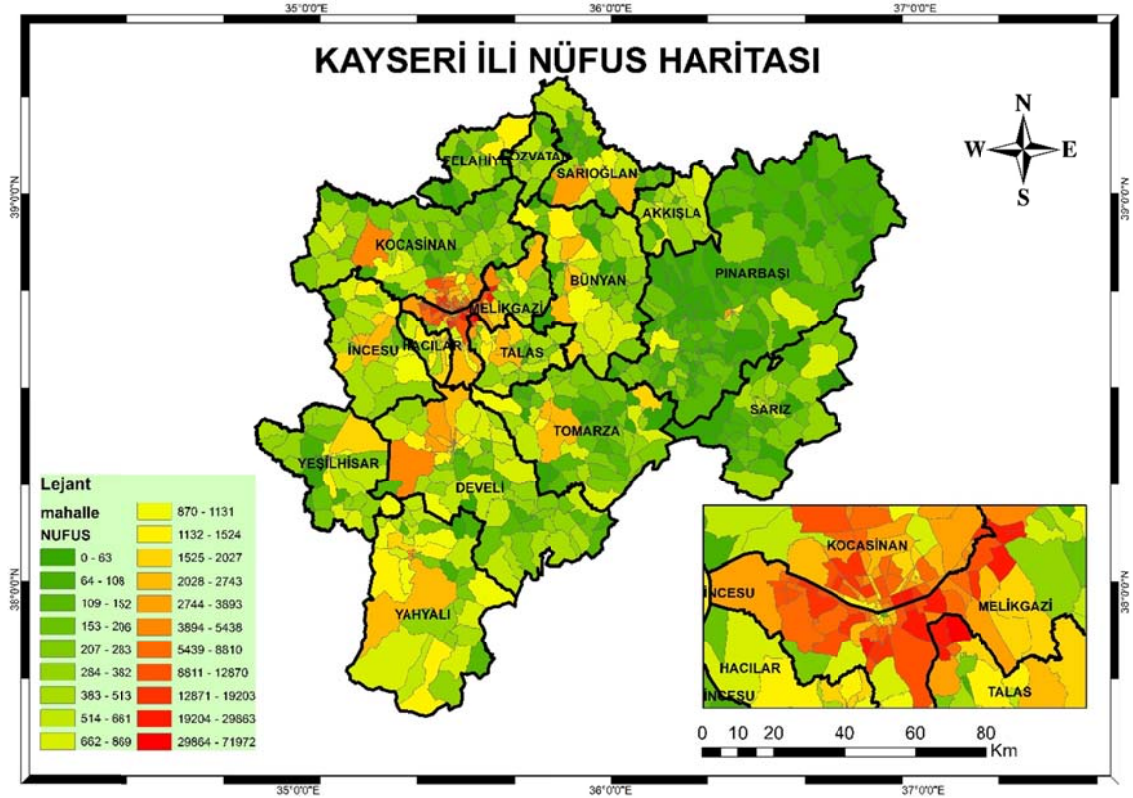
Tablo 2.2. Kayseri İlçe Bilgileri

İLÇESİ	ALAN (m ²)	ALAN (km ²)	MAHALLE SAYISI**	NÜFUS 2017*	NÜFUS 2018*	NÜFUS DEĞİŞİM ORANI (%)
AKKIŞLA	414,764,645	414.76	15	6,018	6,429	6.61
BÜNYAN	1,220,661,273	1220.66	46	27,045	31,497	15.24
DEVELİ	1,905,005,245	1905.01	77	64,389	65,322	1.44
FELAHİYE	442,856,172	442.86	17	5,697	6,602	14.74
HACILAR	164,700,198	164.70	12	12,293	12,426	1.08
İNCESU	808,074,278	808.07	30	25,852	26,353	1.92
KOCASINAN	1,556,347,903	1556.35	93	393,844	391,661	-0.56
MELİKGAZİ	599,110,203	599.11	58	562,598	555,671	-1.24
ÖZVATAN	236,966,227	236.97	13	3,992	5,413	30.45
PINARBAŞI	3,414,449,589	3414.45	122	23,014	26,911	15.64
SARIOĞLAN	703,426,504	703.43	27	13,690	16,938	21.29
SARIZ	1,203,978,868	1203.98	44	9,335	10,098	7.86
TALAS	445,129,909	445.13	30	155,024	157,695	1.71
TOMARZA	1,392,971,382	1392.97	54	22,408	22,808	1.77
YAHYALI	1,798,615,472	1798.62	41	35,788	36,331	1.51
YEŞİLHİSAR	886,010,707	886.01	35	15,735	17,525	10.77
TOPLAM	17,193,068,575	17193.07	714	1,376,722	1,389,680	0.94
*2017 ve 2018 yılına ait Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) sonuçları						
** Ulusal Adres Veri Tabanı (UAVT) kayıtlarından alınmıştır.						



Şekil 2.7. Kayseri İli Bakı Haritası

Kayseri 16 ilçeye sahip bir ildir. Toplam 17.193 km²'lik bir alana sahiptir. Son nüfus sayımlarına göre nüfusu 1.389.680 kişidir.



Şekil 2.8. Kayseri İli Nüfus Haritası

2.2.2. Kullanılacak Yazılım ve Donanım Seçimi

Bu çalışmada hazırlanan veriler ve yapılan analizlerin tümü ESRI şirketinin ArcGIS 10.3.1 ve 10.4.1 yazılımı ve ilgili modülleri ile yapılmıştır. Ayrıca AHP yöntemi için hesaplamalarda Microsoft Excell kullanılmıştır.

2.2.3. Projeksiyon Sistemi ve Dönüşümler

Yapılan bu çalışmada kullanılan verilerin tümü dönüştürülerek tek bir koordinat sistemi kullanılmıştır. Özellikle konumsal veriler açısından doğru sonuç alınması için ortak bir koordinat sistemi kullanılmıştır. Temin edilen veriler doğrultusunda bu çalışmada World Geodetic System (WGS) 1984 Datumu ve Universal Transverse Mercator (UTM) projeksiyonu Zone 36N koordinat sistemi kullanılmıştır. Verilerin koordinat dönüşümleri ArcGIS yazılımında yapılmıştır.

2.2.4. Kullanılan Konumsal Veriler Veri Bilgi Toplama

Kayseri ili akıllı şehir uygulamaları için yer seçiminde gerekli veri ve bilgiler çeşitli kurumlardan toplanmıştır. Bu kurum ve veriler şunlardır;

Kayseri iline ait mahalle sınırları, mahalle merkez noktaları, mesire alanları, yol katmanı Kayseri Büyükşehir Belediyesi Coğrafi Bilgi Sistemleri Şube Müdürlüğünden temin edildi.

Arazi kullanım kabiliyeti, pürüzlülük ve yüzey suları CORINE 2012 güncel verilerinden elde edilmiştir.

Tablo 2.3. Veri Kaynakları

Veriler	Kaynak
Arazi kullanımı	CORİNE 2012 (100m)
Enerji Nakil Hatları	TEİAŞ 11. Bölge Müdürlüğü Kayseri
Trafo Merkezileri	
Yerleşim merkezleri	Kayseri Büyükşehir Belediyesi (CBS)
Yol verisi	
Mesire alanları	
Yüzey suları	CORİNE 2012 (100m)
Havaalanı	Google Maps
Korunan alanlar	Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü
Nüfus	TÜİK 2017
Eğitim	ASTER
Rüzgâr Hızı	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
Rüzgâr Güç Yoğunluğu	
Rüzgâr Kapasitesi	
Kavşaklardaki Araç Sayısı	Kayseri Büyükşehir Belediyesi Trafik Sinyalizasyon Şube Müdürlüğü
Fiber Hatlar	
Omurga Kabinleri	
Kavşaklardaki Kaza Sayısı	Emniyet Müdürlüğü

Korunan alanlar Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğünden alınmıştır.

Eğim haritası için ise Earth Explorer' dan ASTER sayısal yükseklik modeli indirilip ArcGIS programı kullanılarak eğim haritası elde edildi.

Havalimanı için Google Maps üzerinden konumu işaretlenip CBS ortamında katman haline getirilmiştir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğünden 50 m yükseltideki ortalama rüzgâr hızı, rüzgâr güç yoğunluğu ve kapasite faktör dağılımı verileri temin edilmiştir.

Trafo merkezleri ve enerji nakil hatları verisi TEİAŞ Kayseri 11. Bölge müdürlüğünden temin edilmiştir.

Kayseri iline ait araç sayımları, fiber hatlar ve omurga kabinler Kayseri Büyükşehir Belediyesi Trafik Sinyalizasyon Şube Müdürlüğünden temin edildi.

3. BÖLÜM

KAYSERİ İLİ KATI ATIK DEPOLAMA ALANI İÇİN UYGUN ALAN TESPİTİ

3.1. Akıllı Çevre

Akıllı çevre; çevrenin ve doğanın sürdürülebilirliği için BİT desteği ile atık, hava, su yönetiminin yapıldığı sistemlerdir.

Akıllı kentler aynı zamanda ekolojik kentler olarak da ifade edilmektedir. Kentlerde düzgün yapılan atık yönetimi insan sağlığına ve çevreye zarar vermeyi önler. Katı atık depolama alanları ile çevre kirliliği azalacak geri dönüşüme kazandırılan atık sayısı artacak ve daha fazla yeşil enerji ortaya çıkacaktır [11].

3.1.1 Katı Atık Depolama Alanları

Çevre sorunlarını oluşturan temel öğeler; kentleşme, hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve teknolojik gelişmeleridir. Gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelerde katı atıklar rastgele yerleşim bölgelerinden uzak boş alanlara yığılarak uzaklaştırılmaktadır. Plansız kentleşme ve yukarıda bahsedilen çevre sorunları ile birlikte çöp döküm sahaları yerleşim bölgelerinin içinde kalmaya başlamıştır. Kentsel alanlarda en önemli sorunlardan biri katı atık yönetimi olmuştur. Katı atığın tanımına bakıldığı zaman, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde "Üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından, düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeleri ve arıtma çamuruna katı atık denilir" şeklinde tanımlanmaktadır. Mevcut kirliliğe dâhil edilen katı atıklar, bertaraf edilmemeleri durumunda, şehirlerde yaşayan insanlar tarafından ilk fark edilen çevre kirliliğine dönüşmektedir. İnsanların aktiviteleri sonucu ortaya çıkan katı atık miktarı ve türü, nüfusun ve ihtiyaçların artması ile her geçen gün daha da artmaktadır. Halk dilinde çöp

olarak bilinen katı atıklar ülkemiz için önemli bir çevre sorunu teşkil etmektedir. Bu atıkların, son ürün elde edilinceye kadar, çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olmaksızın, çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemlerle türüne ve özelliklerine göre işlenmesine katı atık bertarafı adı verilir [43, 44].

Katı atıkların bertaraf edilme yönteminde düzenli depolama alanları en çok tercih edilen yöntemlerden birisidir. Ülkemizde ve Avrupa Birliği üye ülkelerinin büyük çoğunluğunda da katı atıkların uzaklaştırılmasında bu yöntem tercih edilmektedir [45].



Şekil 3.1. Katı Atık Yönetimi [46]

Akıllı atık yönetimi;

- Çevreye ve dolayısıyla insan sağlığına zarar verebilecek konut ve endüstriyel atıkların hacmini ve tehlike boyutunu en aza indirir [21].
- Son yıllarda gelişen teknoloji ile katı atıktan enerji üretimi yapılmaya başlanmıştır. Bu tür Akıllı şehir uygulamaları sayesinde hem çevre kirliliğinin önüne geçilerek insan sağlığı korunmakta hem de enerji üretimi yapılarak ekonomiye katkı sağlanmaktadır.

Akıllı şehirler de atık yönetimi sürdürülebilir bir şehir oluşturabilmek için en önemli konulardan biri haline gelmiştir. Depolama alanlarının yer tespiti de bu açıdan büyük önem arz etmektedir.

Teknolojinin hızlı gelişimi ile bilgisayarların bellek ve işlem kapasitelerinin artması sayesinde CBS ile veri değerlendirme ve analiz yapma gibi yetenekler daha rahat yapılabilir hale gelmiştir. CBS birçok problemde olduğu gibi çevre problemlerinin çözümünde de etkili ve önemli bir araç haline gelmiştir. Katı atık depolama alanı yer seçiminde de CBS ile hem ekonomik hem de çevresel açıdan daha uygun yer seçimleri yapılabilmektedir [45].

Bu çalışmada birçok kriter göz önüne alınarak, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) ile kriterlerin birbirine olan üstünlükleri karşılaştırılıp ağırlıkları hesaplanacaktır. Daha sonra coğrafi bilgi sistemleri sayesinde yapılan analizler ile birleştirilecek ve sonuç olarak bir karar destek mekanizması ile Kayseri ili katı atık depolama alanları için en uygun yer seçimi tespiti yapılacaktır.

3.2. Katı Atık Depolama Yer Seçimi İçin Kriterlerin Belirlenmesi

Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmeliğin 15. maddesinde depolama alanı yer seçimi için bazı kriterler belirtilmiştir. Buna göre düzenli depolama tesisinin yer seçiminde

- a) Düzenli depolama tesisinin hava ulaşım güvenliğini etkileyip etkilemediği,
- b) Orman alanları, ağaçlandırma alanları, yaban hayatı ve bitki örtüsünün korunması gibi özel amaçlarla koruma altına alınmış alanlara uzaklığı,
- c) Bölgede bulunan yeraltı ve yüzeysel su kaynakları ve koruma havzalarının durumu, yeraltı su seviyesi ve yeraltı suyu akış yönleri,
- ç) Sahanın topoğrafik, jeolojik, jeomorfolojik, jeoteknik ve hidrojeolojik durumu,
- d) Taşkın, heyelan, çığ, erozyon ve yüksek deprem riski,
- e) Hâkim rüzgâr yönü ve yağış durumu,

f) Doğal veya kültürel miras durumu dikkate alınır [47].

Uygun katı atık depolama sahası belirlemede, tüm çevresel, toplumsal ve ekonomik koşullar göz önüne alındığında en az etkiye sahip olmalı, tüm yasal mevzuat ile uyumlu olmalı ve toplum tarafından genel kabul görmelidir [48].

Çalışma alanının incelenmesinin ardından çalışmalarda en çok kullanılan 9 kriter Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik göz önüne alınıp, literatür taraması yapılarak belirlendi. Aynı zamanda çalışma alanının özellikleri de göz önünde bulundurulmuştur. Katı atık depolama alanları için en uygun yer belirlemede arazinin yapısı, eğimi ayrıca şehir merkezine, mesire alanlarına, su yüzeylerine, ulaşım ağlarına uzaklıkları dikkate alınmalıdır. Bu kriterlerin öncelikli olmasının sebebi insan sağlığı ve çevre kirliliğini önlemektir. Ulaşım ağına uzaklık kriteri ise zaman, maliyet ve ulaşılabilirlik açısından değerlendirilmiş olacaktır. Arazi yapısının uygunluğu ve eğim kriterlerinin seçilmesinin nedeni ise, verimli arazilerin kullanılmak istenmemesi ve eğimli yerlere kıyasla düzlük alanlara depolama alanlarının tesis edilmek istenmesidir. Bu çalışmada kullanılacak kriterler:

Tablo 3.1. Katı Atık Depolama Tesisi İçin Kriterler

Kriterler
Arazi kullanım kabiliyeti
Yerleşim merkezine uzaklık
Ana yola uzaklık
Mesire alanına uzaklık
Yüzey sularına uzaklık
Havaalanına uzaklık
Korunan alanlara uzaklık
Nüfus yoğunluğu
Eğim

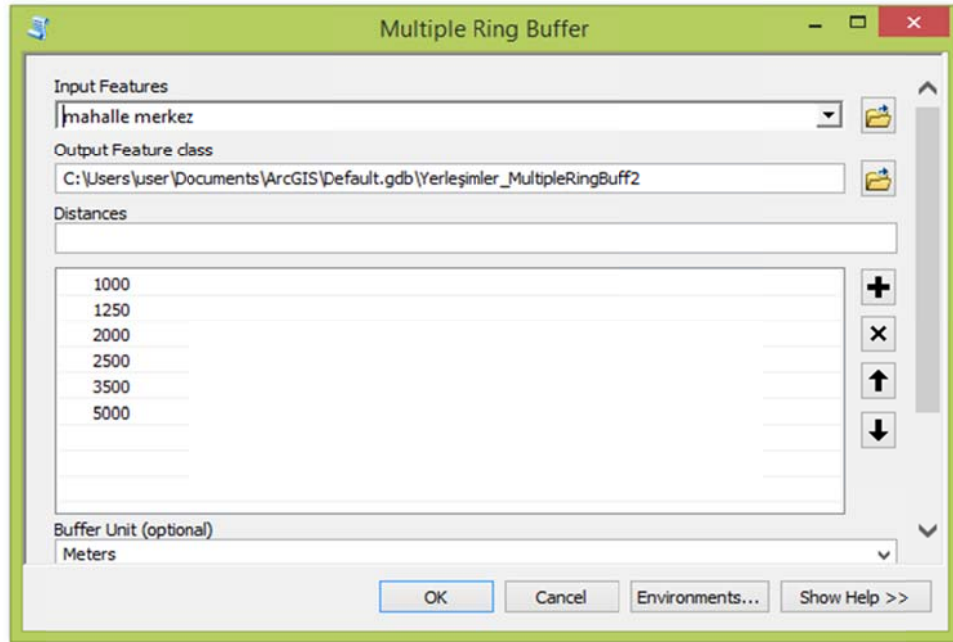
3.2.1. ArcGIS Analizler ve Gerekli İşlem Adımları

Yönetmeliğe göre belirlediğimiz kriterler için olması gereken minimum sınırlar Tablo 3.2'de gösterilmektedir.

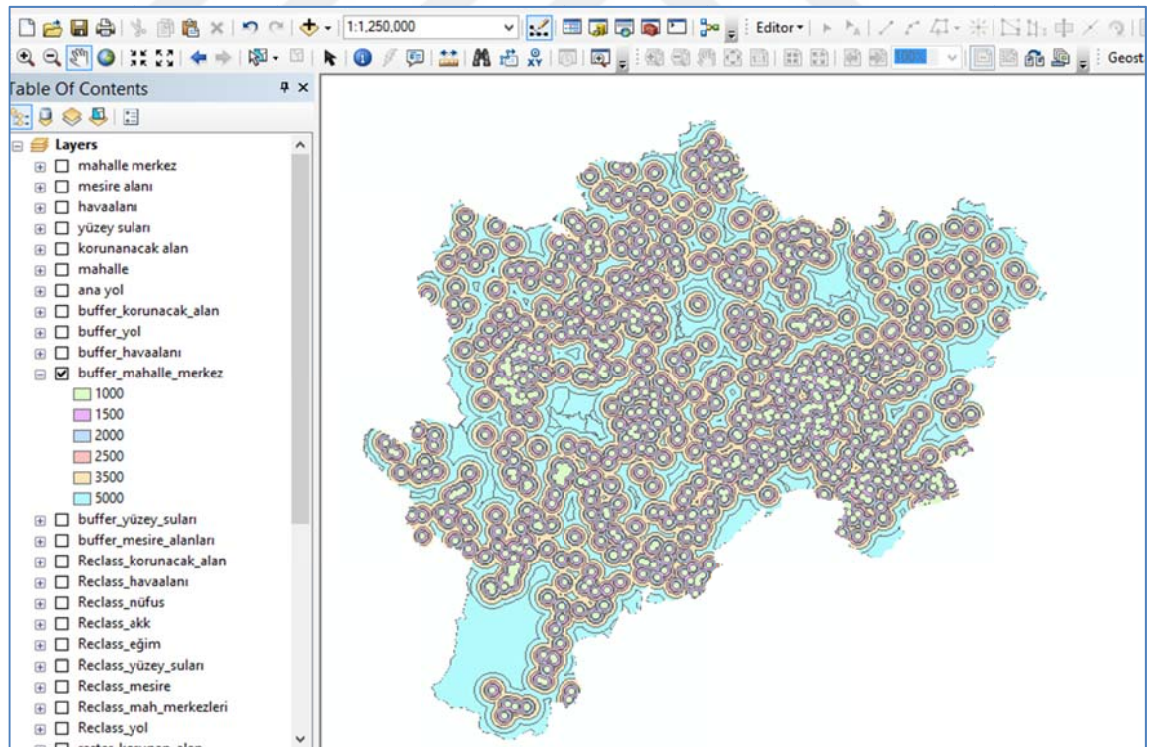
Tablo 3.2. Kriterler Alt Değer Tablosu

Arazi kullanımının uygunluğu	Yerleşim bölgeleri, tarımsal ve endüstriyel alanlar gibi mevcut kullanım olan bölgeler ve yüzeysel sular hariç
Arazi kullanım kabiliyet sınıfları	Sınıf I, II, III ve IV hariç
Yerleşim merkezine uzaklık	En az 1000 m
Ana yola uzaklık	En az 200-300 m
Mesire alanına uzaklık	250 m
Yüzey sularına uzaklık	500 m
Hava alanına uzaklık	1000 m
Korunan alanlara uzaklık	En az 100-500 m
Nüfus yoğunluğu	Nüfusun az olduğu yerler
Eğim	En fazla % 15 - % 20

Yukarıda belirtilen kısıtlamalara göre ArcGIS' de gerekli analizler yapılmıştır. İlk olarak uzaklık kısıtlamaları için mahalle merkez noktaları, yollar, yüzey suları, havaalanı, korunacak alanlar ve mesire alanları için Tampon (buffer) komutu uygulandı. Analiz modülü içerisinde ki çoklu tampon çizgi (multiple ring buffer) analizi ilk önce olması gereken minimum uzaklık girilerek daha sonrasında belirlediğimiz aralıklarla Kayseri ilini kapsayacak mesafe son sınırimız olana kadar tampon (buffer) alanları oluşturuldu. Bu işlemler bütün vektörel katmanlar için ayrı ayrı yapılmıştır. Örnek olarak ise Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'de yerleşim alanları kriteri için yapılan işlem ve sonucu gösterilmektedir.



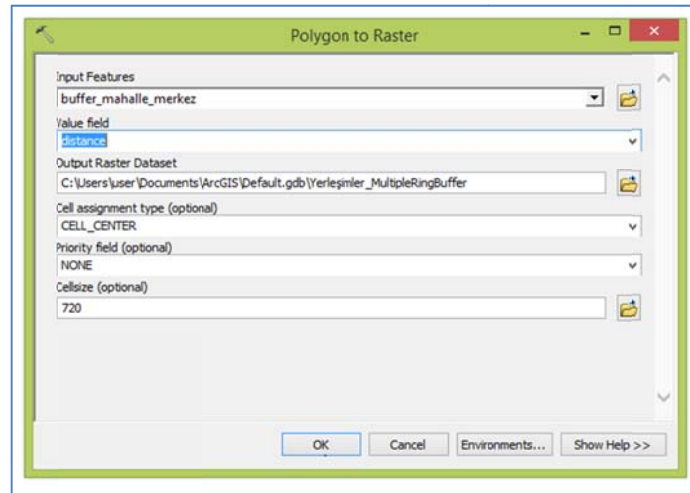
Şekil 3.2. Multiple Ring Buffer Ekran Görüntüsü



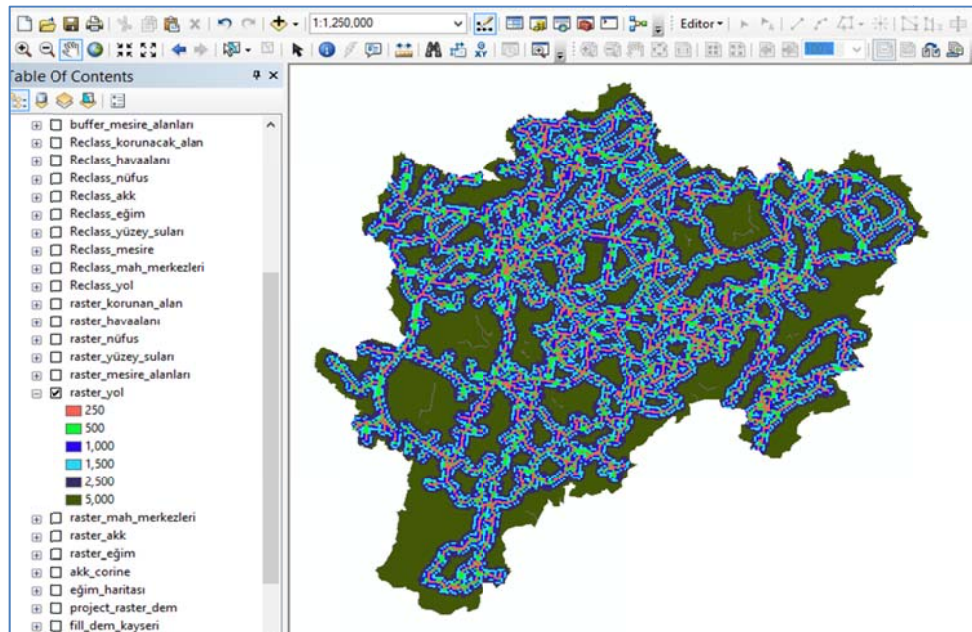
Şekil 3.3. Yerleşim Alanları Katmanı Tampon (Buffer) Alanları

3.2.2. Tampon (Buffer) Alanlarının Belirlenmesi

Tampon (Buffer) işlemi sonrasında oluşan katmanlar raster dönüştürücü (Polygon to Raster) işlemi ile raster formata çevrildi. Yine örnek olarak Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'de yol katmanı için raster formata dönüştürme işlemi ve sonucu gösterilmektedir.



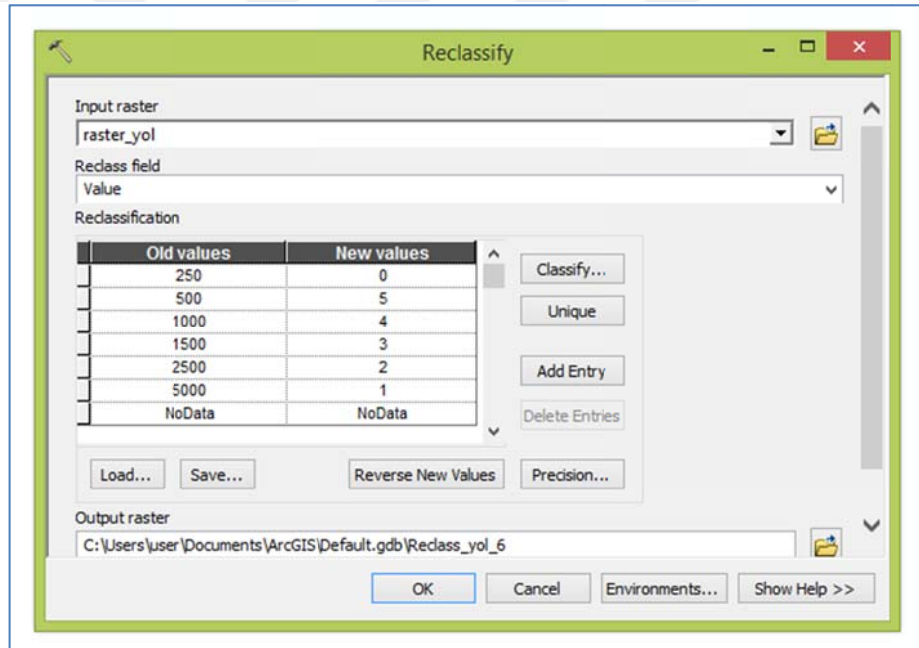
Şekil 3.4. Poligondan Raster Hale Dönüştürme



Şekil 3.5. Yol Katmanı Tampon (Buffer) Alanı Raster Hali

3.2.3. Yeniden Sınıflandırma (Reclassify)

Ağırlıklı çakıştırma yöntemi (Weighted Overlay) ile en uygun yer analizi yapabilmek için elimizdeki verileri tekrardan sınıflandırmamız gerekmektedir. Bu işlem mekânsal analiz modülü içerisindeki yeniden sınıflandırma aracı ve sırasıyla Spatial Analyst Tools-Reclass-Reclassify işlem adımlarıyla gerçekleştirildi. Bu aşamada istemediğimiz kısımlar için örneğin; yol için minimum uzaklık 250 m olduğundan 250 metreden daha yakın olan kısımlar yeniden sınıflandırma (reclassify) işleminde 0 olarak alındı. Diğer kısımlar ise bizim için en uygun olan aralıklar 1'den başlanarak önem derecesi azalırken numaralandırma artacak şekilde puanlama yapıldı. Şekil 3.6'da yol verisi için belirlenen alt kriterler ve yeniden sınıflandırma işlemi örnek olarak gösterilmektedir.



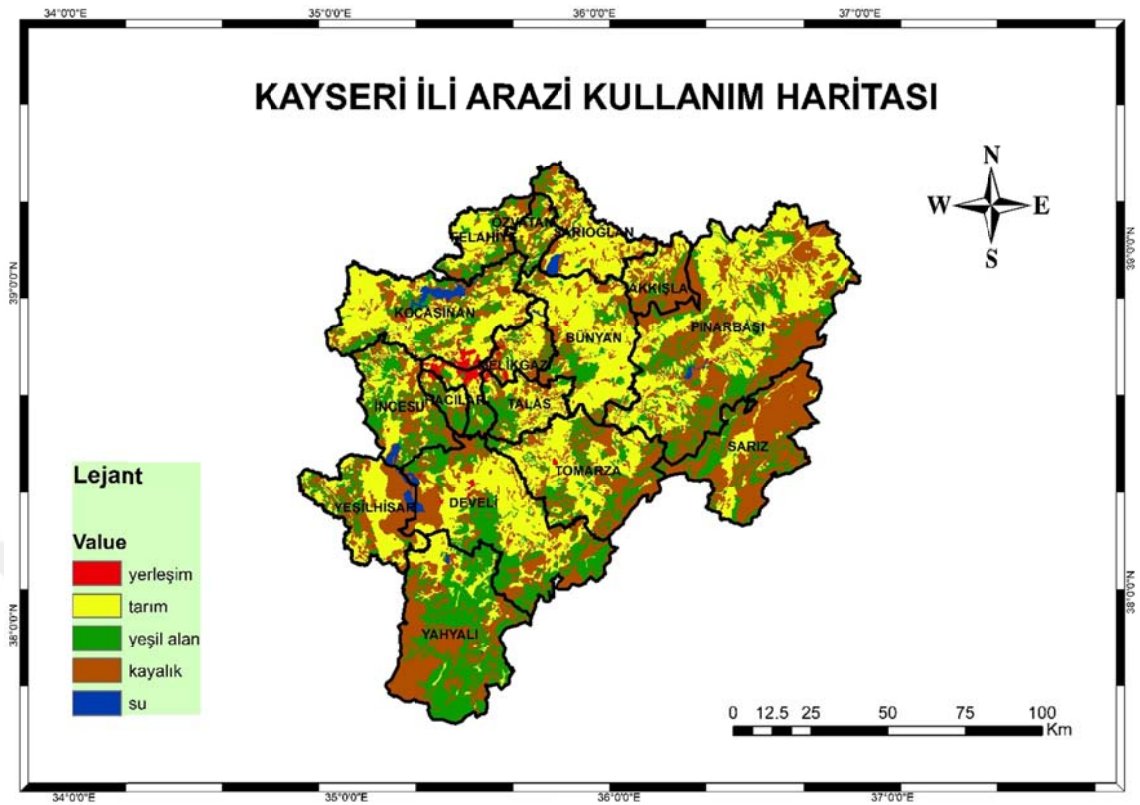
Şekil 3.6. Yeniden Sınıflandırma İşlemi

3.3. Katı Atık Depolama Tesisi Yer Seçimine Etki Eden Faktörler

3.3.1. Arazi Kullanımı

Çalışmada kullanacağımız faktörlerden biride CORINE verilerini kullanarak oluşturduğumuz arazi kullanım haritasıdır.

CORINE verilerinin sınıf sayısı 5' e indirgenerek arazi kullanım haritası Şekil 3.7'de görülmektedir.

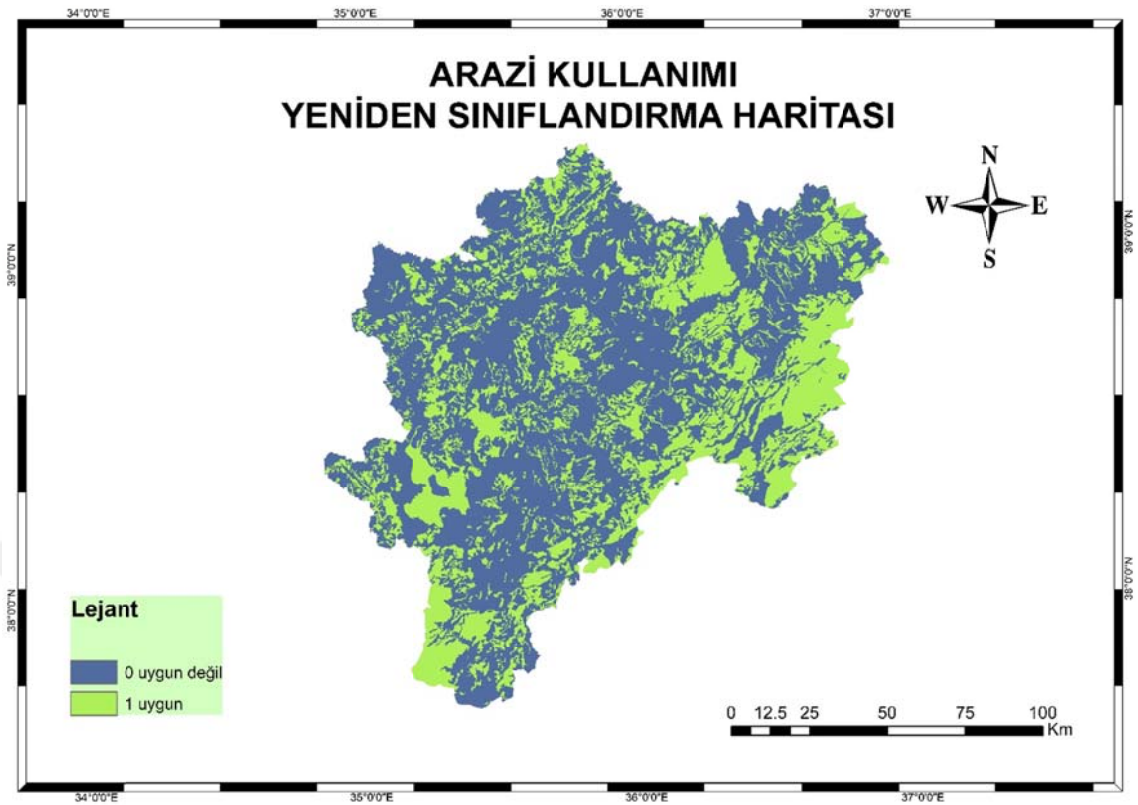


Şekil 3.7. Kayseri İli Arazi Kullanım Haritası

Arazi kullanımı kriterinde yerleşim, tarım, yeşil alan ve su alanları kullanılabilir alanlar olduğundan katı atık depolama alanları için uygun değildir. Bu yüzden bu alanlara 0 değeri atanmıştır. Kayalık ve boş alanlar ise katı atık depolama alanı için uygun olduğundan 1 değeri atanmıştır. Tablo 3.3'de ArcGIS programında üretilecek yeniden sınıflandırma haritası için katmanların değerleri gözükmemektedir. Şekil 3.8'de ise bu değerlere göre oluşturulan yeniden sınıflandırma haritası gösterilmektedir.

Tablo 3.3. Arazi Kullanımı İçin Kriter Değerleri

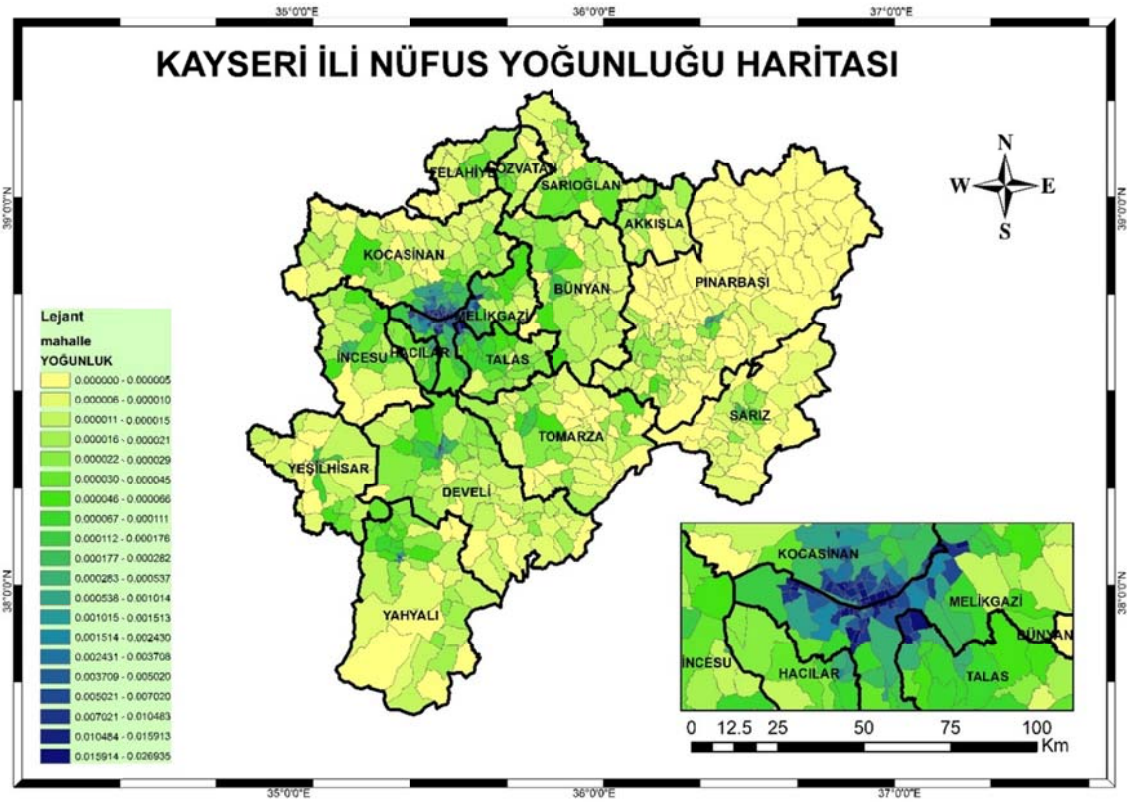
Etki Sınıfı	Değer
Yerleşim	0
Tarım	0
Yeşil Alan	0
Kayalık	1
Su	0



Şekil 3.8. Arazi Kullanımı Yeniden Sınıflandırma Haritası

3.3.2. Nüfus Yoğunluğu

Katı atık depolama alanı yer seçiminde kullanılan kriterlerden birisi de nüfustur. Kayseri ili nüfus verileri TÜİK'in yayınlamış olduğu verilerden mahalle bazlı olarak alınmıştır. Mahalle sınırları Kayseri Büyükşehir Belediyesinden elde edilmiştir. Buna göre ArcGIS programında nüfus mahalle alanına oranlanarak nüfus yoğunluk haritası oluşturulmuştur. Nüfus yoğunluk verileri sınıflandırılarak Şekil 3.9'daki harita oluşturulmuştur. Katı atık depolama alanları koku üretmesi ve insan sağlığına zararlı olabileceği endişesi insanların yoğun yaşadığı bölgelerden uzak noktalara yapılmalıdır. Buna göre nüfusun yoğun olduğu yerler düşük değere sahip olurken nüfusun az olduğu yerler ise yüksek değere sahip olacaktır.

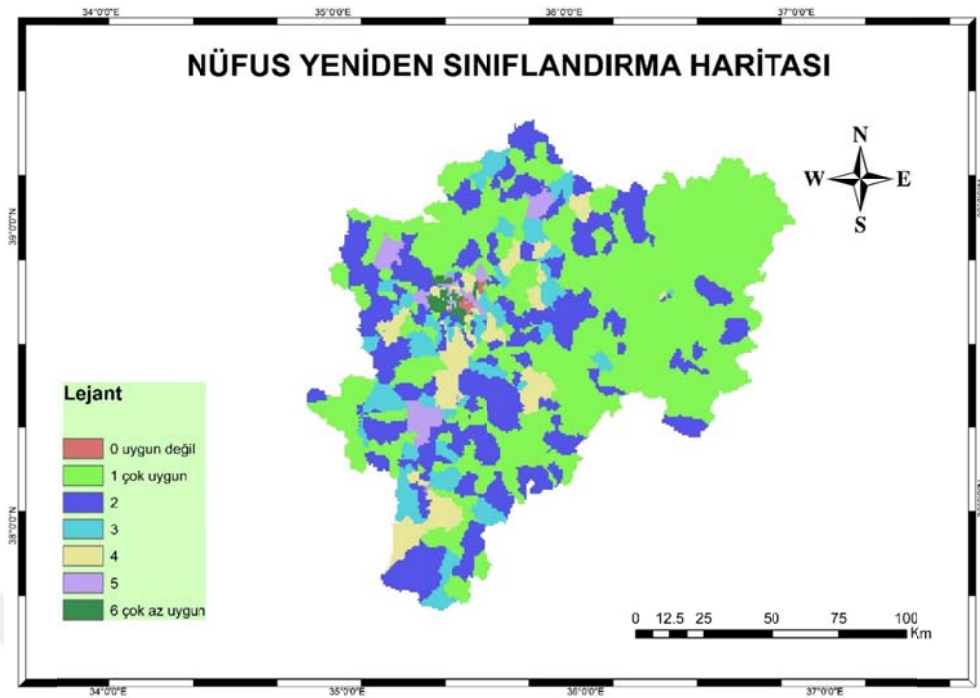


Şekil 3.9. Kayseri İli Nüfus Yoğunluğu Haritası

Tablo 3.4. Nüfus Yoğunluğu Kriter Değerleri

Etki Sınıfı (kişi)	Değer
0 - 382	1
382 - 931	2
931 - 1840	3
1840 - 3253	4
3253 - 7779	5
7779 - 21304	6
21304 - 71972	0

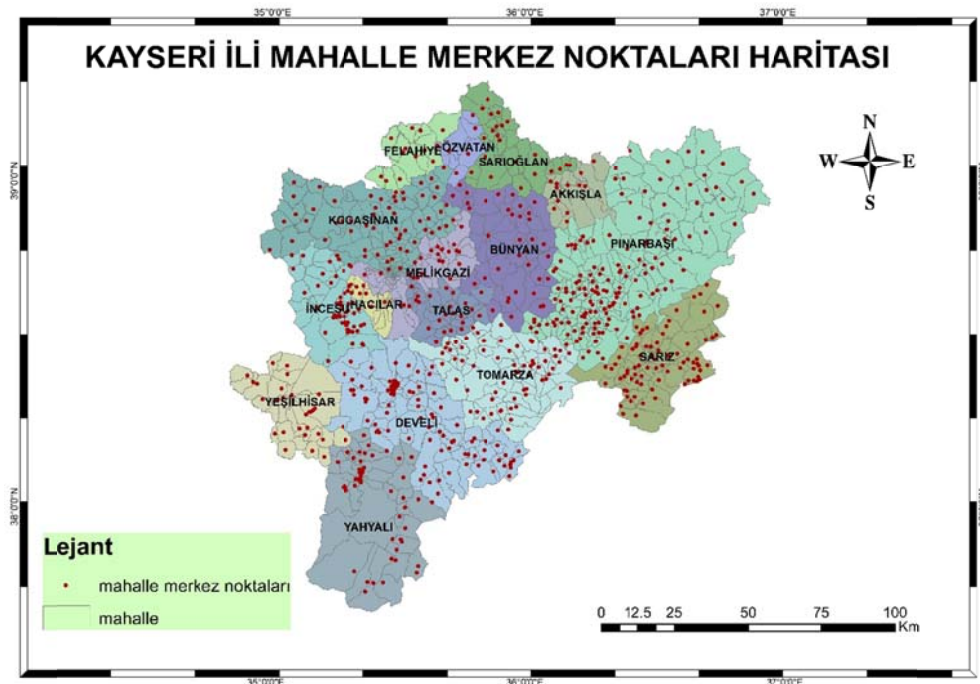
Katı atık depolama alanları için yer tespitinde nüfusun az olduğu yerler tercih edildiği için en kalabalık olan 21304 – 71972 nüfuslu yerlere 0 değeri atandı. Nüfusun en az olduğu 0 – 382 nüfuslu yerlere ise en uygun yer anlamında 1 değeri atandı. Daha sonrasında nüfusla orantılı olarak verdiğimiz değerlerde artarak 6'ya kadar değeri atandı. Tablo 3.4'de nüfusa ait kriterler ve değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre oluşturulan nüfus yeniden sınıflandırma haritası Şekil 3.10'da gösterilmektedir.



Şekil 3.10. Kayseri İli Nüfus Yoğunluğu Yeniden Sınıflandırma Haritası

3.3.3. Yerleşim Merkezine Uzaklık

Yerleşim yerine uzaklık kriteri için mahalle yerleşim merkezi noktaları Kayseri Büyükşehir Belediyesinden temin edildi. Buna göre Şekil 3.11’de Kayseri ili mahalle merkez noktaları haritası oluşturuldu. Yerleşim merkezleri tesislerin kurulumu için uygun olmadığından bu faktör de bu çalışmada değerlendirildi.

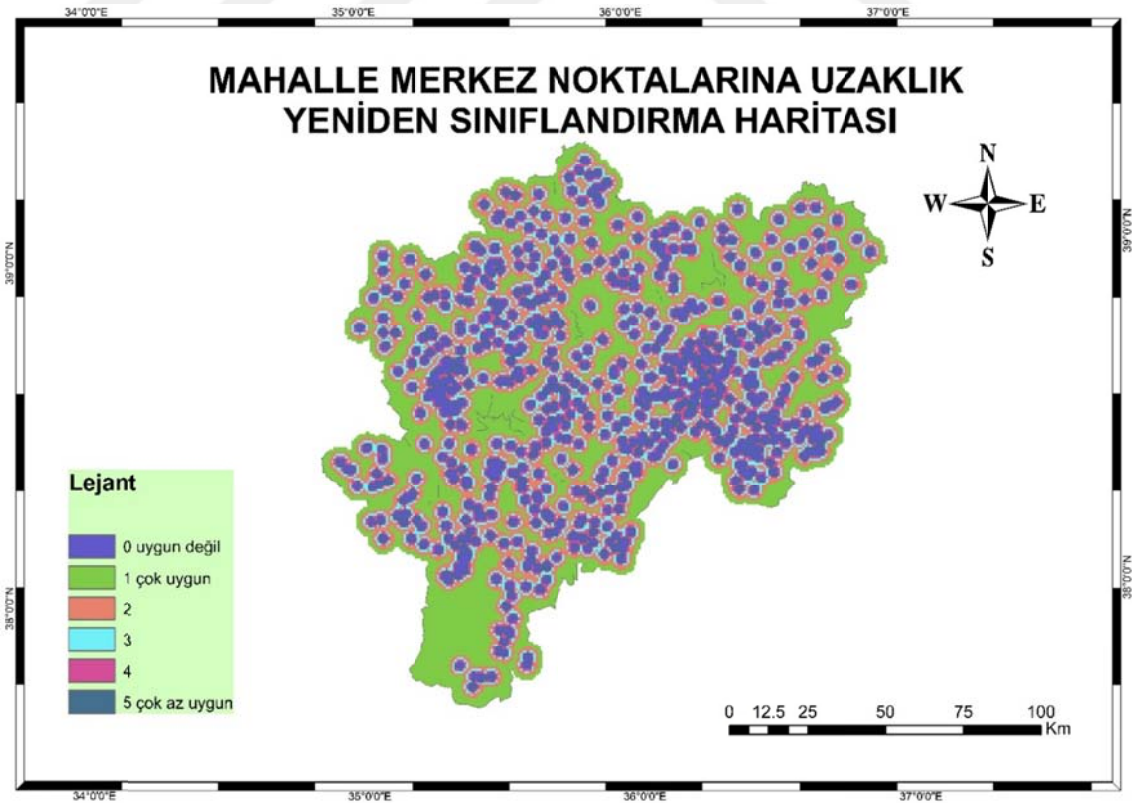


Şekil 3.11. Kayseri İli Mahalle Yerleşim Merkezleri Haritası

Tablo 3.5.Yerleşim Merkezine Uzaklık Kriter Değerleri

Etki Sınıfı (m)	Değer
0 - 1000	0
1001 - 1500	5
1501 - 2000	4
2001 - 2500	3
2501 - 3500	2
3501 - 5000	1

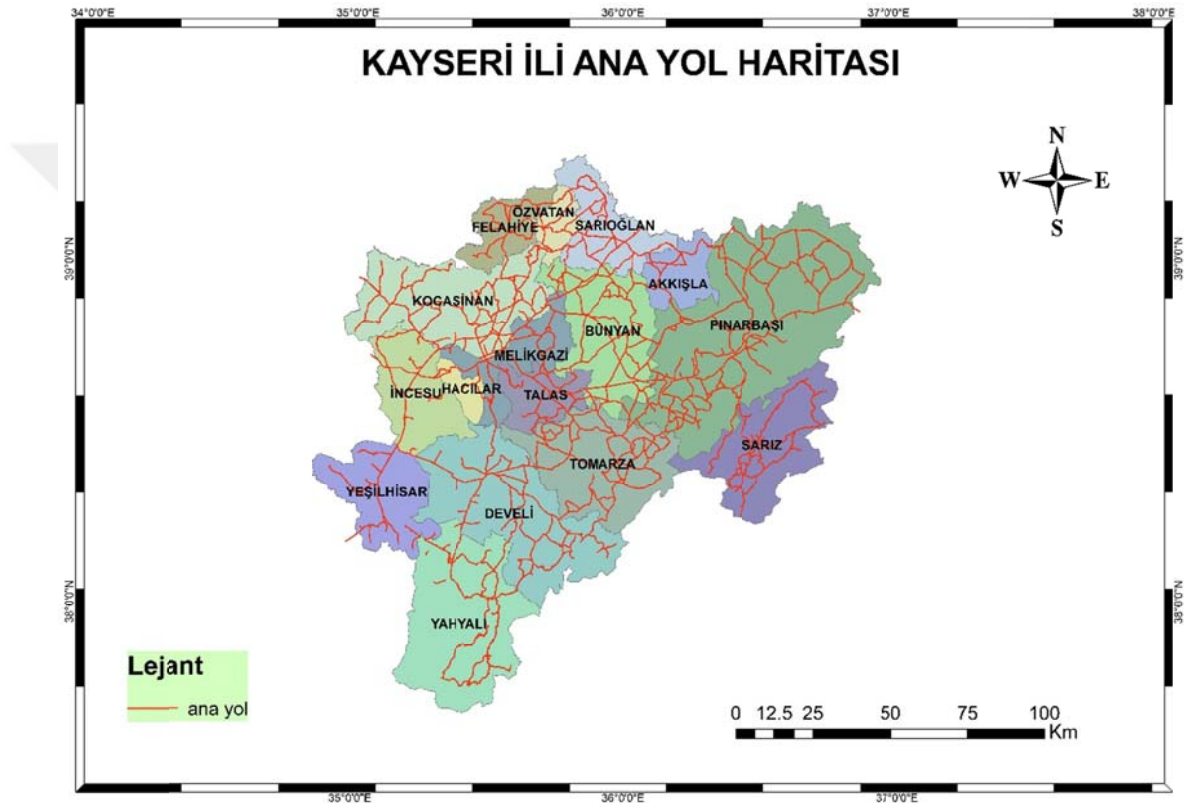
Katı atık yönetmeliğine göre yerleşim merkezine uzaklık sınırımız 1000 m olduğu için bu sınıfa 0 değeri atandı. Çevreye vereceği zarar göz önüne alınarak mesafe arttıkça bizim için uygunluk derecesi arttığından dolayı 3501m - 5000 m aralığındaki mesafelere 1 değeri atandı. Mesafelerle ters orantılı olarak diğer mesafelere de 5'e kadar değerler atandı. Tablo 3.5'de bu değerler görülmektedir. Bu değerlere göre oluşan yerleşim merkezine uzaklığa göre yeniden sınıflandırma haritası ise Şekil 3.12'de gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Yerleşim Merkezlerine Uzaklık Yeniden Sınıflandırma Haritası

3.3.4. Karayollarına Uzaklık

Katı atık depolama alanlarından atıkların taşınabilmesi için yollara uzaklık da bir kriter olarak seçilmiştir. Ancak bu tesislerden gelebilecek kokulara karşın kara yollarına çok da yakın olması istenmemektedir. Bu sebeple özellikle ana yollar seçilmiş ve bunlardan en fazla 5 km olacak şekilde değerlendirme yapılmıştır. Şekil 3.13'de Kayseri ili ana yol haritası gösterilmiştir. Tablo 3.6'da bu faktör için alt kriter değerleri gösterilmiştir.

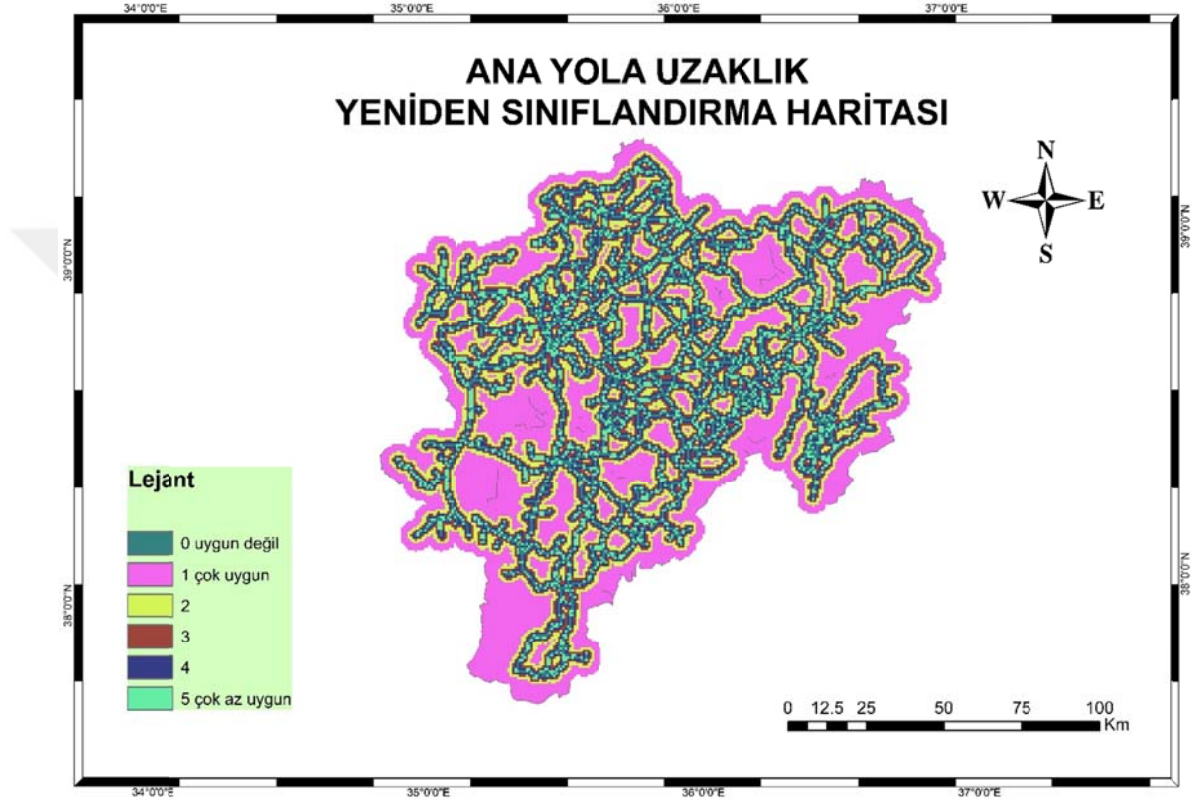


Şekil 3.13. Kayseri İli Ana Yol Haritası

Tablo 3.6. Ana Yola Uzaklık Kriter Değerleri

Etki Sınıfı (m)	Değer
0 - 250	0
251 - 500	5
501 - 1000	4
1001 - 1500	3
1501 - 2500	2
2501 - 5000	1

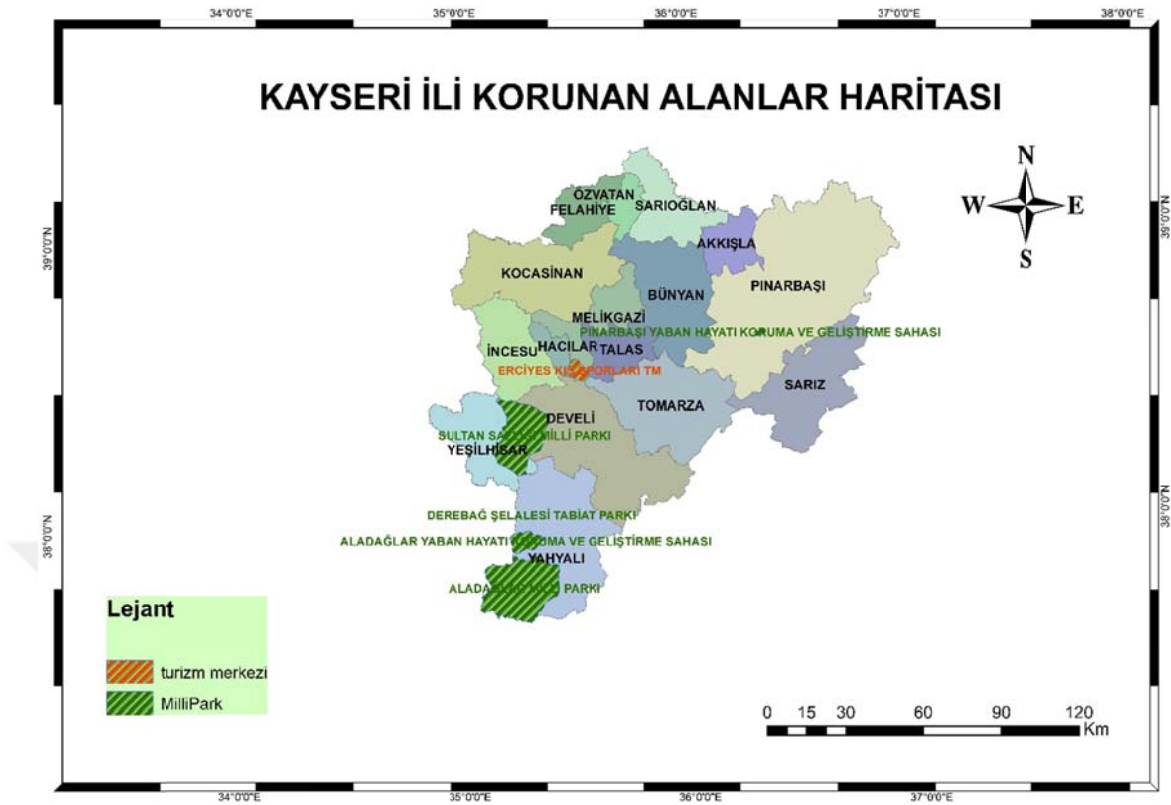
Ana yola uzaklık sınırlarımız 250 m olduğu için bu sınıfa 0 değeri atandı. Mesafe arttıkça bizim için uygunluk derecesi arttığından dolayı 2501 m - 5000 m aralığında olan mesafelere 1 değeri atandı. Mesafelerle ters orantılı olarak diğer mesafelere de 5'e kadar değerler atandı. Bu değerlere göre Şekil 3.14'de ana yola uzaklık yeniden sınıflandırma haritası gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Kayseri İli Ana Yol Yeniden Sınıflandırma Haritası

3.3.5. Korunan Alanlara Uzaklık

Korunan alanlara depolama sahası yapılamayacağı için korunan alanlarda kriterlerden birisi olarak değerlendirilmiştir. Korunan alan verisi Doğa Koruma Ve Milli Parklar Genel Müdürlüğünün sitesinden raster formatta elde edilmiş olup ArcGIS programı ile sayısallaştırılarak veri elde edilmiştir. Buna göre korunan alanlar haritası Şekil 3.15'de gösterilmektedir. Tablo 3.7'de ise korunan alanlar alt kriter değerleri gösterilmiştir.

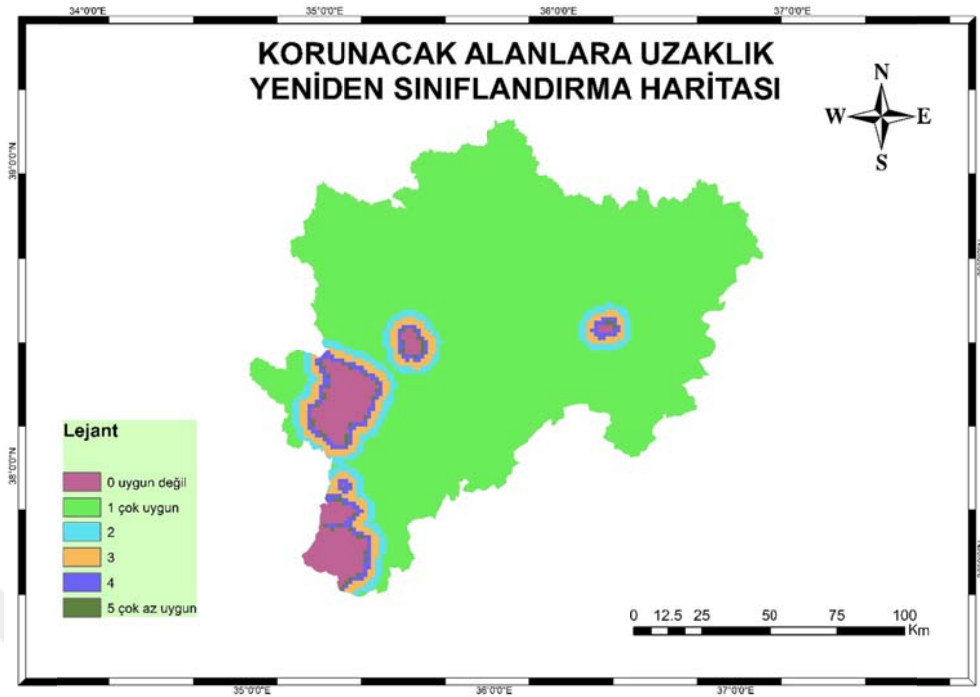


Şekil 3.15. Kayseri İli Korunan Alanlar Haritası

Tablo 3.7. Korunan Alanlar Kriter Değerleri

Etki Sınıfı (m)	Değer
0 - 500	0
501 - 1000	5
1001 - 2500	4
2501 - 5000	3
5001 - 7500	2
7501 ≤	1

Korunacak alanlara uzaklık sınırimız 500 m olduğu için bu sınıfa 0 değeri atandı. Mesafe arttıkça bizim için uygunluk derecesi arttığı için 7500 m den uzak mesafelere 1 değeri atandı. Mesafelerle ters orantılı olarak diğeri mesafelere de 5'e kadar değeri atandı. Bu değeri göre oluşturulan korunan alanlar yeniden sınıflandırma haritası Şekil 3.16'da gösterilmiştir.



Şekil 3.16. Kayseri İli Korunan Alanlara Uzaklık Yeniden Sınıflandırma Haritası

3.3.6. Havaalanına Uzaklık

Kayseri'de tek bir havaalanı bulunduğu için sadece bu nokta alınmıştır. Şekil 3.17'de Kayseri Erkilet Havaalanının konumu gösterilmektedir. Havaalanlarına uzaklık en az 1000 m olmak üzere kriterlere değerler atanmıştır.

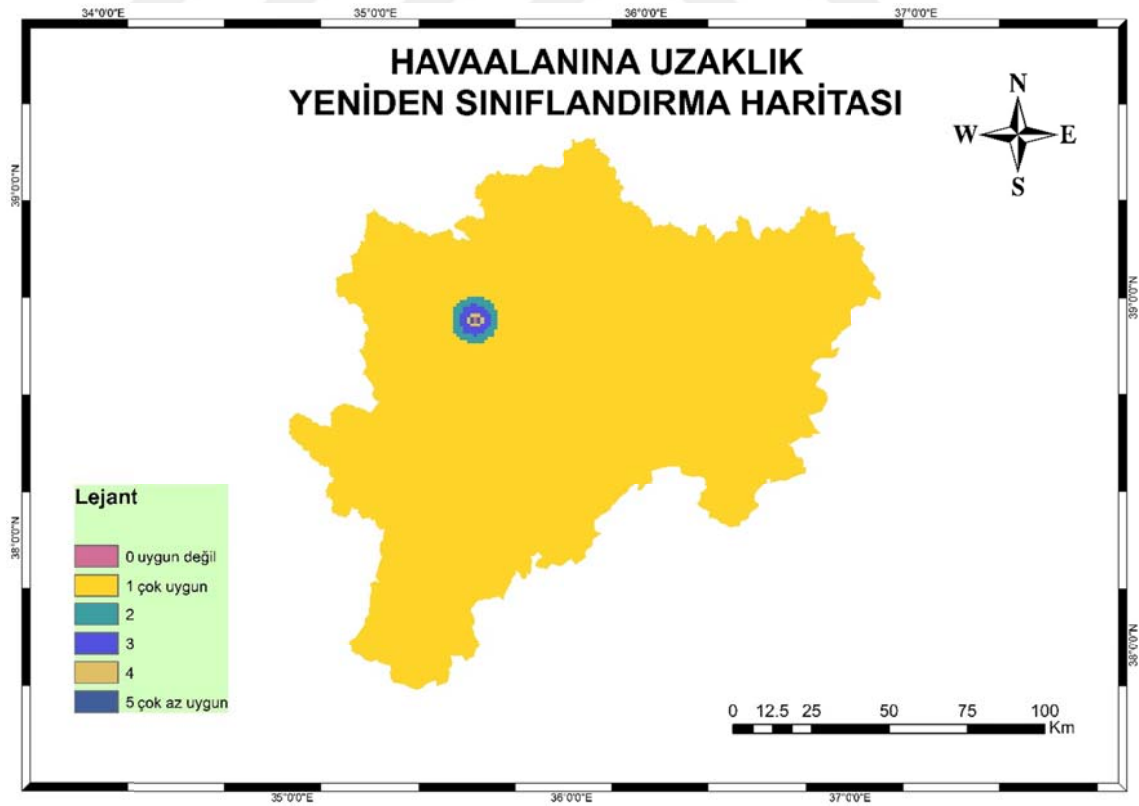


Şekil 3.17. Kayseri İli Havaalanı Konum Haritası

Tablo 3.8. Havaalanına Uzaklık Kriter Değerleri

Etki Sınıfı (m)	Değer
0 - 1000	0
1001 - 1500	5
1501 - 2500	4
2501 - 5000	3
5001 - 7500	2
7501≤	1

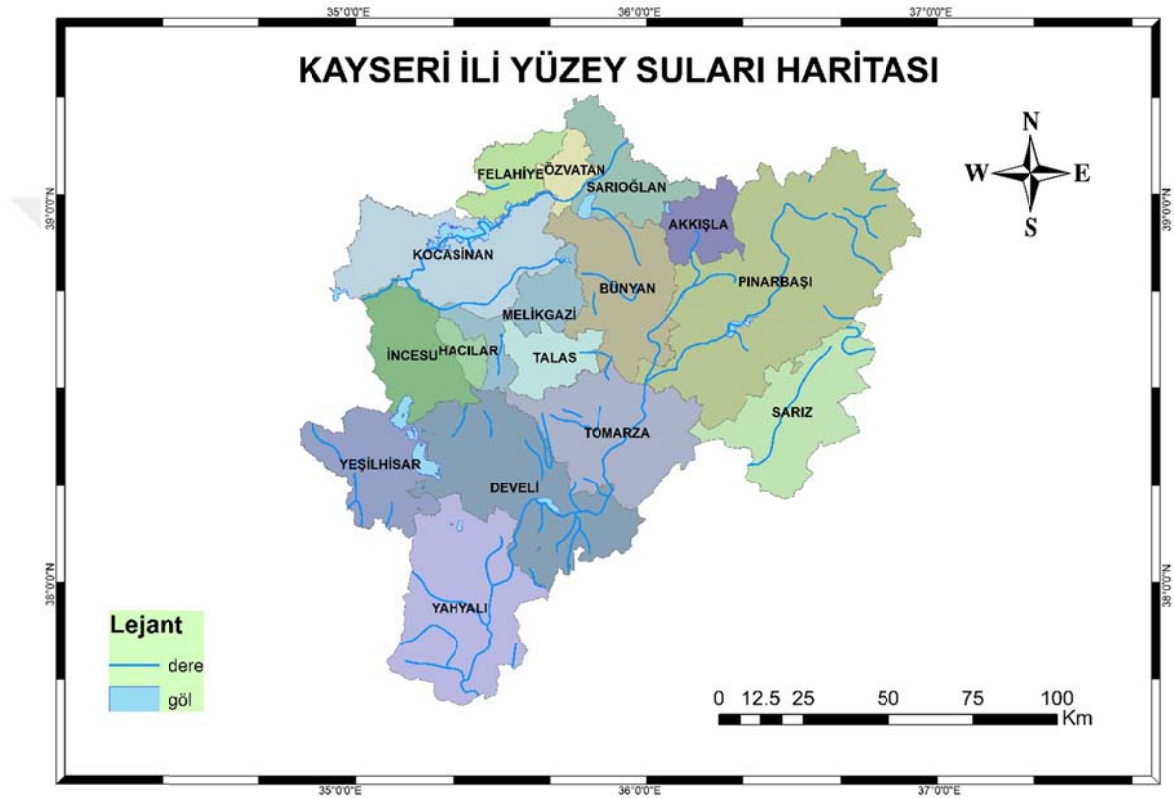
Havaalanına uzaklık sınırimiz 1000 m olduğu için bu sınıfa 0 değeri atandı. Mesafe arttıkça bizim için uygunluk derecesi arttığından 7500 m den uzak olan mesafelere 1 değeri atandı. Mesafelerle ters orantılı olarak diğeri mesafelere de 5'e kadar değerler atandı. Şekil 3.18'de bu değerlere göre oluşturulan havaalanlarına uzaklık yeniden sınıflandırma haritası gösterilmektedir.



Şekil 3.18. Havaalanına Uzaklık Yeniden Sınıflandırma Haritası

3.3.7. Yüzey Sularına Uzaklık

Katı atık depolama sahalarının çevreye etkilerinden dolayı su kirliliği kontrolü yönetmeliğinde belirtildiği üzere yüzey sularına yakın bölgelerde tesis kurulamamaktadır. Corine 2012 verisinden yüzey suları elde edilmiştir. Şekil 3.19’da Kayseri ili yüzey suları haritası gösterilmiştir.



Şekil 3.19. Kayseri İli Yüzey Suları Haritası

Tablo 3.9. Yüzey Sularına Uzaklık Kriter Değerleri

Etki Sınıfı (m)	Değer
0 - 500	0
501 - 1000	5
1001 - 2500	4
2501 - 5000	3
5001 - 7500	2
7501 ≤	1

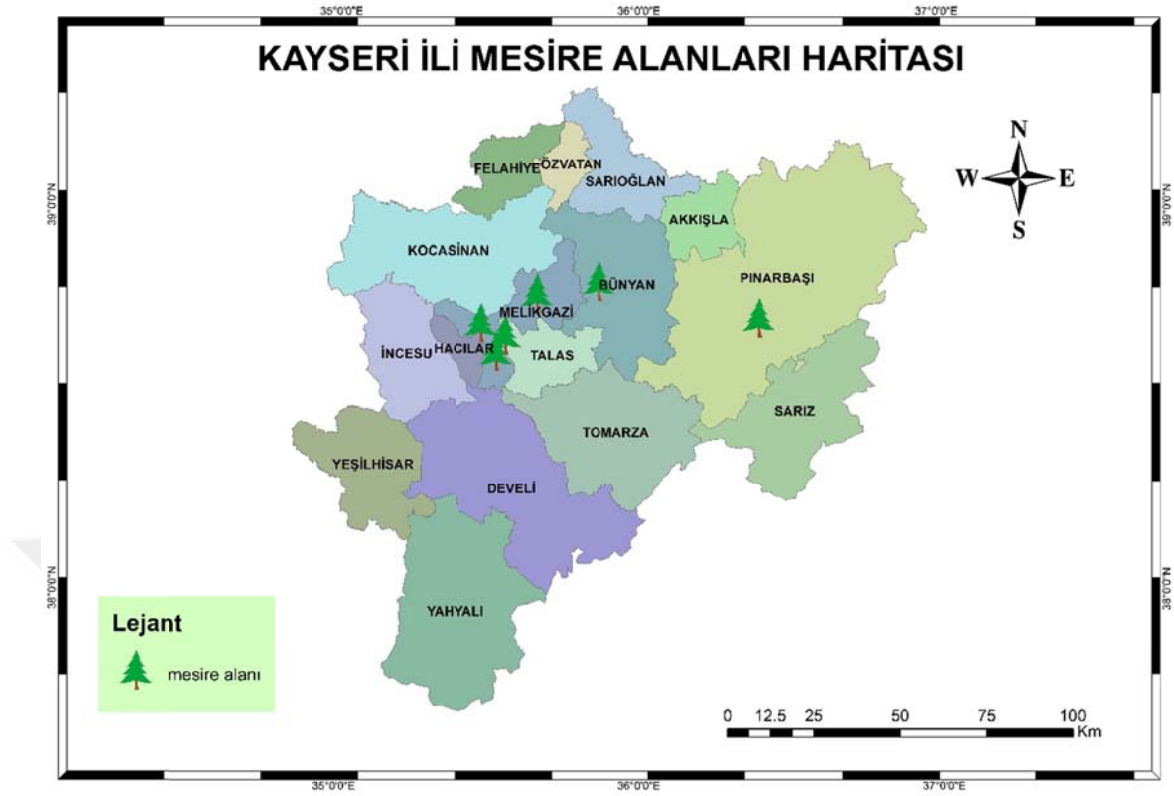
Literatürde yüzey sularına uzaklık sınırlamamız 500 m olduğu için bu sınıfa 0 değeri atandı. Mesafe arttıkça bizim için uygunluk derecesi arttığından 7500 m 'den uzak mesafeler için 1 değeri atandı. Mesafelerle ters orantılı olarak diğer mesafelere de 5'e kadar değerler atandı. Tablo 3.9'da yüzey sularının alt kriterlerine ait değerler gösterilmektedir. Bu değerlere göre oluşturulan yüzey suları yeniden sınıflandırma haritası Şekil 3.20'de gösterilmektedir.



Şekil 3.20. Kayseri İli Yüzey Suları Yeniden Sınıflandırma Haritası

3.3.8. Mesire Alanlarına Uzaklık

Mesire alanlarına da katı atık depolama sahası kurulamayacağından bir kriter olarak alınmıştır. Buna göre Şekil 3.21'de mesire alanlarına uzaklık haritası oluşturulmuştur.

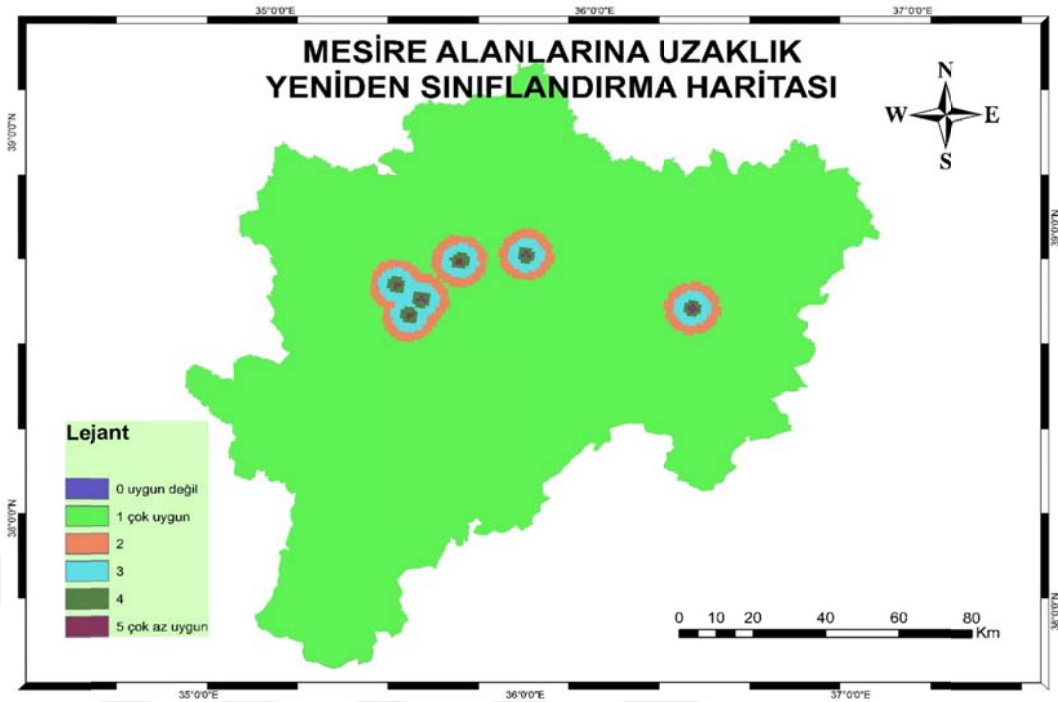


Şekil 3.21. Kayseri İli Mesire Alanları Haritası

Tablo 3.10. Mesire Alanlarına Uzaklık Kriter Değerleri

Etki Sınıfı (m)	Değer
0 - 250	0
251 - 1000	5
1001 - 2500	4
2501 - 5000	3
5001 - 7500	2
7501 ≤	1

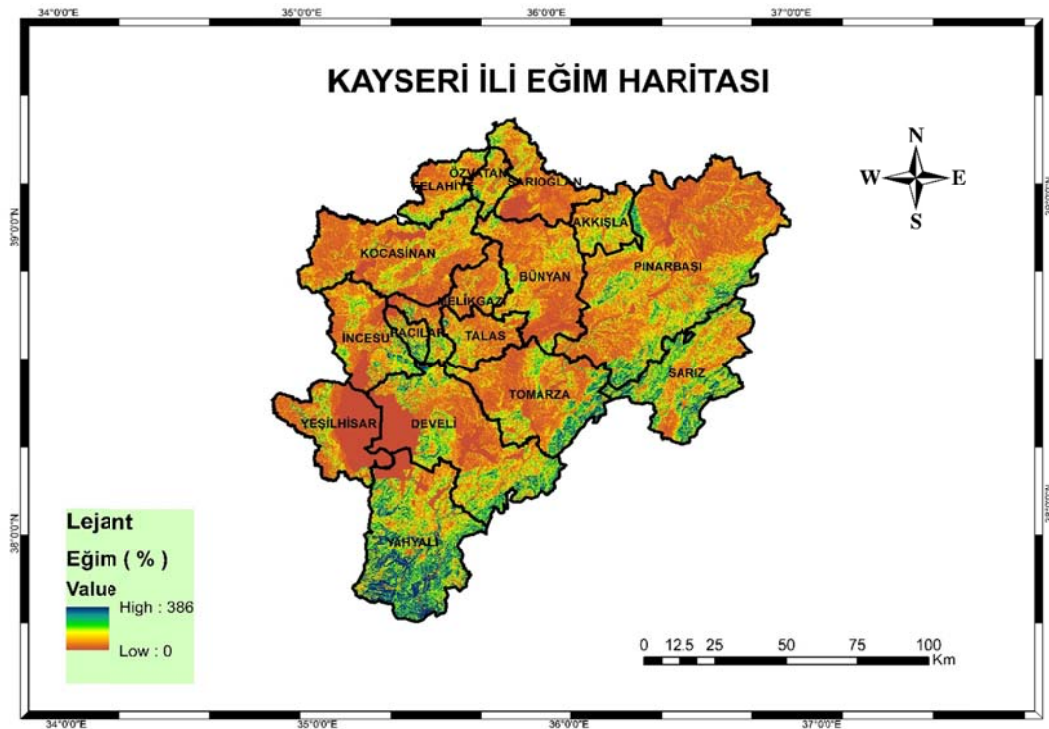
Mesire alanları için uzaklık sınırimız 250 m olduğundan bu sınıfa 0 değeri atandı. Mesafe arttıkça bizim için uygunluk derecesi arttığından 7500 m 'den uzak olan mesafelere 1 değeri atandı. Mesafelerle ters orantılı olarak diğer mesafelere de 5'e kadar değerler atandı. Tablo 3.10'da mesire alanları alt kriter değerleri gösterilmiştir. Bu değerlere göre oluşturulan mesire alanlarına uzaklık yeniden sınıflandırma haritası Şekil 3.22'de görülmektedir.



Şekil 3.22. Mesire Alanlarına Uzaklık Yeniden Sınıflandırma Haritası

3.3.9. Eğim

Eğimli arazilere katı atık depolama tesisi yapımı ekonomik açıdan kazı dolgu maliyeti çıkaracağından uygun olmamaktadır. Sayısal yükseklik modelinden elde edilen Kayseri ili eğim haritası Şekil 3.23’de gösterilmektedir.

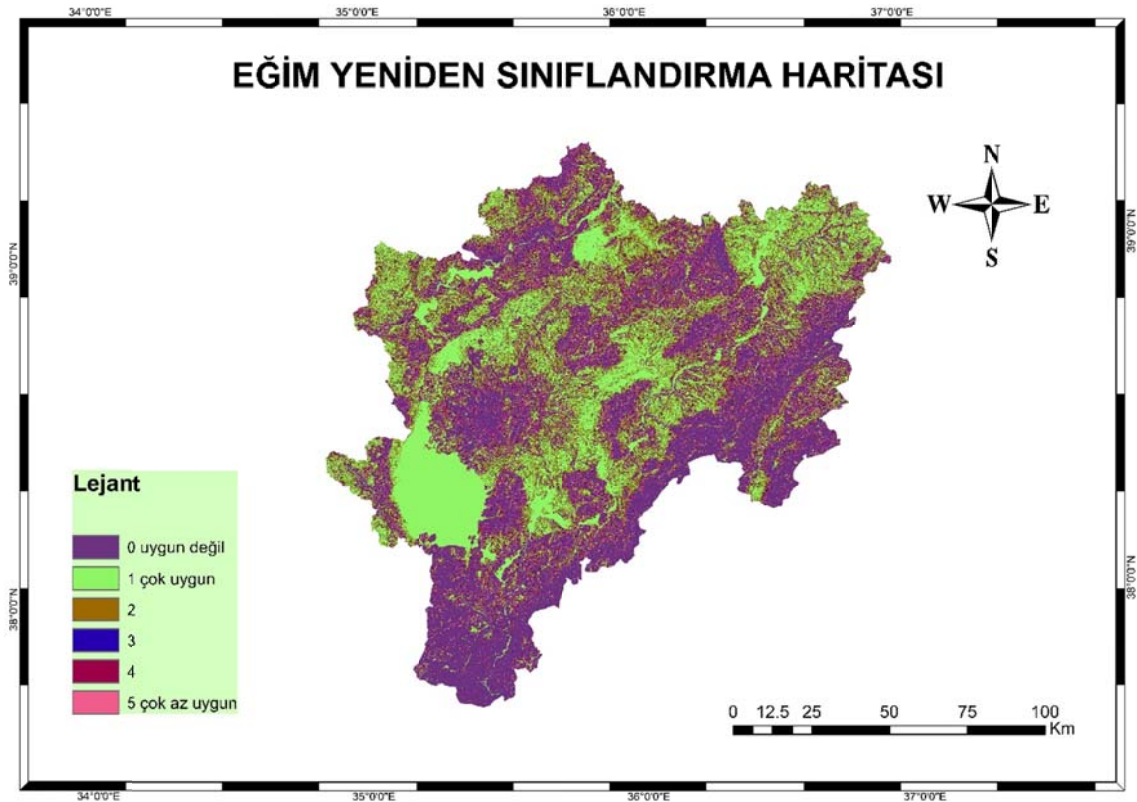


Şekil 3.23. Kayseri İli Eğim Haritası

Tablo 3.11. Eğim İçin Kriter Değerleri

Etki Sınıfı (%)	Değer
0 - 5	1
5 - 10	2
10 - 13	3
13 - 16	4
16 - 20	5
20 <	0

Tablo 3.11’de eğim kriteri için değerler görülmektedir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde eğim kriteri için sınırimız maksimum %15-%20 aralığı seçilmiştir. %20’den fazla olan eğimler katı atık depolama tesisi için uygun olmadığından 0 değeri atanmıştır. %20’nin altındaki değerler için de eğim ne kadar düşük olursa o kadar iyi olacağından en düşük olan kısma 1 değeri atandı ve eğimle birlikte sınıf değerleri de doğru orantılı olarak artmış oldu. Bu bilgiler ışığında eğim faktörüne ait etki sınıfına göre yeniden sınıflandırma haritası oluşturulmuştur. Şekil 3.24’de gösterilmektedir.



Şekil 3.24. Eğim Yeniden Sınıflandırma Haritası

3.4. AHP Yöntemiyle Kriterlerin Ağırlık Değerlerinin Hesaplanması ve Tutarlılık Oranı Hesabı

3.4.1. AHP Yöntemi İçin Kriter Matrisinin Oluşturulması

Tablo 1.6’da ki değerlendirme ölçeğine göre kriterlerimizden oluşturduğumuz matris uzman kişiler tarafından dolduruldu ve tek bir tablo elde edebilmek adına ortalama değerleri hesaplandı. Uzmanlar tarafından doldurulan tablolar aşağıda gösterilmektedir.

Tablo 3.12. Katı Atık Uygulaması İçin Kullanılan Kriterler Matrisi

KRİTER	ARAZİ KULLANIM KABİLİYETİ	YERLEŞİM MERKEZİNE UZAKLIK	ANA YOLA UZAKLIK	MESİRE ALANINA UZAKLIK	YÜZEY SULARINA UZAKLIK	HAVA ALANINA UZAKLIK	KORUNAN ALANLARA UZAKLIK	NÜFUS YOĞUNLUĞU	EĞİM
ARAZİ KULLANIM KABİLİYETİ	1								
YERLEŞİM MERKEZİNE UZAKLIK		1							
ANA YOLA UZAKLIK			1						
MESİRE ALANINA UZAKLIK				1					
YÜZEY SULARINA UZAKLIK					1				
HAVA ALANINA UZAKLIK						1			
KORUNAN ALANLARA UZAKLIK							1		
NÜFUS YOĞUNLUĞU								1	
EĞİM									1

Uzman kişiler tarafından doldurulan tablolar :

Tablo 3.13. Uzman 1 Değerlendirme Tablosu (Katı Atık)

[illegible]

Tablo 3.14. Uzman 2 Değerlendirme Tablosu (Katı Atık)

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)									
Kriter	AKK	YMUZ	AYUZ	MAUZ	KAUZ	YSUZ	HAUZ	Nüfus	Eğim
AKK	1	3	5	6	7	7	9	8	7
YMUZ		1	3	4	5	6	9	8	7
AYUZ			1	2	4	6	8	7	6
MAUZ				1	2	3	7	6	5
KAUZ					1	3	6	5	5
YSUZ						1	4	4	3
HAUZ							1	0.3333	0.3333
Nüfus								1	0.2500
Eğim									1

Tablo 3.15. Uzman 3 Değerlendirme Tablosu (Katı Atık)

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)									
Kriter	AKK	YMUZ	AYUZ	MAUZ	KAUZ	YSUZ	HAUZ	Nüfus	Eğim
AKK	1	3	4	5	6	6	9	8	7
YMUZ		1	4	5	5	6	9	7	7
AYUZ			1	3	2	4	7	6	5
MAUZ				1	2	4	6	6	5
KAUZ					1	3	5	5	4
YSUZ						1	4	4	3
HAUZ							1	0.3333	0.2500
Nüfus								1	0.5000
Eğim									1

Tablo 3.16. Uzman 4 Değerlendirme Tablosu (Katı Atık)

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)									
Kriter	AKK	YMUZ	AYUZ	MAUZ	KAUZ	YSUZ	HAUZ	Nüfus	Eğim
AKK	1	0.3333	3	4	5	6	9	7	8
YMUZ		1	2	4	4	5	8	6	7
AYUZ			1	3	3	4	8	6	6
MAUZ				1	2	3	7	5	6
KAUZ					1	2	6	3	4
YSUZ						1	5	3	4
HAUZ							1	0.3333	0.5000
Nüfus								1	2
Eğim									1

Uzmanların doldurmuş olduğu değerlendirme tablolarının matematiksel ortalaması alınarak kullanacağımız kriter matrislerinin tablosu oluşturulmuştur. Tablo 3.17’de görülmektedir.

Tablo 3.17. Ortalama Kriter Matrisi (Katı Atık)

Kriter	AKK	YMUZ	AYUZ	MAUZ	KAUZ	YSUZ	HAUZ	Nüfus	Eğim
AKK	1	3	4	5	6	7	9	8	7
YMUZ	1/3	1	3	4	5	6	9	7	7
AYUZ	1/4	1/3	1	3	3	5	8	6	5
MAUZ	1/5	1/4	1/3	1	2	4	7	6	5
KAUZ	1/6	1/5	1/3	1/2	1	3	6	5	4
YSUZ	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1	5	4	3
HAUZ	1/9	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1	1/3	1/4
Nüfus	1/8	1/7	1/6	1/6	1/5	1/4	3	1	1/2
Eğim	1/7	1/7	1/5	1/5	1/4	1/3	4	2	1

3.4.2. Kriter Matrisine Göre Ağırlık Hesabı

Kriterlerin ağırlıklarının bulunması için karşılaştırma matrisinin her sütununun toplamı alınır. Daha sonra matristeki her bir eleman bu toplama bölünür ve “normalize edilmiş matris” bulunur kontrol için normalize matrisin sütunları toplanır ve bu toplam 1 olmalıdır. Normalize edilmiş matrisin satır ortalaması alınarak ağırlıklar elde edilmiş olur. Kontrol olarak ağırlıkların toplamı 1 olmalıdır. Her bir kriter için Microsoft Excel programında ağırlık değerleri hesaplandı. Şekil 3.25’de hesaplamalar ağırlıklar ve kontroller görülmektedir.

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)-Ortalama (A)									
Kriter	AKK	YMUZ	AYUZ	MAUZ	KAUZ	YSUZ	HAUZ	Nüfus	Eğim
AKK	1	3	4	5	6	7	9	8	7
YMUZ	1/3	1	3	4	5	6	9	7	7
AYUZ	1/4	1/3	1	3	3	5	8	6	5
MAUZ	1/5	1/4	1/3	1	2	4	7	6	5
KAUZ	1/6	1/5	1/3	1/2	1	3	6	5	4
YSUZ	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1	5	4	3
HAUZ	1/9	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1	1/3	1/4
Nüfus	1/8	1/7	1/6	1/6	1/5	1/4	3	1	1/2
Eğim	1/7	1/7	1/5	1/4	1/3	1/2	4	2	1
Toplam	2.471825	5.346825	9.358333	14.25952	17.95	26.78333	52.0003	39.3333	32.75
Normalize Edilmiş Matris									
	0.404559	0.561081	0.427427	0.350643	0.334262	0.261357	0.173076	0.20339	0.21374
	0.134853	0.187027	0.32057	0.280514	0.278552	0.22402	0.173076	0.177966	0.21374
	0.10114	0.062342	0.106857	0.210386	0.167131	0.186683	0.153845	0.152543	0.152672
	0.080912	0.046757	0.035619	0.070129	0.111421	0.149347	0.134615	0.152543	0.152672
	0.067427	0.037405	0.035619	0.035064	0.05571	0.11201	0.115384	0.127119	0.122137
	0.057794	0.031171	0.021371	0.017532	0.01857	0.037337	0.096153	0.101695	0.091603
	0.044951	0.020781	0.013357	0.010018	0.009285	0.007467	0.019231	0.008474	0.007634
	0.05057	0.026718	0.017809	0.011688	0.011142	0.009334	0.057698	0.025424	0.015267
	0.057794	0.026718	0.021371	0.014026	0.013928	0.012446	0.076923	0.050848	0.030534
Kontrol	1	1	1	1	1	1	1	1	1
								Satır Top.	Ağırlıklar (W)
								2.929534	0.325504
								1.990318	0.221146
								1.293598	0.143733
								0.934012	0.103779
								0.707875	0.078653
								0.473227	0.052581
								0.141198	0.015689
								0.22565	0.025072
								0.304587	0.033843
Kontrol	1	1	1	1	1	1	1	9	Kontrol 1

Şekil 3.25. Kriter Ağırlıklarının Hesabı

3.4.3. AHP Modellerinde Tutarlılığın Test Edilmesi

AHP modellerinde verilecek son kararın güvenilirliği, iki karşılaştırma matrislerini dolduran karar vericilerin tutarlı olması ile sağlanabilir. Bu sebeple AHP modellerinde

tutarlılık oranının belirlenen oranın altında kalması gerekmektedir. Tutarlılık oranının her zaman 0.10'dan küçük olması beklenir. Bizim çalışmamızda da bu değerin altında kaldığı için karar matrisimizin tutarlı olduğu belirlenmiştir. Katı atık depolama alanları için oluşturulan matrislerin Şekil 3.26'da tutarlılık oranı hesabı gösterilmiştir. Burada yapılan işlem adımları literatür kısmında açıkladığımız AHP modelinde detaylı açıklanmıştır.

Temel Değer(λ)			
	D=A $\times$ W	E=D/W	
	3.50143	10.75696	
	2.438317	11.0258	
	1.554182	10.81297	
	1.069175	10.30241	
	0.789541	10.0383	
	0.497109	9.454203	
	0.149662	9.539528	
	0.231472	9.232209	
	0.311528	9.205081	
	$\lambda(\text{Ort.})$	10.04083	
Tutarlılık Göstergesi(CI)		=	0.130104
$(\lambda - n)/(n - 1)$			
Tutarlılık Oranı(CR)=CI/RL		=	0.089727
n=9 için RL=1.45			

Şekil 3.26. Tutarlılık Oranı Hesabı

9 kriter için Tablo 1.7'de gösterilen indisdeki 1.45 değeri alınarak hesaplanmıştır.

3.4.4. AHP Yöntemi İle Hesaplanan Ağırlık Değerleri

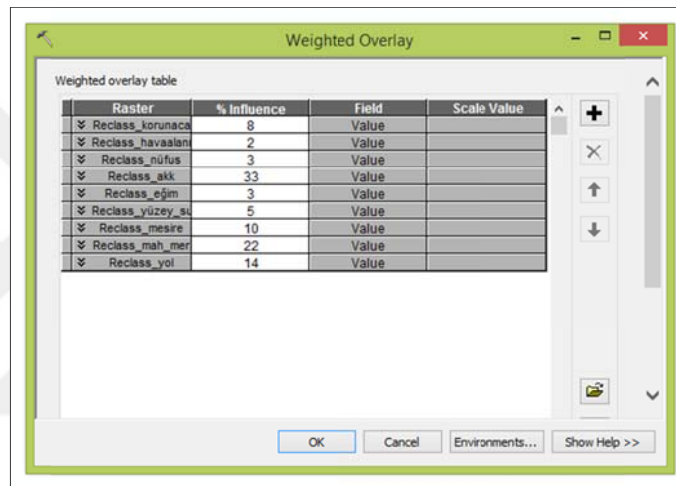
Yapılan çalışmada AHP yöntemi için kriterler ve alt kriterler belirlenip, yeni değerlerle işlemler yapılmıştır. Bu aşamada ise AHP için son işlem olarak ağırlıklar Microsoft Excel yardımıyla formülize edilerek hesaplanmıştır. Tablo 3.18'de kriterler, alt kriterler ve ağırlıkları gösterilmektedir.

Tablo 3.18. Kriterlerin Alt Değerleri ve Ağırlık Değerleri Tablosu

Faktör Adı	Etki Sınıfı	Değer	Ağırlık
Arazi Kullanım Kabiliyeti	Yerleşim	0	33
	Tarım	0	
	Yeşil Alan	0	
	Kayalık	1	
	Su	0	
Yerleşim Merkezine Uzaklık (m)	0 - 1000	0	22
	1001 - 1500	5	
	1501 - 2000	4	
	2001 - 2500	3	
	2501 - 3500	2	
	3501 - 5000	1	
Ana Yola Uzaklık(m)	0 - 250	0	14
	251 -500	5	
	501 - 1000	4	
	1001 - 1500	3	
	1501 - 2500	2	
	2501 - 5000	1	
Mesire Alanına Uzaklık (m)	0 - 250	0	10
	251 - 1000	5	
	1001 - 2500	4	
	2501 - 5000	3	
	5001 - 7500	2	
	7501≤	1	
Yüzey Sularına Uzaklık (m)	0 - 500	0	5
	501 - 1000	5	
	1001 - 2500	4	
	2501 - 5000	3	
	5001 - 7500	2	
	7501≤	1	
Havaalanına Uzaklık (m)	0 - 1000	0	2
	1001 - 1500	5	
	1501 - 2500	4	
	2501 - 5000	3	
	5001- 7500	2	
	7501≤	1	
Korunan Alanlara Uzaklık (m)	0 - 500	0	8
	501 - 1000	5	
	1001 - 2500	4	
	2501 - 5000	3	
	5001 - 7500	2	
	7501≤	1	
Nüfus Yoğunluğu	0 - 382	1	3
	382 - 931	2	
	931 - 1840	3	
	1840 - 3253	4	
	3253 - 7779	5	
	7779 - 21304	6	
	21304 - 71972	0	
Eğim (%)	0-5	1	3
	5-10	2	
	10-13	3	
	13-16	4	
	16-20	5	
	20<	0	

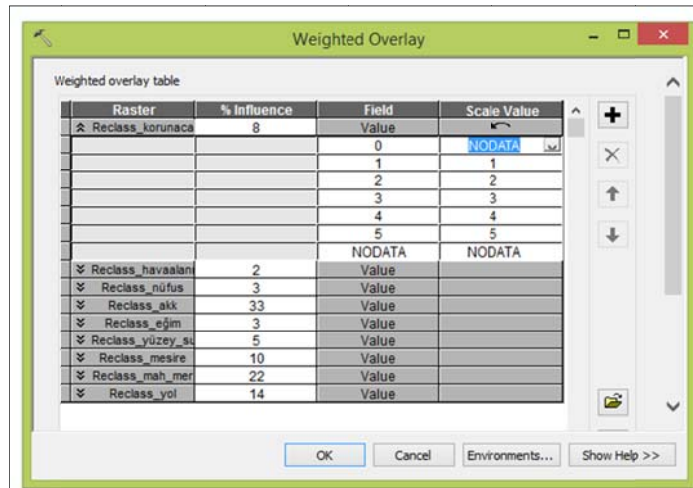
Son işlem adımı ise çok katmanlı ağırlıklı çakıştırma yöntemi (Weighted Overlay) kullanarak, yapılan analizler sonucu oluşturduğumuz yeniden sınıflandırma (reclassify) haritaları ile AHP yöntemiyle hesaplanan kriter ağırlıkları birleştirerek katı atık depolama alanları için uygun yerleri tespit etmektir.

ArcGIS yazılımında çok katmanlı ağırlıklı çakıştırma yöntemi (Spatial Analyst-Weighted Overlay) ile yeniden sınıflandırılan harita katmanları çakıştırılarak her bir kriter için hesaplanan ağırlık değerleri girildi. Şekil 3.27’de ağırlıkların girildiği ekranın görüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 3.27. Weighted Overlay İle Ağırlıkların Girilmesi

Her bir katman eklendiğinde yeniden sınıflandırma (reclassify) kısmında yapıldığı gibi bu aşamada da benzer işlem uygulandı. Yeniden sınıflandırmada 0 olarak atadığımız değerler bu kısımda (NoData) belirlendi. Şekil 3.28’de gösterilmektedir.



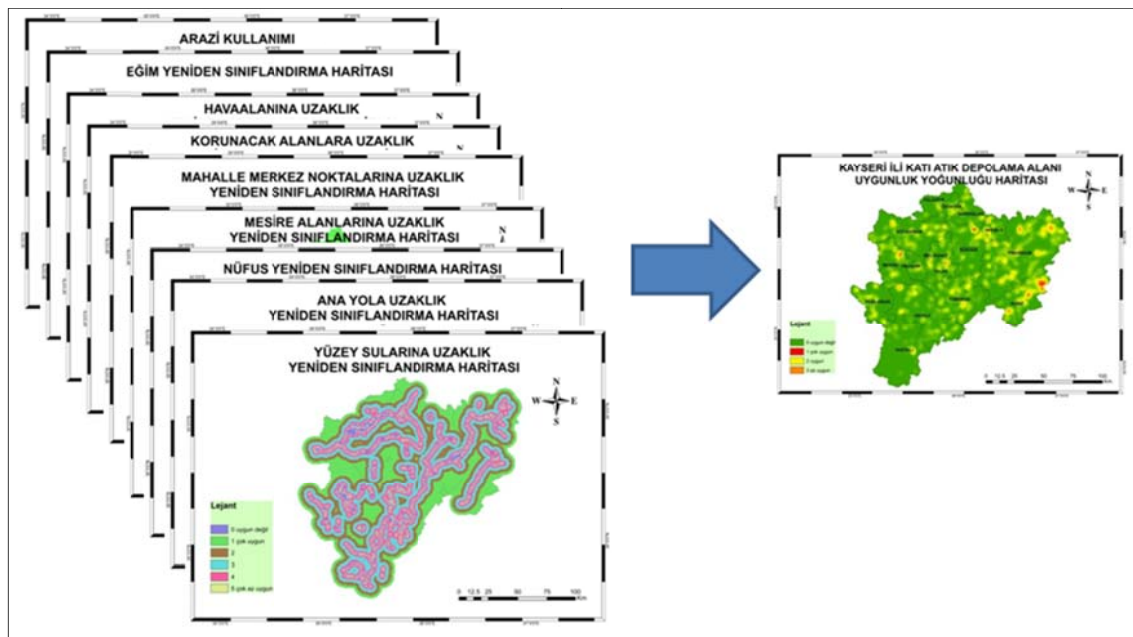
Şekil 3.28. Weighted Overlay İle Derecelendirme

3.4.5. Kayseri İçin Alternatif Katı Atık Depolama Tesisi Yer Seçimi

Tez kapsamında yapılan çalışmada Kayseri için katı atık depolama tesisi yer seçimi yapılmıştır. Toplamda 9 adet kriter kullanılmıştır. CBS analizleri sayesinde raster veri yapısında sonuçlar elde edilmiştir.

Uygulamanın daha dinamik olması için ArcGIS yazılımında model builder'dan yararlanılmıştır. Model builder özellikle bir dizi araç içeren iş akışlarını oluşturmada ve çalıştırmada kullanılan bir uygulamadır. Ayrıca sistemde oluşabilecek ufak kriter değişikliklerini de model builder aracılığı ile rahatlıkla güncelleme imkanı vardır [52].

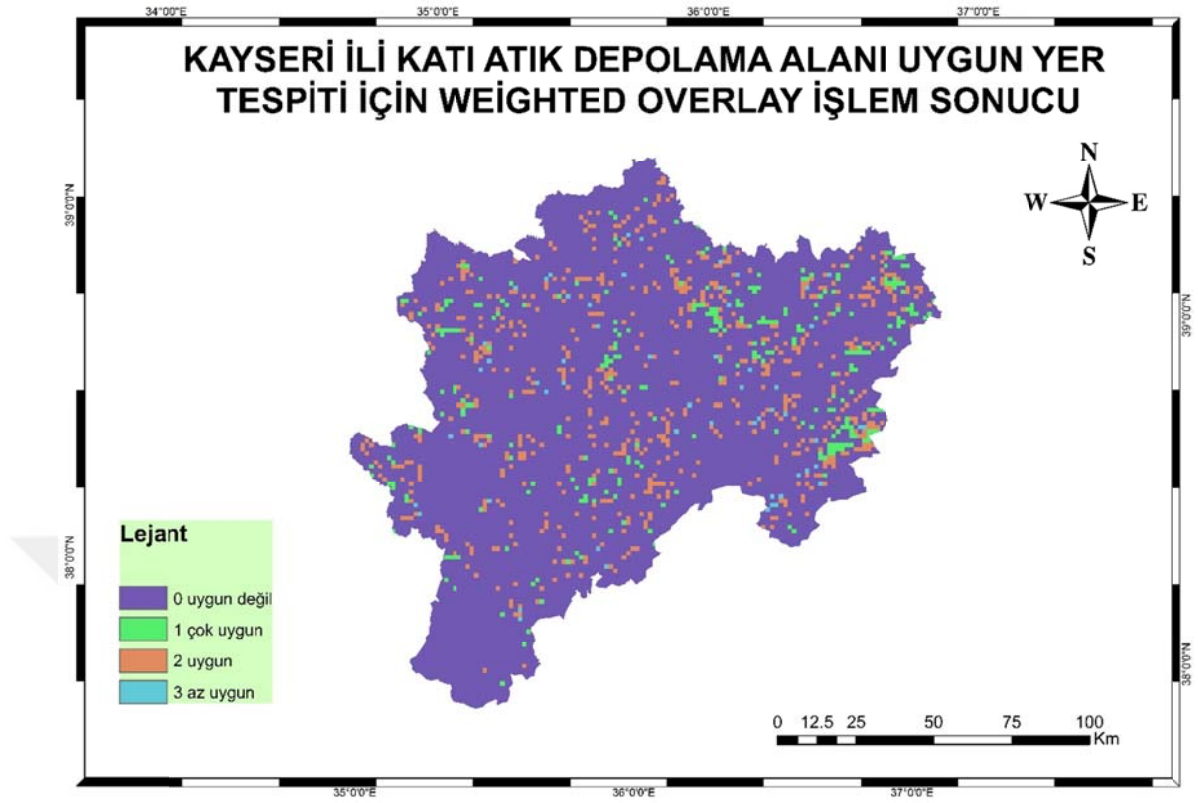
Özellikle yönetmelikler de ki sınırlamalar da değişiklik olduğunda model sayesinde ağırlıklar da kolayca değişerek yeni sonuç haritaları elde edilecek şekilde tasarlandı. Çalışmada kullanılan model Şekil 3.30'da gösterilmektedir. Kriterlerin her biri için ağırlık değerleri hesaplandı. Alt kriterlerden uzaklık içeren verilerin her birine çoklu çizgi tamponu (multiple ring buffer) uygulaması modelde eklendi. Daha sonra her bir alt kriter için yeniden sınıflandırma işlemine girecek şekilde bağlantı kuruldu. Her bir katman için daha önceden hesaplanan ağırlık değerleri yazılıp derecelendirme işlemi yapıldıktan sonra tüm bu analizler yapılan haritalar ile çakıştırılıp katı atık depolama alanı için uygunluk haritası elde edildi. Şekil 3.31'de gösterilmektedir. Daha sonra elde edilen sonuç üzerinden de yoğunluk haritası üretilmiştir. Şekil 3.33'de bu yoğunluk haritası gösterilmektedir.



Şekil 3.29. Katı Atık İçin Kriter Haritaları Ve Sonuç Haritası



Şekil 3.30. Katı Atık Depolama Alanı Yer Seçimi İşlemi İçin Hazırlanan Model



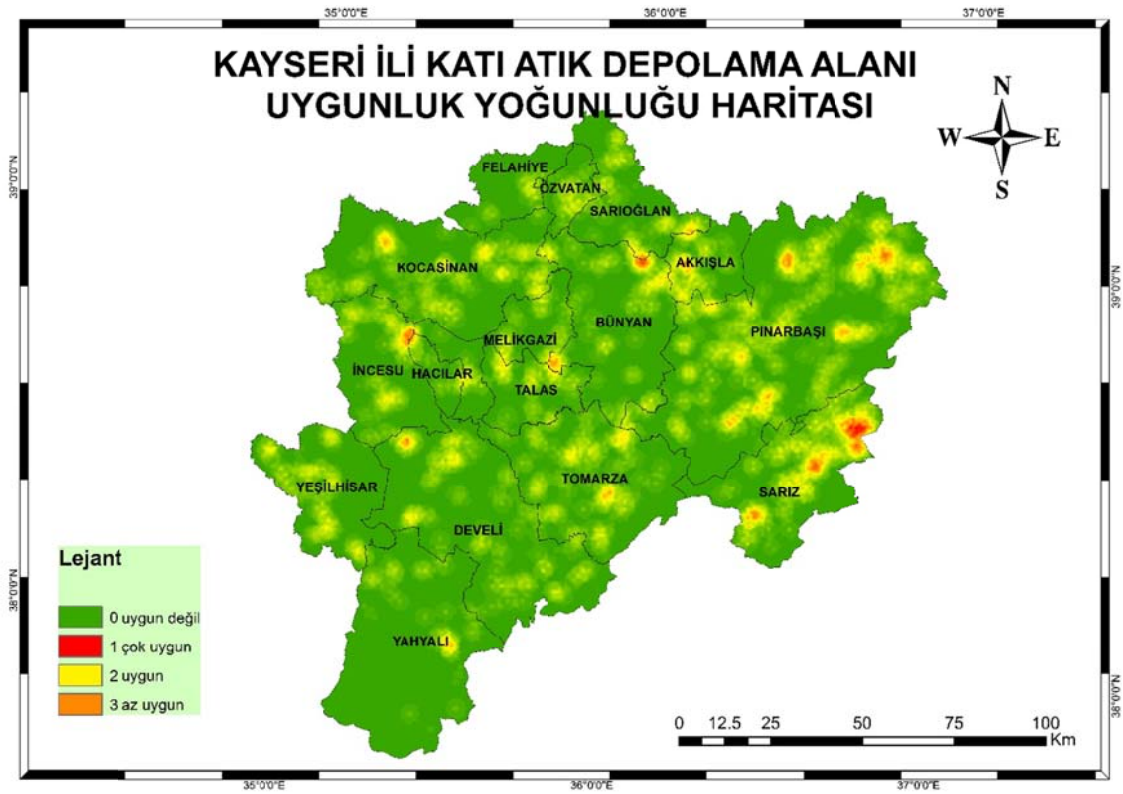
Şekil 3.31. Kayseri İli Katı Atık Depolama Alanı İçin Uygunluk Haritası

Yapılan analizler ve AHP işlemiyle hesaplanan ağırlık değerlerinin çok katmanlı ağırlıklı çakıştırma yöntemi (Weighted Overlay) ile birleştirilmesi sonucunda 0'dan 3'e kadar uygunluk haritası oluşturulmuştur.



Şekil 3.32. Weighted Overlay İşlem Sonucu Oluşan Lejant

(■) 0 ile gösterilen alanlar istenmeyen yani katı atık depolama alanı için uygun olmayan yerleri ifade etmektedir. (■) 1 ile gösterilen alanlar ise katı atık depolama alanı için en uygun yerleri ifade etmektedir. (■) 2 ile gösterilen alanlar ise biraz daha düşük derece uygun yerleri ifade etmektedir. (■) 3 ile gösterilen alanlar ise daha düşük derecede uygun yerleri ifade etmektedir.



Şekil 3.33. Kayseri İli Katı Atık Depolama Alanı İçin Uygunluk Yoğunluğu Haritası

Kriter matrisi ile hesaplanan ağırlık değerlerinin sonuçlar üzerindeki etkisi görülmektedir. En yüksek ağırlık arazi kullanım kabiliyeti ardından yerleşim merkezine uzaklık kriteri çıkmıştı. Oluşan haritada görülüyor ki uygun yerler şehir merkezini, tarım alanlarını, yüzey sularını ve mesire alanlarını kapsamamaktadır. Bu kısımdan da anlaşıldığı gibi AHP yöntemi ve kullanılan çok katmanlı ağırlıklı çakıştırma yöntemi (Weighted Overlay) işlemi katı atık depolama alanı için uygun yer belirleme de doğru bir yöntem olmuştur. Bu şekilde çok kriterli karar alınması gereken uygulamalarda kriterlerin birisinin seçilmesi yerine birbirine göre üstünlükleri belirlenerek ve sonuç olarak da uygunluk dereceleri elde etmek daha doğru bir yöntemdir.

4. BÖLÜM

KAYSERİ İLİ RÜZGAR ENERJİ SANTRALLERİ İÇİN UYGUN ALAN TESPİTİ

4.1. Akıllı Enerji

Akıllı enerji yaklaşımları yenilenebilir enerji kaynakları ile desteklenen, maliyet ve enerji tasarrufu sağlayan yenilikçi yaklaşımlardır.

Şehirlerde artan enerji ihtiyacından dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarından temiz enerji üretim ve depolama faaliyetlerinin hızlı bir şekilde hayata geçirilmesi gerekmektedir. İnovasyon öncelikli yatırım alanlarından biri olan rüzgâr, güneş gibi kaynakları esas alan yenilenebilir enerjinin yaygınlaştırılması modern şehircilik anlayışında doğa ve ekonomi dostu stratejiler arasında yer alıyor.

4.1.1. Rüzgar Enerji Santralleri (RES)

Tüm Dünyada nüfusun hızlı artışı ile orantılı olarak enerjiye duyulan ihtiyaç da her geçen gün artmaktadır. Bu durum yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyacı ortaya çıkarmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde Dünya'nın birçok bölgesinde üretilen temiz, gelişmiş ve ticari açıdan en elverişli enerji türlerinden birisi de rüzgâr enerjisidir. Bu sebeplerden hem Dünya'da hem de Türkiye'de giderek ilgi görmeye başlamıştır [49].

Rüzgâr enerji santralleri, sürdürülebilir enerji projeleri için enerji üretmede en uygun yöntemler arasındandır. Ancak, maliyetinin yüksek olmasından dolayı rüzgâr enerji santrallerinin kurulacağı yerlerin önceden fizibilite çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Rüzgâr enerji santrali için uygun yer seçimi sürecinde karşılaşılan sorunların aşılmasında teknik faktörlerin yanında fiziksel, ekonomik, sosyal, çevresel ve

politik faktörlerin de irdelenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Rüzgâr enerji santrali yer seçimi topografya, arazi örtüsü, eğim, bakı, koruma alanları, yerleşim merkezleri gibi birçok konumsal faktörün bir arada analiz edilmesini gerektirmektedir. Bu tür karmaşık projeler için karar verme süreçlerinde CBS'nin karar destek yetenekleri kullanılmaktadır [10].

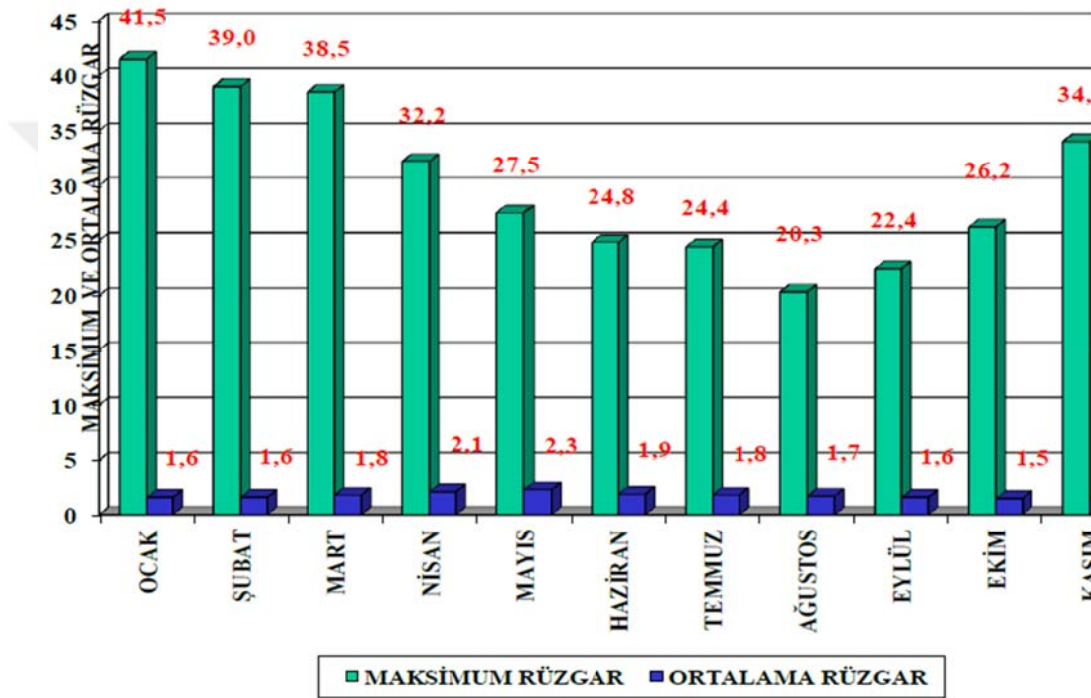


Şekil 4.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları [46]

Rüzgâr enerjisi yatırımları yapılırken kullanılan finansmanın geri dönüşünde yatırımın getirisinin yüksek olması için doğru alanlara yatırım yapılmalıdır. Bu nedenle RES kurulumu için gerekli kriterler belirlenerek veriler toplanıp analiz edildi. Çalışma kapsamında Kayseri ili rüzgâr enerji santrali yer seçimi için CBS ve AHP yönteminden yararlanarak uygun alanlar tespit edilmesi amaçlanmıştır. CBS ile yapılan analizler ile AHP yöntemiyle hesaplanan ağırlıklar sonucunda en doğru sonuçların elde edilmesi istenmiştir.

4.2. Rüzgâr Enerji Santralleri Yer Seçimi İçin Kriterlerin Belirlenmesi

Rüzgâr enerjisi yatırımlarında finansmanın geri dönüşünün yüksek olması için RES'in doğru alanlara kurulumu çok önemlidir. Buna göre RES kurulumu yaparken en önemli adım sahayı doğru seçmektir. Bir diğer önemli nokta ise seçilen saha da rüzgâr potansiyelinin olup olmadığına bakmaktır [10]. Şekil 4.2'de Kayseri ili ortalama rüzgâr hızı gösterilmektedir.



Şekil 4.2. Kayseri İli Uzun Yıllar Ortalama Rüzgâr Hızı Aylık Dağılımı [42]

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü verilerine göre Türkiye’de illere göre kurulabilecek RES’lerin toplam alanı 22.834,85 km², toplam kurulu gücü ise 114.174,08 MW’tır. Kayseri bu grupta 377,06 km² toplam alana ve 1.855,28 MW toplam kurulu güç kapasitesiyle 18. sırada yer almaktadır [50].

Tablo 4.1. Kayseri'de Kurulabilecek RES'lerin Güç Kapasitesi

50 m'de Rüzgar Gücü (W/m ²)	50 m'de Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Alan (km ²)	Toplam Kurulu Güç (MW)
300 – 400	6.8 – 7.5	276,69	1.383,44
400 – 500	7.5 – 8.1	95,20	476,00
500 – 600	8.1 – 8.6	4,85	24,24
600 – 800	8.6 – 9.5	0,32	1,60
> 800	> 9.5	0,00	0,00
		377,06	1.885,28

Literatür incelemesi ve uzman görüşleri alınarak Kayseri ili için rüzgâr enerji santrali uygun alan seçiminde etkili olacak 14 faktör belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılacak kriterler (Tablo 4.2):

Tablo 4.2. RES Kriterler

Kriterler
Arazi Kullanım Kabiliyeti
Rüzgâr Hızı
Rüzgâr Güç Yoğunluğu
Rüzgâr Kapasitesi
Pürüzlülük
Enerji Nakil Hatlarına Uzaklık
Trafo Merkezlerine Uzaklık
Ana Yola Uzaklık
Yerleşim Merkezine Uzaklık
Havaalanına Uzaklık
Korunacak Alanlara Uzaklık
Yüzey Sularına Uzaklık
Yükseklik
Eğim

4.2.1. Analizler ve Gerekli İşlem Adımları

Rüzgâr enerji santrallerinin yer seçiminde etkili olduğu genel kabul görmüş kriterler ve literatürde yer alan kıstaslara göre belirlenmiş Tablo 4.3’de gösterilmektedir.

Tablo 4.3. RES Kriterler Alt Değer Tablosu

Arazi kullanımının uygunluğu	Yerleşim bölgeleri, endüstriyel alanlar gibi mevcut kullanım olan bölgeler ve yüzeysel sular hariç
Rüzgâr hızı	6.5 m / s’den fazla olan
Rüzgâr kapasitesi	% 30 ve fazla olan
Pürüzlülük	Pürüzsüz ve az pürüzlü olan
Yerleşim merkezine uzaklık	500 m
Enerji nakil hattına uzaklık	100 m
Trafo merkezlerine uzaklık	1000 m
Ana yola uzaklık	100 m
Havaalanına uzaklık	3000 m
Korunacak alanlara uzaklık	500 m
Yüzey sularına uzaklık	500 m
Yükseklik	Kayseri ili için 1000 m
Eğim	En fazla % 20

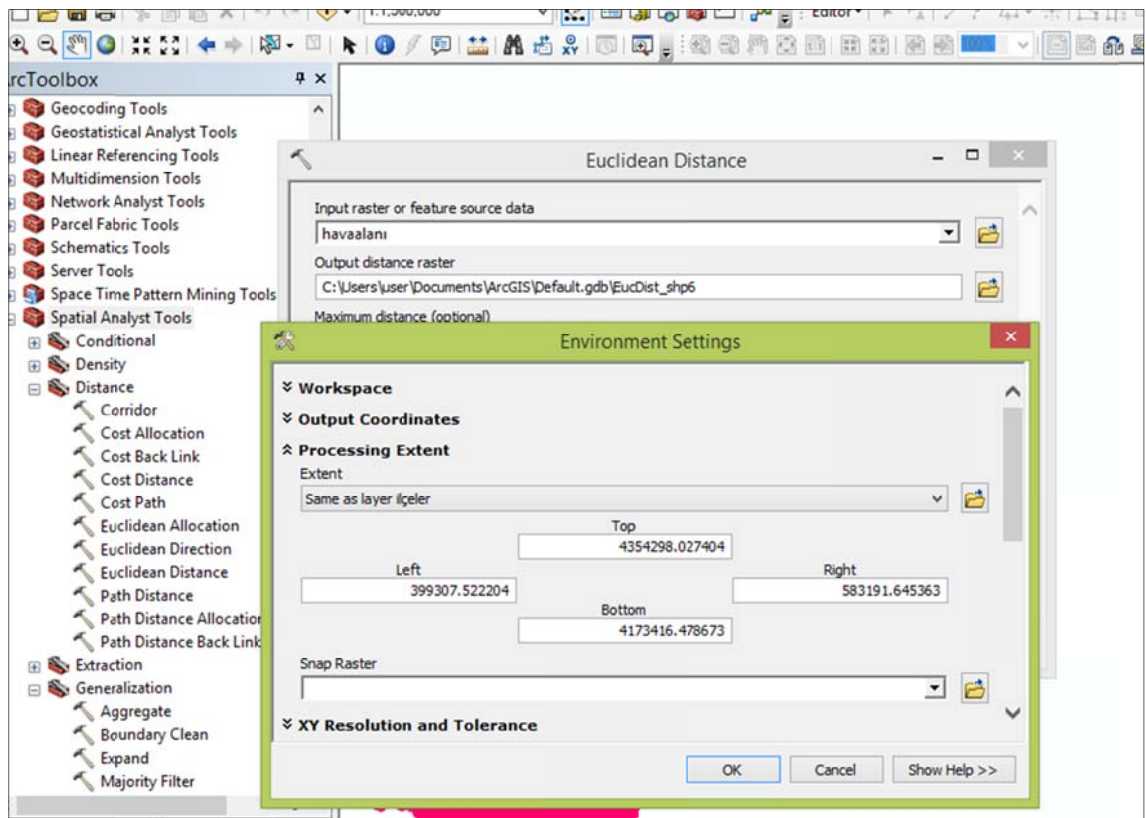
Tablo 4.3 incelendiğinde RES için gerekli alt kriterler şunlardır;

Rüzgâr hızı en az 6,5 m/s ve rüzgâr kapasitesi ise en az %30 olan alanlar seçilmelidir. Koruma altındaki alanlara uzak olmalı ve pürüzsüz alanlar seçilmelidir. Trafo merkezlerine ve iletim hatlarına yakın olmalıdır. Ayrıca yol ağına yakın olması da çok önemlidir. Çünkü rüzgâr tribünlerinin taşınması için yol ağına yakın alanlar tercih edilmelidir. Eğim en fazla % 20 olmalı, yükseklikte Kayseri için en az 1000 m olmalıdır. Bu kriterler özellikle Bennui 2007 çalışması incelenerek seçilmiştir [51].

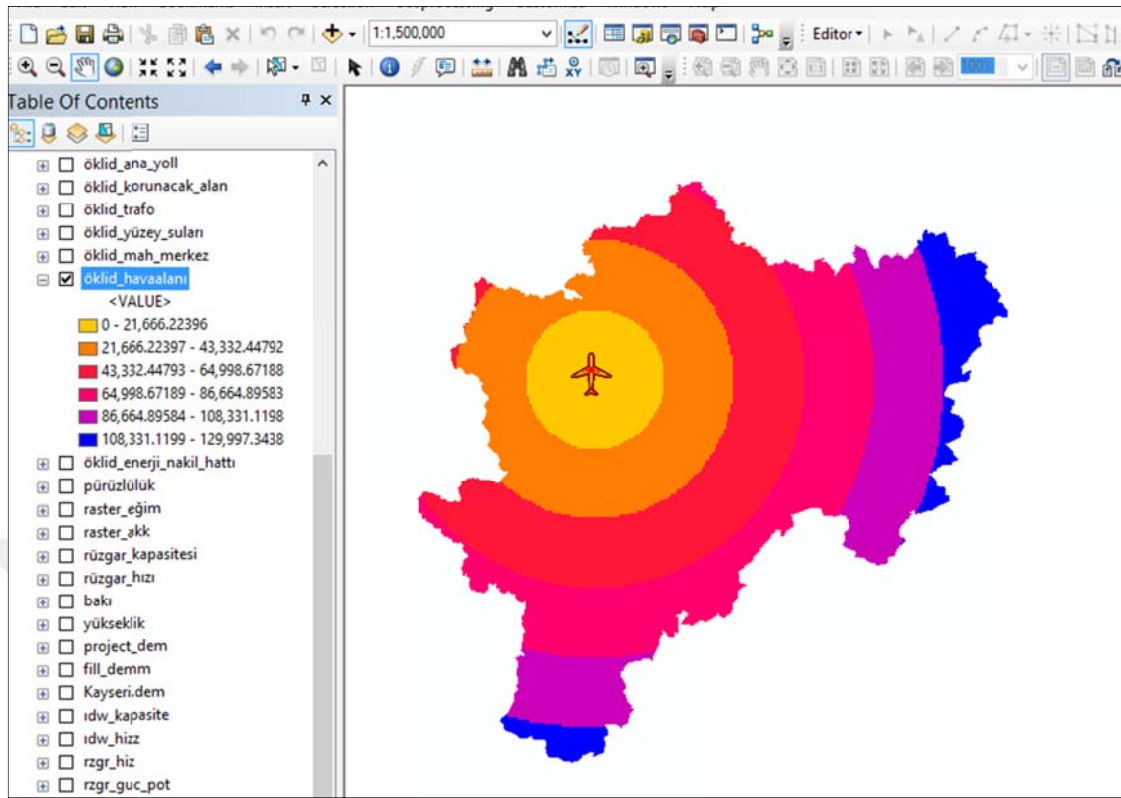
4.2.2. Öklid Mesafesi (Euclidean Distance) İşlemi

Bir Önceki uygulamada çoklu çizgi tamponu (multiple ring buffer) yöntemi kullanılmıştı. Bu uygulamada ise öklid mesafesi (Euclidean Distance) yöntemi uygulandı. Hem bu iki yöntemi karşılaştırmak hem de farklı metotlarla yapılabilirliği göstermek amacıyla bu yöntem seçilmiştir. Karşılaştırma sonucunda ise iki yöntemde aynı sonuçların elde edildiği görülmüştür.

Yukarıda belirtilen kısıtlamalara göre ArcGIS’ de gerekli analizler bu yöneme göre yapıldı. İlk olarak uzaklık kısıtlamaları için yerleşim merkezi, enerji nakil hattı, trafo merkezleri, ana yol, havaalanı, korunacak alan, yüzey suları için öklid mesafesi kullanıldı. Mekânsal analiz (Spatial Analyst) bölümünden öklid mesafesi (Euclidean Distance) işlemi ile kriterler için tüm ilçeleri kapsayacak mesafeler girilip Enviroments kısmından ilçeler katmanı seçilerek elde edilen tampon bölgelerin ilçe katmanı ile sınırlı kalması ayarlanıp öklid mesafeleri hesaplanmıştır. Örnek hesaplama Havaalanı verisi için Şekil 4.3’de gösterilmektedir.



Şekil 4.3. Vektör Veriler İçin Öklid Mesafesi (Euclidean Distance) Uygulama

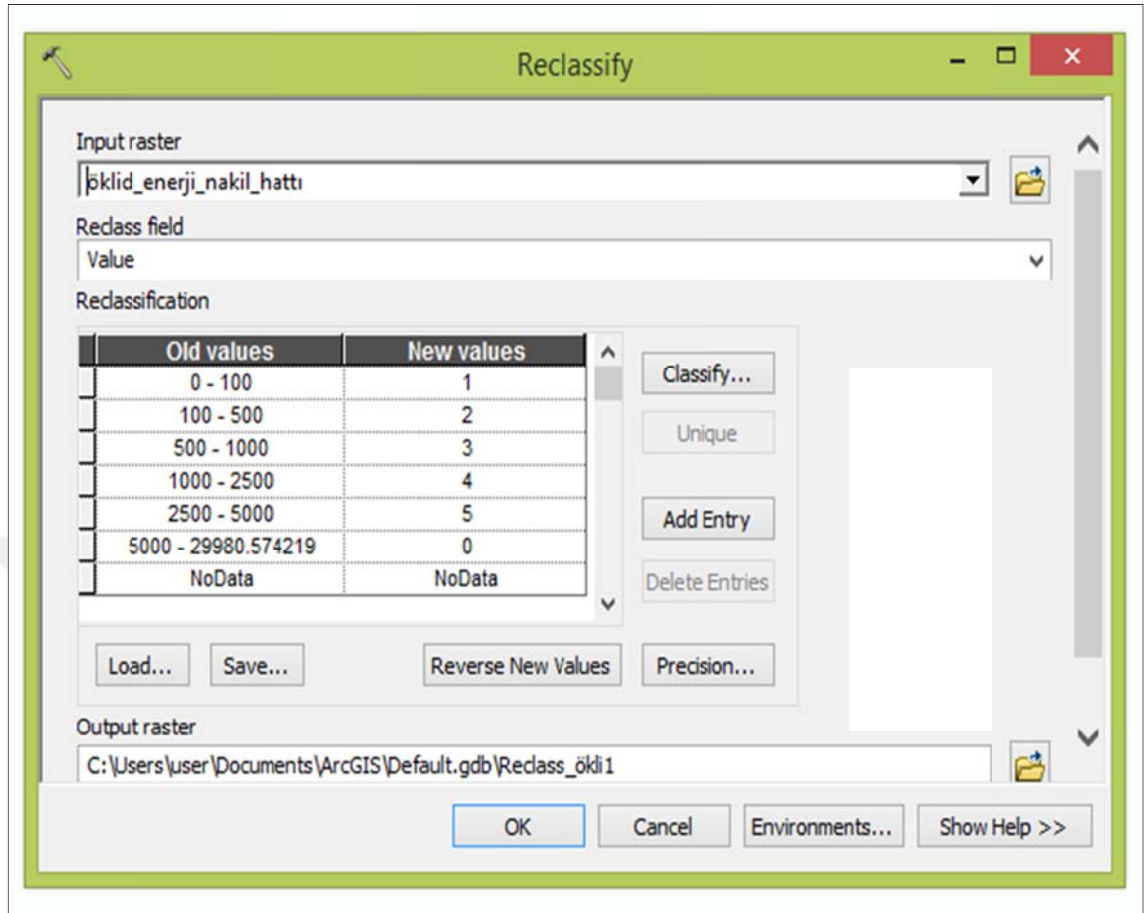


Şekil 4.4. Havaalanı İçin Öklid Mesafesi (Euclidean Distance) İşlemi

Öklid mesafesi (Euclidean Distance) işlemi sonrasında elde edilen veriler raster formatında olduğu için yeniden sınıflandırma (reclassify) işlemi uygulanabilmektedir. Arazi kullanım kabiliyeti, pürüzlülük, rüzgâr hızı, rüzgâr kapasitesi, eğim, yükseklik verileri için mesafeye ihtiyaç duyulmadığından öklid mesafesi (Euclidean Distance) uygulanmamış sadece yeniden sınıflandırma (reclassify) işlemi uygulanmıştır.

4.2.3. Yeniden Sınıflandırma (Reclassify)

Ağırlıklı Toplam (Weighted Overlay) ile en uygun yer analizi yapabilmek için elimizdeki verileri tekrardan sınıflandırmamız gerekmektedir. Bu aşamada elimizdeki raster veriler için en başta belirtilen kısıtlamalar doğrultusunda istenmeyen, uygun olmayan kısımlar için 0 değeri atanmıştır. Diğer kısımlara da uygunluk derecesine göre çok uygun anlamında 1 olacak şekilde uygunluk derecesi azalırken rakamlar artacak biçimde numaralandırma yapılmıştır.

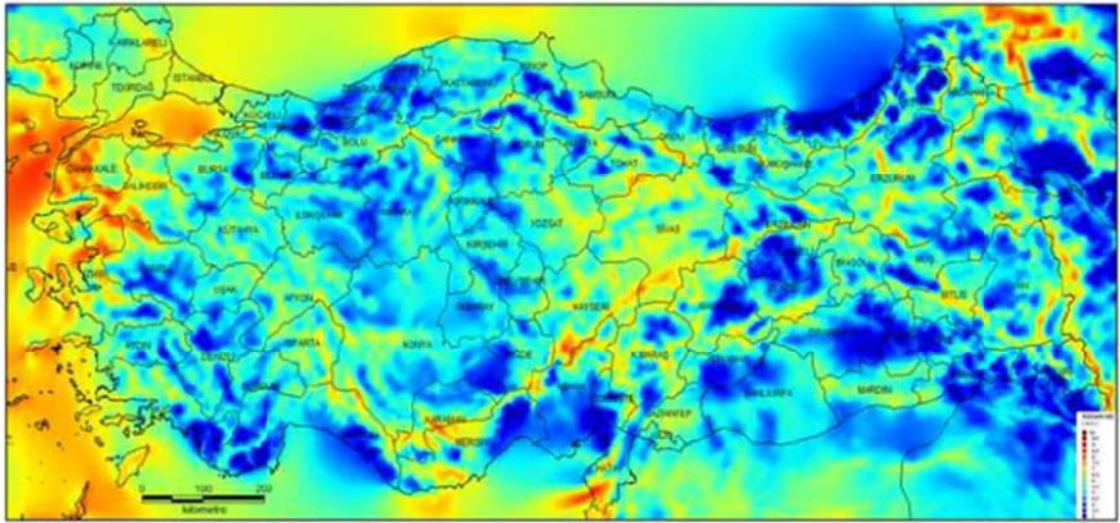


Şekil 4.5. Yeniden Sınıflandırma (Reclassify) İşlem Adımı

4.3. Rüzgâr Enerji Santrali Yer Seçimine Etki Eden Faktörler

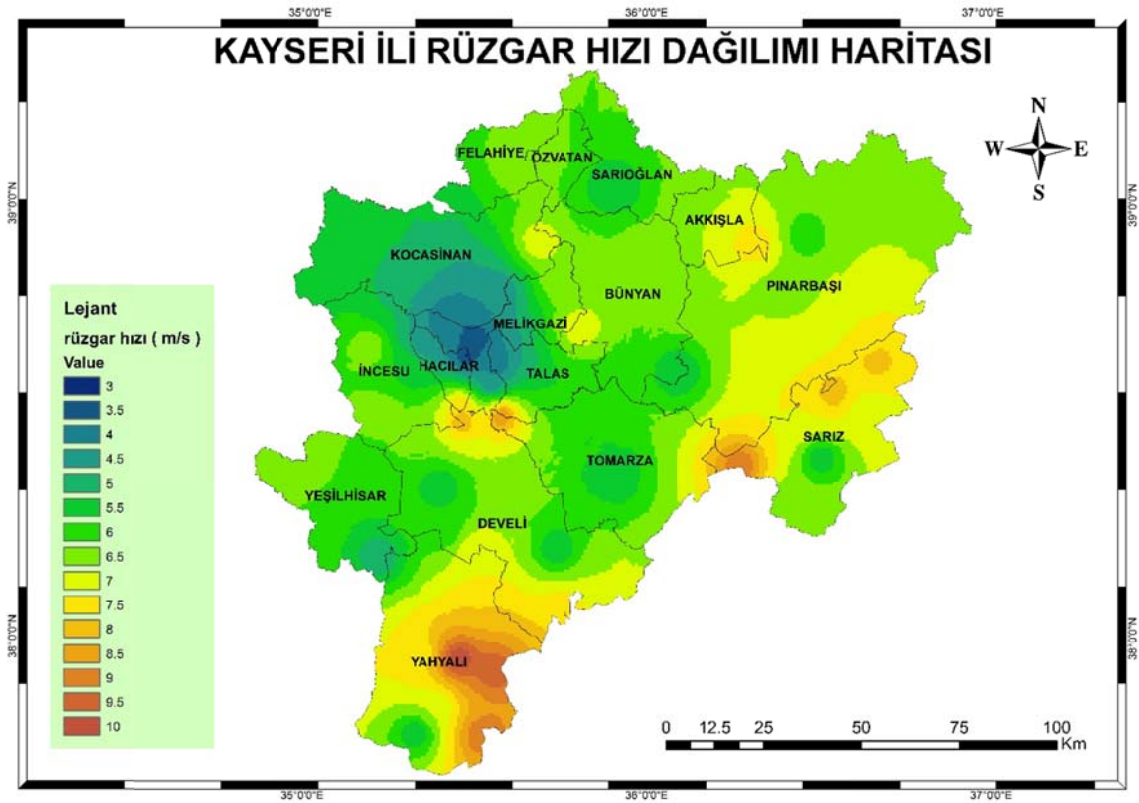
4.3.1. RES için Rüzgâr Hızı Kriteri

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) tarafından yayınlanan rüzgâr enerji potansiyeli atlasına (REPA) göre özellikle Ege ve İç Anadolu'nun doğusu önemli bir rüzgâr enerjisi potansiyeline sahiptir. Şekil 4.6'da Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli atlası (REPA) verilmiştir. Ülkemiz de 30 m yükseklikteki rüzgâr hızları RES yatırımları için ekonomik olmadığından dolayı 50 m yükseklikteki rüzgâr hızları alınmıştır. Rüzgâr hızı faktörü RES yatırımları için en önemli kriterlerden birisidir.



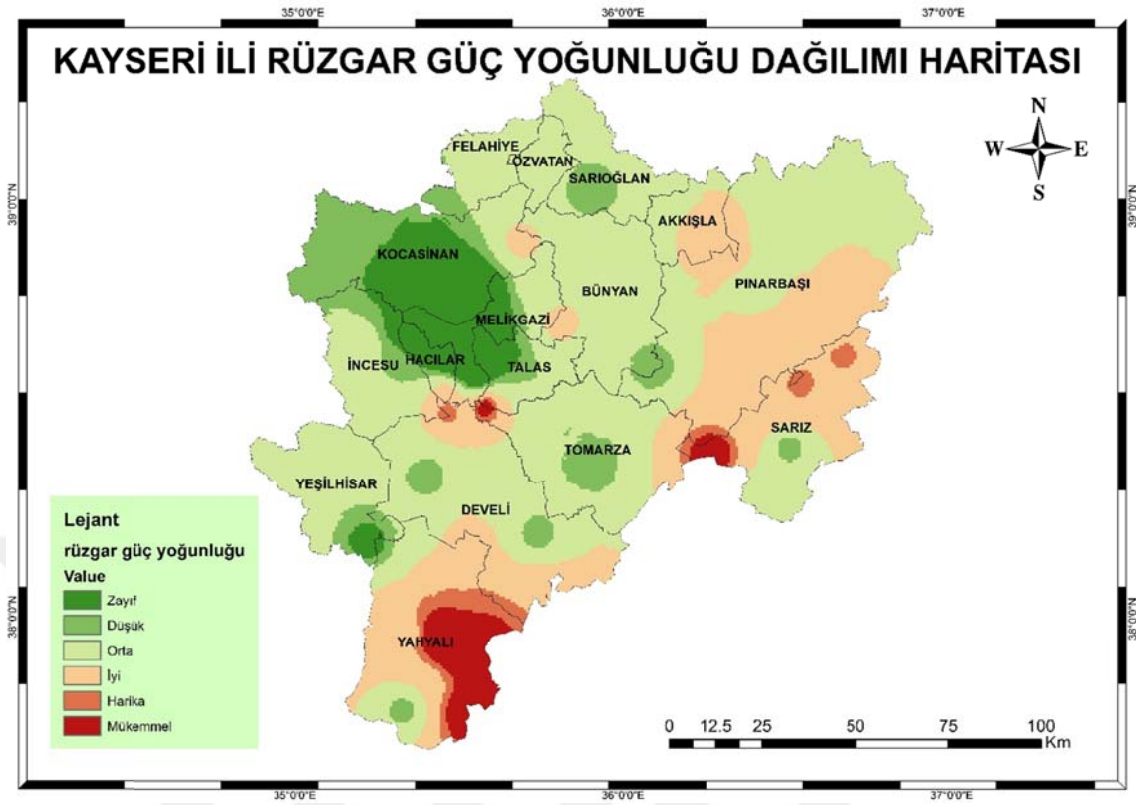
Şekil 4.6. Türkiye Rüzgâr Hız Dağılımı Haritası (50 m) [50]

Kayseri ili rüzgâr hız dağılım haritası REPA'dan üretilmiştir. Şekil 4.7'de gösterilmektedir.



Şekil 4.7. Kayseri İli Rüzgâr Hız Dağılımı Haritası (50 m)

Rüzgâr hızına göre belirlenen rüzgâr güç yoğunluğu da RES yapımı için yer seçiminde yol göstericidir. Kayseri ilinin güney ve doğu kesimlerinde rüzgâr güç seviyelerinin çok iyi düzeyde olduğu Şekil 4.8'de görülmektedir.

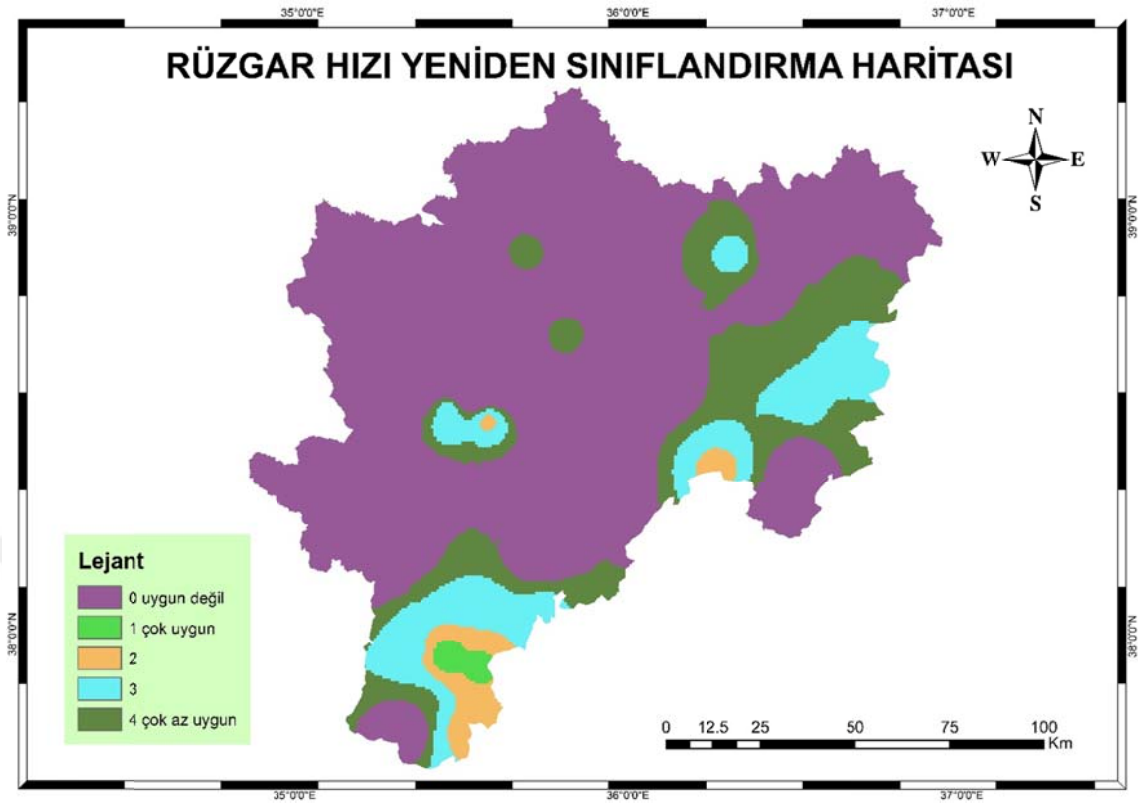


Şekil 4.8. Kayseri İli Rüzgâr Güç Yoğunluğu Dağılımı Haritası

Tablo 4.4. Rüzgâr Hızı İçin Kriter Değerleri

Etki Sınıfı (m / s)	Değer
3.5 – 6.5	0
6.5 - 7	4
7 - 8	3
8 - 9	2
9 - 10	1

Yapılan literatür incelemesinde ekonomik bir RES yatırımı için rüzgar hızının en az 6.5 m/s olması gerektiği görülmüştür. Rüzgâr hızının yüksek olduğu yerler seçilmesi gerektiği için ortalama 50 m yükseklikte 3.5 – 6.5 m / s arasında hızı olan alanlar için 0 değeri atanmıştır. Rüzgâr hızı en yüksek olan alanlara 1 değeri atanmıştır. Rüzgâr hızı ile uygunluk dereceleri arasında ters orantı vardır. Şekil 4.9’da rüzgâr hızı yeniden sınıflandırma haritası görülmektedir.

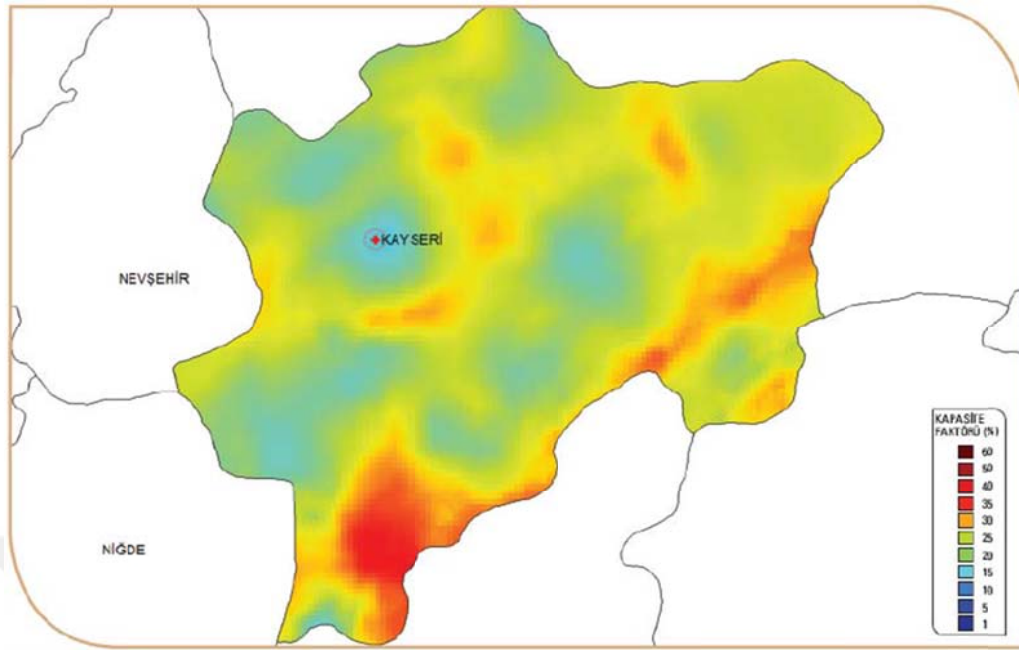


Şekil 4.9. Rüzgâr Hızı Yeniden Sınıflandırma Haritası

4.3.2. RES İçin Rüzgâr Kapasite Faktörü Kriteri

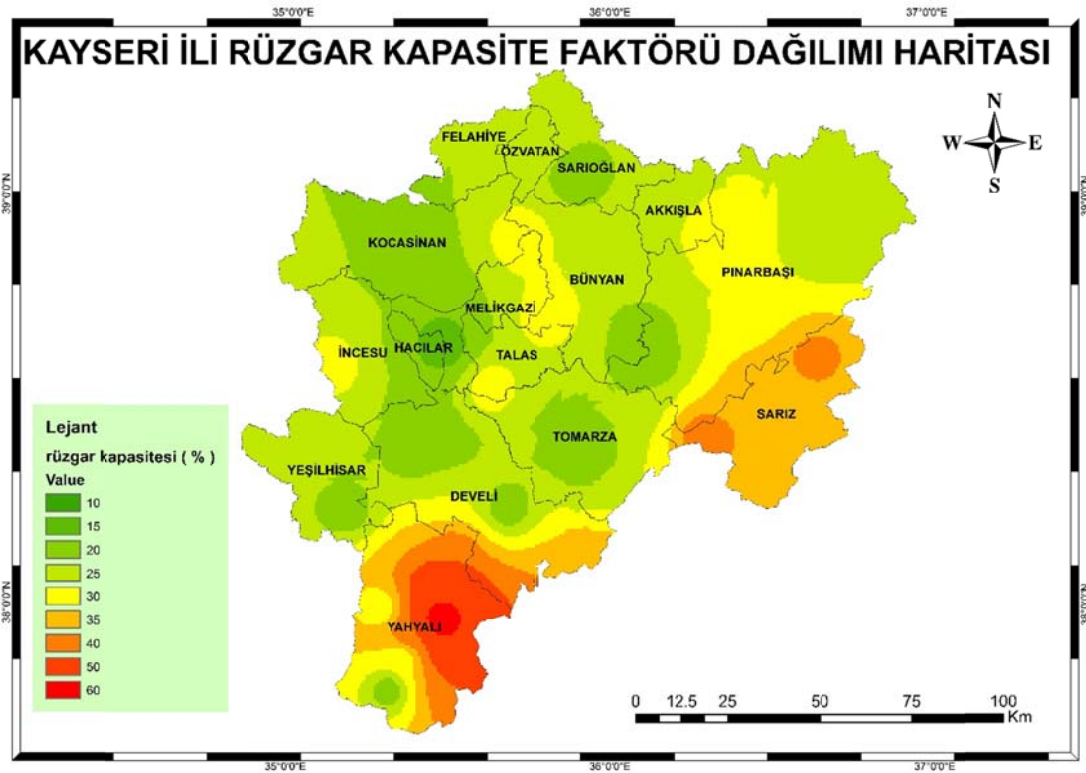
RES'lerin yapım yeri seçiminde kapasite faktörü de rüzgâr hızı gibi önemli parametrelerden biridir. Bu faktör, REPA'nın 50 m yükseltideki kapasite faktörü dağılımı haritasından faydalanılarak oluşturulmuştur.

Bir türbinin rüzgârdaki enerjiyi elektriğe dönüştürebilme oranına kapasite faktörü denir. Türbinin yıllık enerji üretim miktarının, türbin tarafından nominal güçte yılda üretilecek teorik enerji miktarına oranı olarak ifade edilir [10].



Şekil 4.10. Rüzgâr Kapasitesi Faktörü Dağılımı 50 m [50]

Rüzgâr kapasite faktörü rüzgâr hızı ve rüzgâr güç yoğunluğu ile paralel bir dağılım göstermektedir. Şekil 4.11’de Kayseri ili rüzgâr kapasite faktörü dağılımı gösterilmektedir.

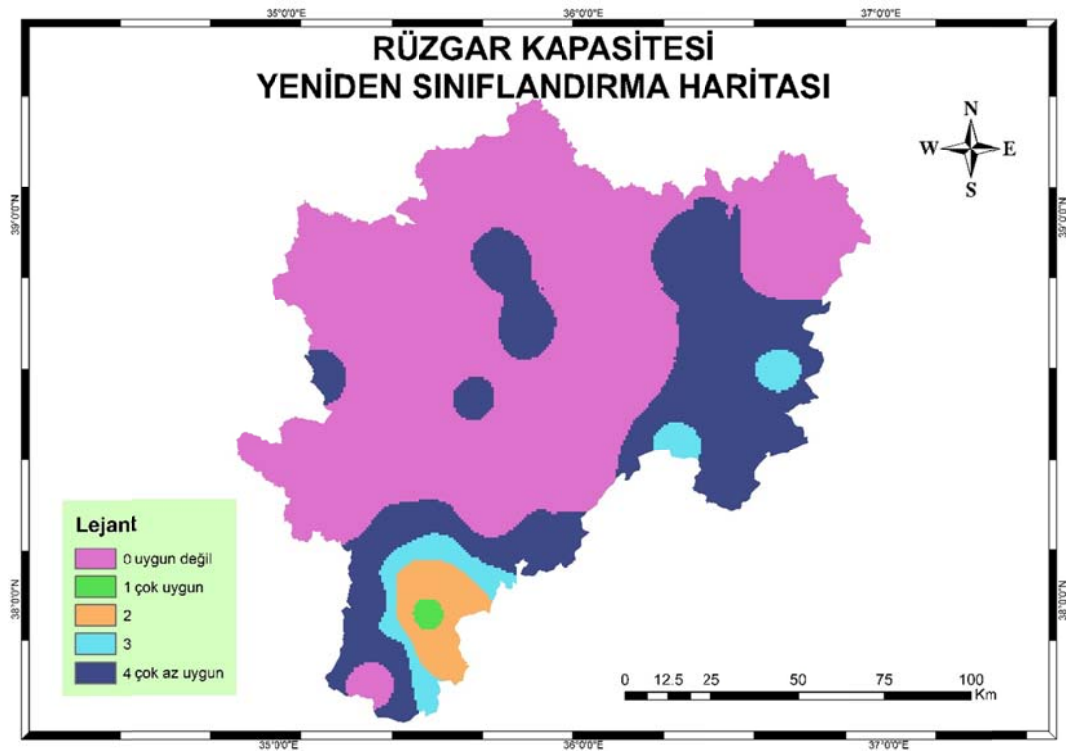


Şekil 4.11. Kayseri İli Rüzgâr Kapasite Faktörü Dağılımı Haritası

Tablo 4.5. Rüzgâr Kapasitesi İçin Kriter Değerleri

Etki Sınıfı (%)	Değer
10 - 25	0
25 - 35	4
35- 40	3
40 - 50	2
50 - 60	1

Tablo 4.5’de rüzgâr kapasite faktörü için 5 sınıf oluşturulmuş ve yüzdelik değerler gösterilmiştir. Ekonomik RES yatırımları için kapasite faktörü en az % 30 ve üzeri olmalıdır. Ortalama 50 m yükseklik için rüzgâr kapasite faktörü sınırı % 30 ve üzeri uygun olduğundan bu değer altına 0 değeri atandı. En yüksek % aralığına ise çok uygun anlamında 1 değeri atandı. Rüzgâr kapasitesi ile uygunluk derecesi rakamları ters orantılıdır. Şekil 4.12’de bu değerlere göre oluşturulan rüzgâr kapasitesi yeniden sınıflandırma haritası gösterilmektedir.



Şekil 4.12. Rüzgâr Kapasitesi Yeniden Sınıflandırma Haritası

4.3.3. RES İçin Enerji Nakil Hatlarına Uzaklık Kriteri

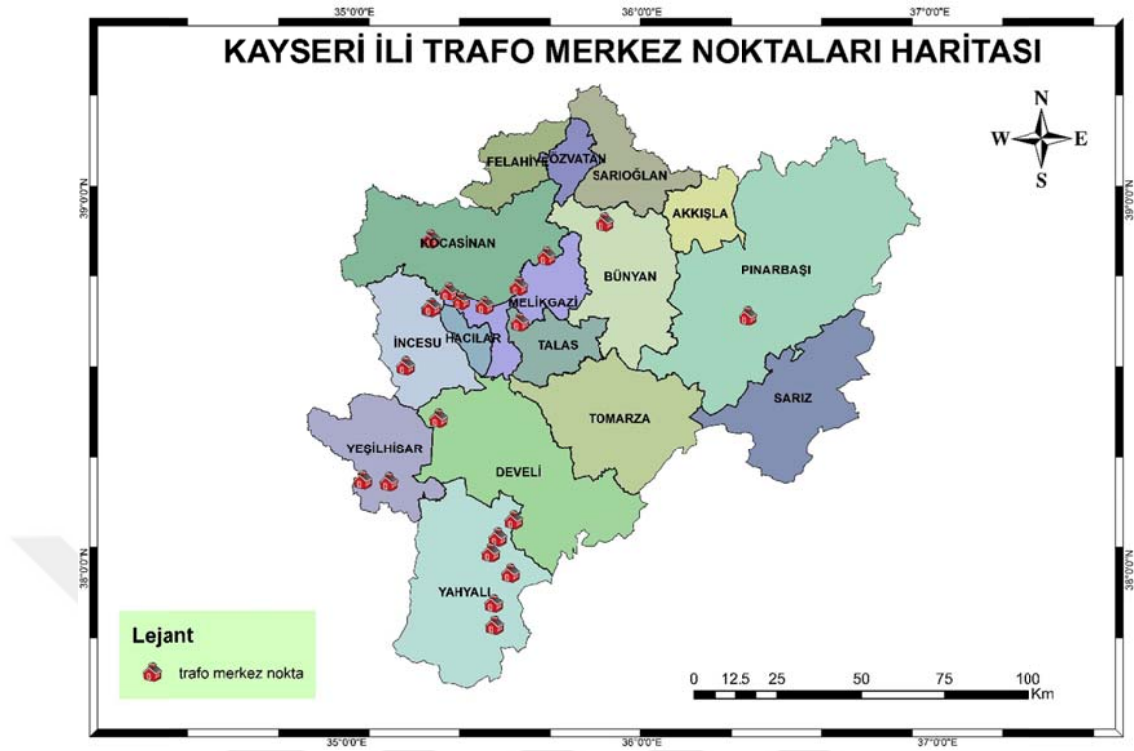
RES'lerin kurulum yeri seçiminde dikkat edilmesi gereken faktörlerden birisi de enerji nakil hatlarına olan uzaklığıdır [49]. Enerji nakil hatlarına yakın olmayan yerlerde kurulum ekonomik olamayacağı için uzak alanlar tercih edilmemektedir. Ayrıca enerji iletimi sırasında ki kayıplar da göz önüne alındığında hatlara yakın olması büyük önem arz etmektedir [10]. Enerji nakil hatları verisi TEİAŞ'dan alınmış olup bu verilere göre Şekil 4.13'de güzergâh haritası gösterilmiştir. Enerji nakil hatlarının Kayseri'nin kuzeyi hariç şehrin geneline yayıldığı görülmektedir.



Şekil 4.13. Enerji Nakil Hattı Güzergah Haritası

Tablo 4.6. Enerji Nakil Hatlarına Uzaklık Kriter Değerleri

Etki Sınıfı (m)	Değer
0 - 100	1
101 - 500	2
501 - 1000	3
1001 - 2500	4
2501 - 5000	5
5000<	0

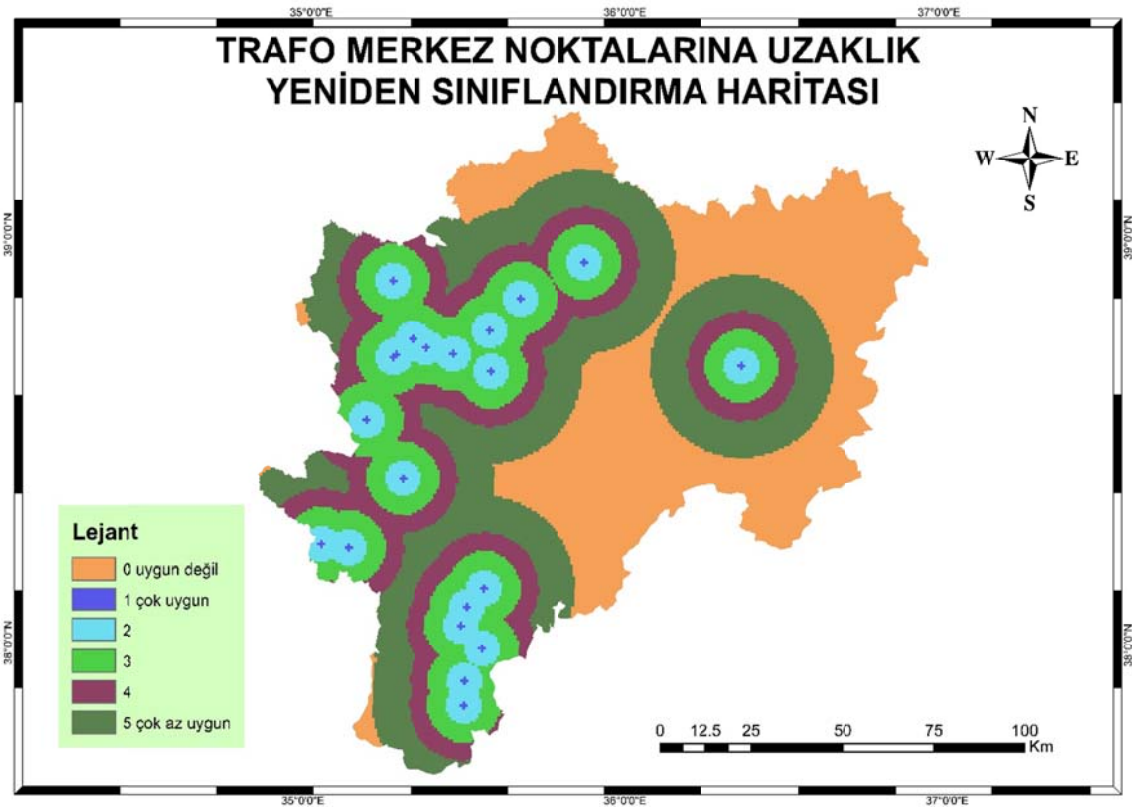


Şekil 4.15. Trafik Merkez Noktaları Haritası

Tablo 4.7. Trafik Merkez Noktalarına Uzaklık Kriter Değerleri

Etki Sınıfı (m)	Değer
0 - 1000	1
1001 - 5000	2
5001 - 10000	3
10001 - 15000	4
15001 - 25000	5
25000<	0

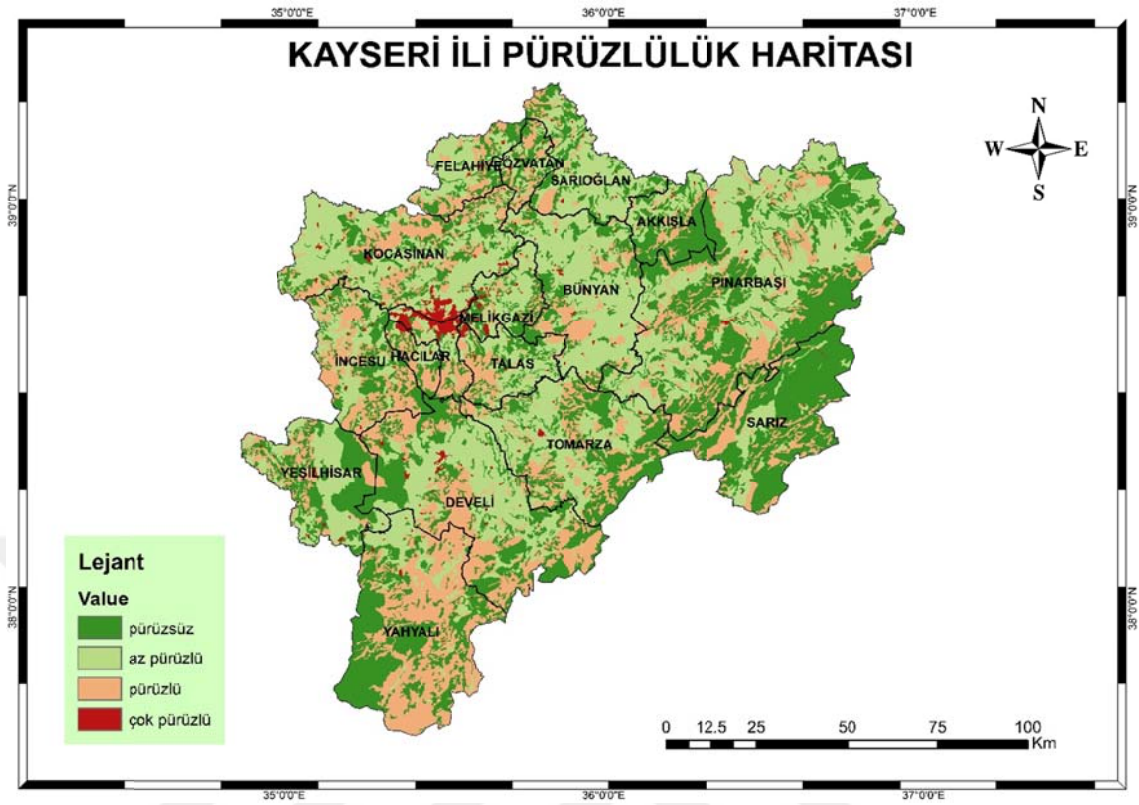
Trafik merkezlerine uzaklık faktöründe ekonomik bir RES kurulumu için uzaklık en fazla 25000 m olarak belirlenip bu mesafeden fazla olan yerlere uygun değil anlamında 0 değeri atanmıştır. 25000 m altı olan yerler ise kendi arasında en yakın yerlere çok uygun anlamında 1 değeri atanmış ve mesafeyle uygunluk derece numarası doğru orantılı olacak şekilde diğer alanlara da değerleri atanmıştır. Toplam da 6 sınıf oluşmuş olup alt kriter değerleri Tablo 4.7’de gösterilmektedir. Bu değerlere göre oluşturulan Trafik merkez noktalarına uzaklık yeniden sınıflandırma haritası da Şekil 4.16’da gösterilmektedir.



Şekil 4.16. Trafo Merkezlerine Uzaklık Yeniden Sınıflandırma Haritası

4.3.5. RES için Pürüzlülük Kriteri

RES'lerin kurulum yeri seçiminde dikkat edilmesi gereken bir diğer faktör ise pürüzlülük etkisidir. Pürüzlülük genel olarak çalılık, orman gibi alanlarda olmaktadır. Şehir merkezleri de yüksek pürüzlü alanlardır [49]. Buna göre arazi kullanımı haritasından faydalanılarak Şekil 4.17'de görülen pürüzlülük haritası oluşturulmuştur. Burada kayalık ve tarım alanları az pürüzlü olarak seçilirken orman çalılık ve şehir alanları pürüzlü alanlar seçilmiştir. Kent merkezi ise yüksek pürüzlü alan olarak seçilmiştir.

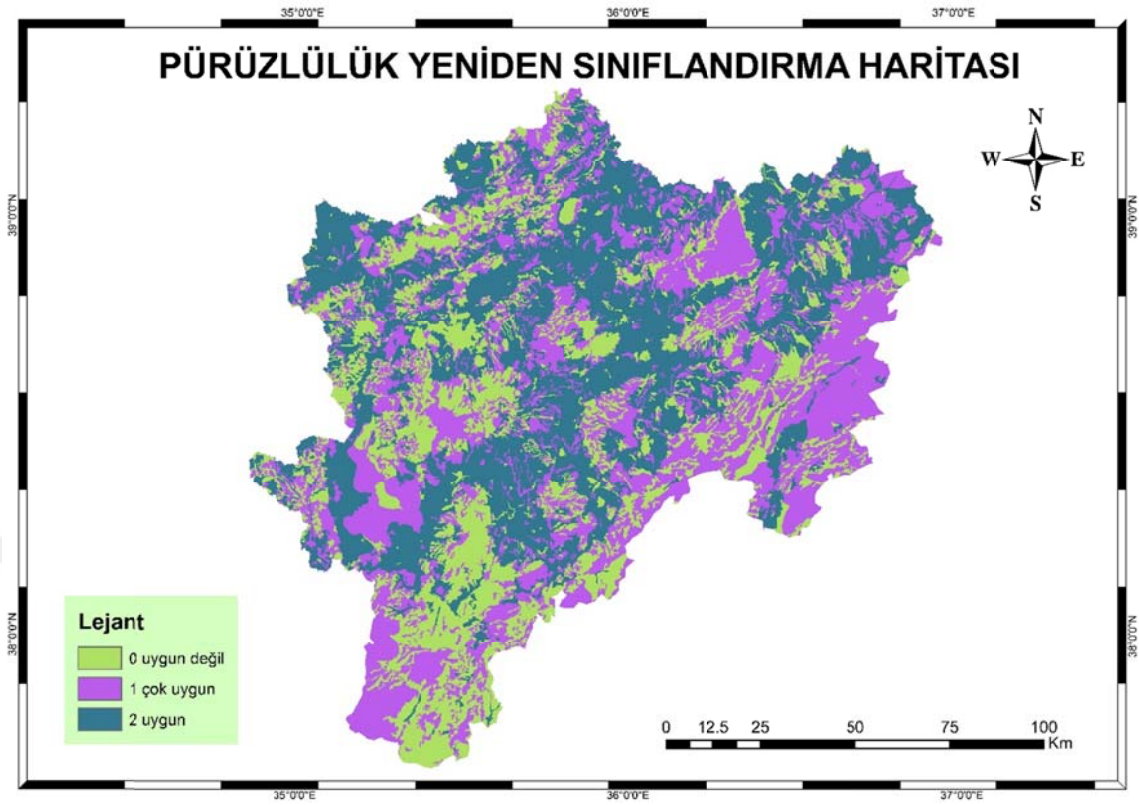


Şekil 4.17. Kayseri İli Pürüzlülük Haritası

Tablo 4.8. Pürüzlülük İçin Kriter Değerleri

Kriterler	Değer
Pürüzsüz	1
Az Pürüzlü	2
Pürüzlü	0
Çok Pürüzlü	0

RES'lerin kurulum yerleri seçiminde pürüzlü ve çok pürüzlü alanlar uygun olmadığı için bu alanlara 0 değeri, pürüzsüz alana çok uygun anlamında 1, az pürüzlü alana ise uygun anlamında 2 değeri atanmıştır. Tablo 4.8'de bu değerler gösterilmektedir. Bu değerlere göre oluşturulan yeniden sınıflandırma haritası ise Şekil 4.18'de gösterilmiştir.



Şekil 4.18. Pürüzlülük Yeniden Sınıflandırma Haritası

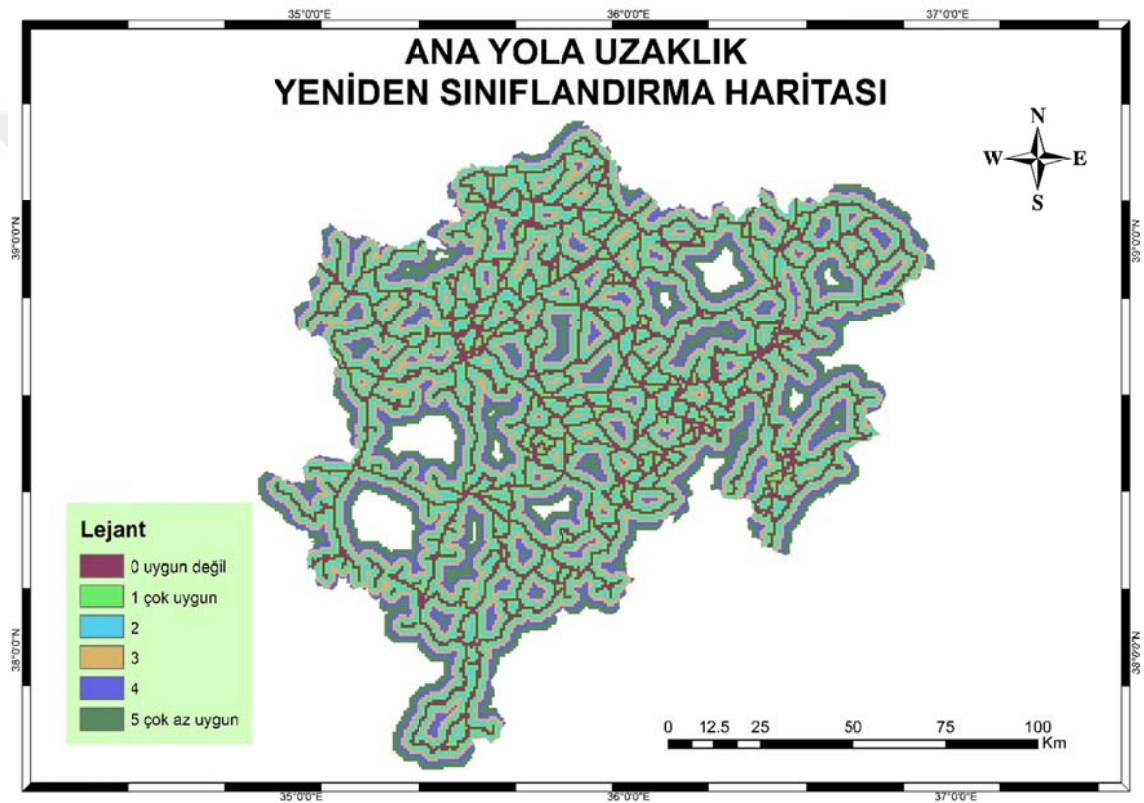
4.3.6. RES İçin Ana Yola Uzaklık Kriteri

RES'lerin kurulum yerleri seçiminde yol hatlarına olan uzaklıkları da değerlendirmeye alınmaktadır. Santrallere hızlı ve maliyetsiz ulaşmak önemlidir. Çünkü hem santralin bakımları hem de ilk kurulum aşamasında yol olmayan yerlerde firmalar yol açtırmak zorunda kalmaktadırlar [49]. Çok yakın olması da güvenlik açısından istenen bir durum değildir. Bir önceki uygulama olan katı atık için kullandığımız Şekil 3.13'de gösterilen anayol haritası RES için de kullanılacaktır.

Tablo 4.9. Ana Yola Uzaklık Kriter Değerleri

Etki Sınıfı (m)	Değer
0 - 100	0
101 - 1000	1
1001 - 1500	2
1501 - 2500	3
2501 - 3500	4
3500<	5

Literatür de yapılan tarama da yol için 100 m emniyet şeridi içerisinde RES kurulumu uygun olmadığı için bu alana 0 değeri atanmıştır. Yola çok fazla uzak olması da istenmediğinden maksimum uzaklık 5000 m ile sınırlandırılıp 100 m den sonrası için 1’ den 5’e kadar uygunluk dereceleri atanmıştır. Toplamda 6 sınıftan oluşan alt kriterler Tablo 4.9’da görülmektedir. Öklid mesafesi ile yapılan işlemler sonucunda oluşturulan tampon mesafeleri ve yeni değerlere göre oluşturulan yola uzaklık yeniden sınıflandırma haritası Şekil 4.19’da gösterilmektedir.



Şekil 4.19. Ana Yola Uzaklık Yeniden Sınıflandırma Haritası

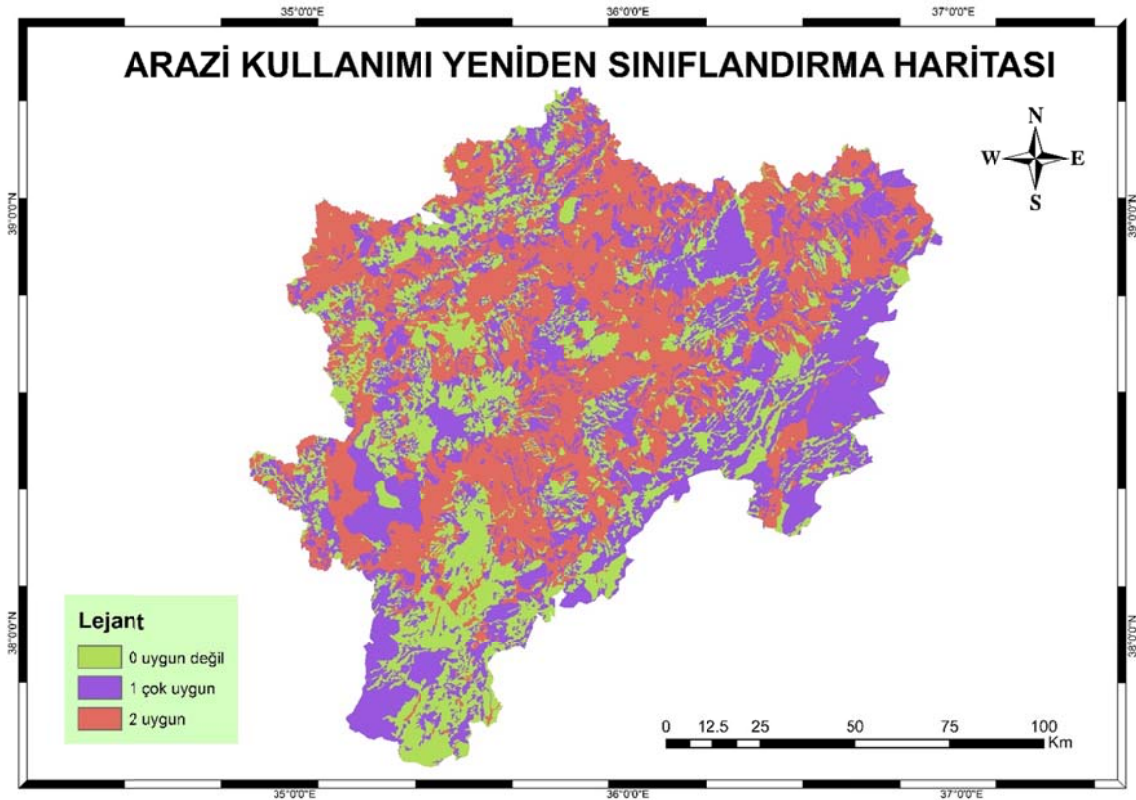
4.3.7. RES İçin Arazi Kullanımı Kriteri

RES’lerin kurulacağı yerlerin seçiminde arazi kullanımının da rolü vardır. Özellikle yerleşim alanları, yeşil alanlar ve su alanları RES yapımı uygun değildir [49]. Yine katı atık uygulamasında Şekil 3.7’de gösterilen arazi kullanım haritası RES için de kullanılacaktır.

Tablo 4.10. Arazi Kullanım Kabiliyeti İçin Kriter Değerleri

Kriterler	Değer
Yerleşim	0
Tarım	2
Yeşil Alan	0
Kayalık	1
Su	0

Arazi kullanım kabiliyeti için toplamda 5 sınıf oluşturuldu. RES'lerin kurulum yerleri için yerleşim, yeşil alan ve su alanları uygun olmadığı için 0 değeri atandı. En uygun alan kayalık olduğu için 1 değeri atanırken ardından gelen uygun alan tarım alanı için de 2 değeri atanmıştır. Bu değerler Tablo 4.10'da gösterilmektedir. Bu değerlere göre oluşturulan arazi kullanımı yeniden sınıflandırma haritası Şekil 4.20'de sunulmaktadır.



Şekil 4.20. RES İçin Arazi Kullanımı Yeniden Sınıflandırma Haritası

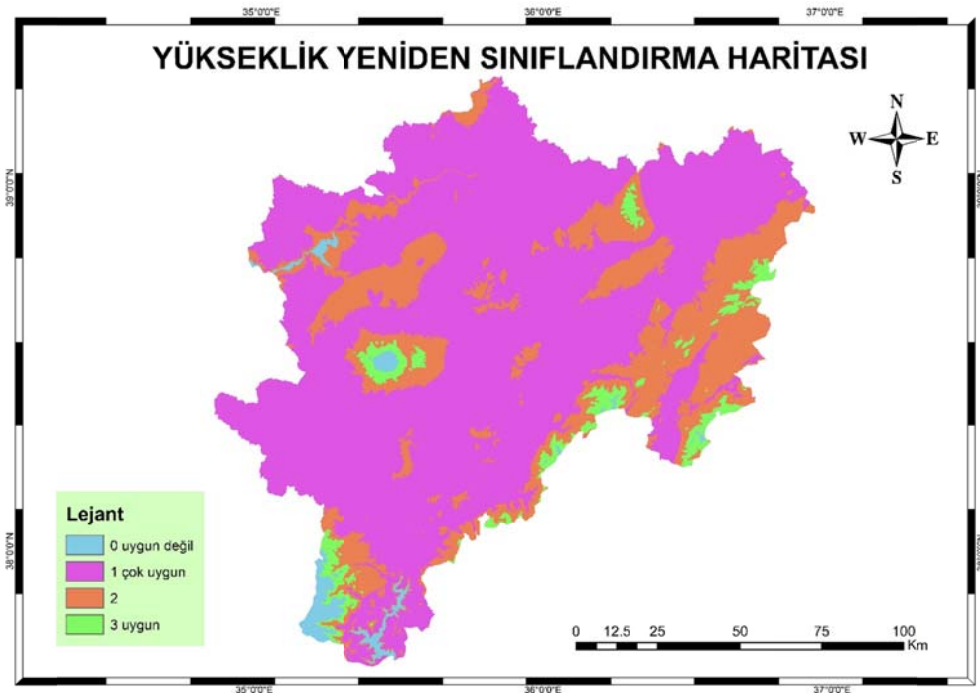
4.3.8. RES İçin Yükseklik Kriteri

RES'lerin kurulum yerleri seçiminde yükseklik önemli kriterler arasında yer almaktadır. Şehrin ortalama yüksekliğinden fazla olmalı fakat aşırı yükseklikte yol, zaman, maliyet açısından olumsuz etkileyeceği için bu alanlarda tercih edilmemektedir. Kayseri ili rakımı 1054 m olduğu için buna uygun olarak literatürde geçen kıstaslara göre 5 sınıf oluşturulmuş ve Tablo 4.11'de gösterilmiştir. Kayseri İli Yükseklik haritası da Şekil 2.6'da gösterilmektedir.

Tablo 4.11. Yükseklik İçin Kriter Değerleri

Etki Sınıfı (m)	Değer
0 - 1000	0
1001 - 1100	2
1101- 1750	1
1751 - 2250	2
2251 - 2750	3
2750<	0

Kayseri'de yükseklik faktörü için 1000 m den aşağısı ve 2750 m yukarısı olan alanlar için uygun değil anlamında 0 değeri atanmıştır. 1000 m – 2750 m arası ise uygunluk derecelerine göre kendi aralarında 3 sınıfa ayrılmıştır. Bu değerlere göre oluşturulan yükseklik yeniden sınıflandırma haritası Şekil 4.21'de sunulmuştur.



Şekil 4.21. Kayseri İli RES İçin Yükseklik Yeniden Sınıflandırma Haritası

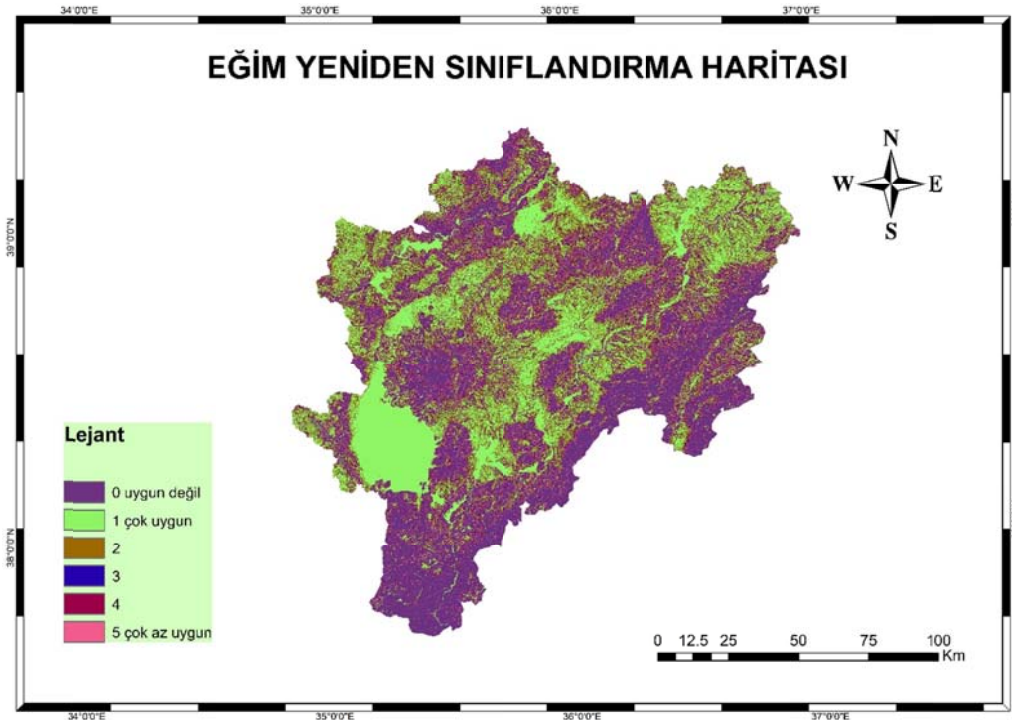
4.3.9. RES İçin Eğim Kriteri

Topoğrafyanın yapısı da RES kurma alanları için önemli bir faktördür. Literatürde de eğim şartı olarak % 20'nin üstündeki alanlara RES kurulumunun uygun olmayacağı belirtilmiştir. Şekil 3.23'de Kayseri ili eğim haritası gösterilmektedir.

Tablo 4.12. Eğim İçin Kriter Değerleri

Etki Sınıfı (%)	Değer
0 - 5	1
5 - 10	2
10 - 13	3
13 - 16	4
16 - 20	5
20 <	0

Eğim kriteri için literatürde belirlenen sınırimız % 20 olduğu için % 20'den fazlası için 0 değeri atandı [51]. Eğimi % 20'nin altındaki değerler için de eğim ne kadar düşük olursa o kadar uygun olacağı için bu kısım 1 ile numaralandırıldı ve eğimle birlikte sınıf değerleri de doğru orantılı olarak artmış oldu. Toplamda 6 sınıftan oluşan eğim alt kriterleri Tablo 4.12'de gösterilmiştir. Bu değerlere göre oluşturulan eğim yeniden sınıflandırma haritası da Şekil 4.22'de sunulmaktadır.



Şekil 4.22. Kayseri İli RES İçin Eğim Yeniden Sınıflandırma Haritası

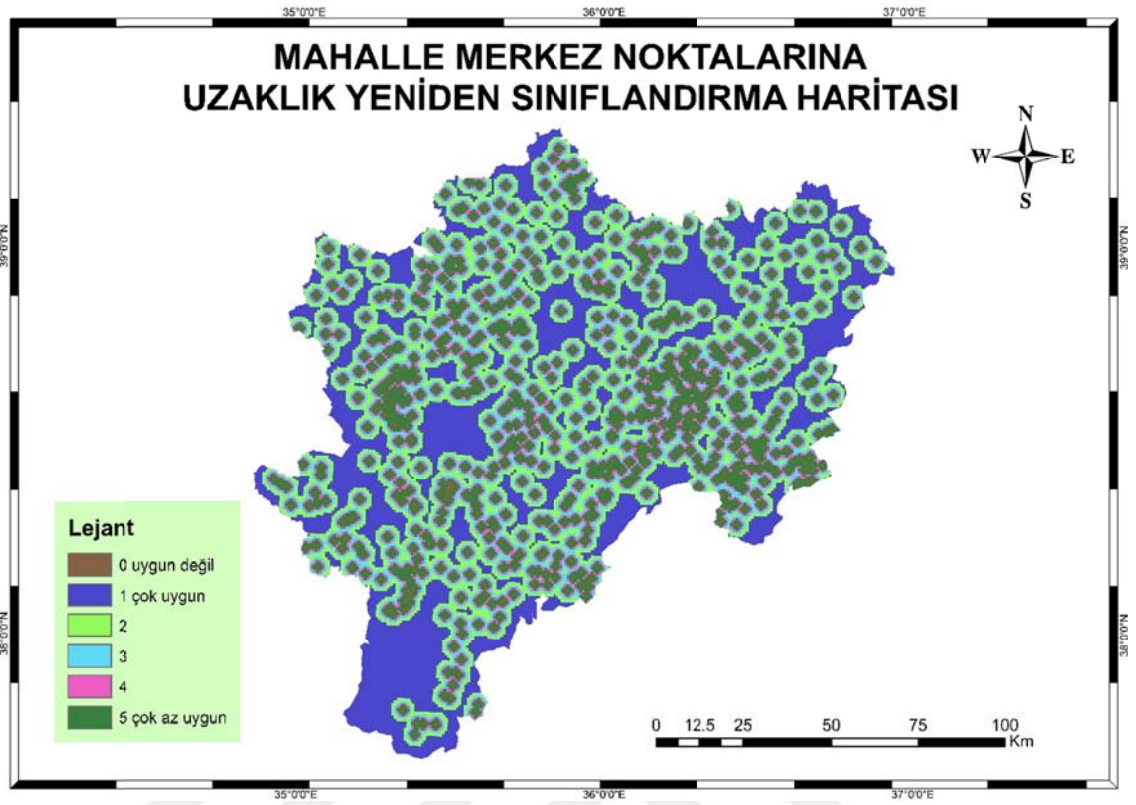
4.3.10. RES İçin Yerleşim Merkezine Uzaklık Kriteri

RES'lerin kurulum yerleri için yerleşim merkezleri uygun alanlar değildir. Bu nedenle yerleşim merkezine uzaklık faktörü de bu çalışma da değerlendirilmiştir. Şekil 3.11'de Kayseri ili yerleşim haritası gösterilmiştir.

Tablo 4.13.Yerleşim Merkezine Uzaklık İçin Kriter Değerleri

Etki Sınıfı (m)	Değer
0 - 500	0
501 - 1500	5
1501 - 2000	4
2001 - 2500	3
2501 - 3500	2
3500≤	1

Arazi kullanım kriterinde yerleşim merkezleri uygun olmayan sınıfa dâhil edilmiştir. RES'ler yerleşim merkezlerine en az 500 m uzaklıkta ve şehirsiz alanlara kurulamayacağından bu alanlara 0 değeri atanmıştır [51]. Yerleşim merkezinden uzaklaştıkça uygunluk derecesi artacağı için 500 m den sonrası 5 çok az uygunluk derecesi ile başlayıp mesafe arttıkça uygunluk artmış ve son olarak da 3500 m ve sonrasına çok uygun anlamında 1 değeri atanmıştır. Bu alt kriterler Tablo 4.13'de gösterilmektedir. Bu değerlere göre oluşturulan yerleşim yeniden sınıflandırma haritası Şekil 4.23'de sunulmuştur.



Şekil 4.23. Kayseri İli RES İçin Yerleşim Uzaklık Yeniden Sınıflandırma Haritası

4.3.11. RES İçin Havaalanına Uzaklık Kriteri

Yapılan literatür taramasında RES kurulumunda havaalanları için en az 3 km emniyet şeridi oluşturulması gerekmektedir. Şekil 3.17’de Kayseri Erkilet havaalanının konumu gösterilmektedir.

Tablo 4.14. Havaalanına Uzaklık İçin Kriter Değerleri

Etki Sınıfı (m)	Değer
0 - 3000	0
$3000 \leq$	1

Havaalanına uzaklık sınırımız 3000 m olduğu için bu alanlara uygun değil anlamında 0 değeri atanırken 3000 m den büyük olan alanlarımıza uygun anlamında 1 değeri atanmıştır. Tablo 4.14’de havaalanı alt kriter değerleri gösterilmektedir. Bu değerlere göre öklid mesafesi yöntemi ile üretilen havaalanı yeniden sınıflandırma haritası Şekil 4.24’de sunulmaktadır.



Şekil 4.24. Kayseri İli RES İçin Havaalanına Uzaklık Yeniden Sınıflandırma Haritası

4.3.12. RES İçin Korunacak Alanlara Uzaklık Kriteri

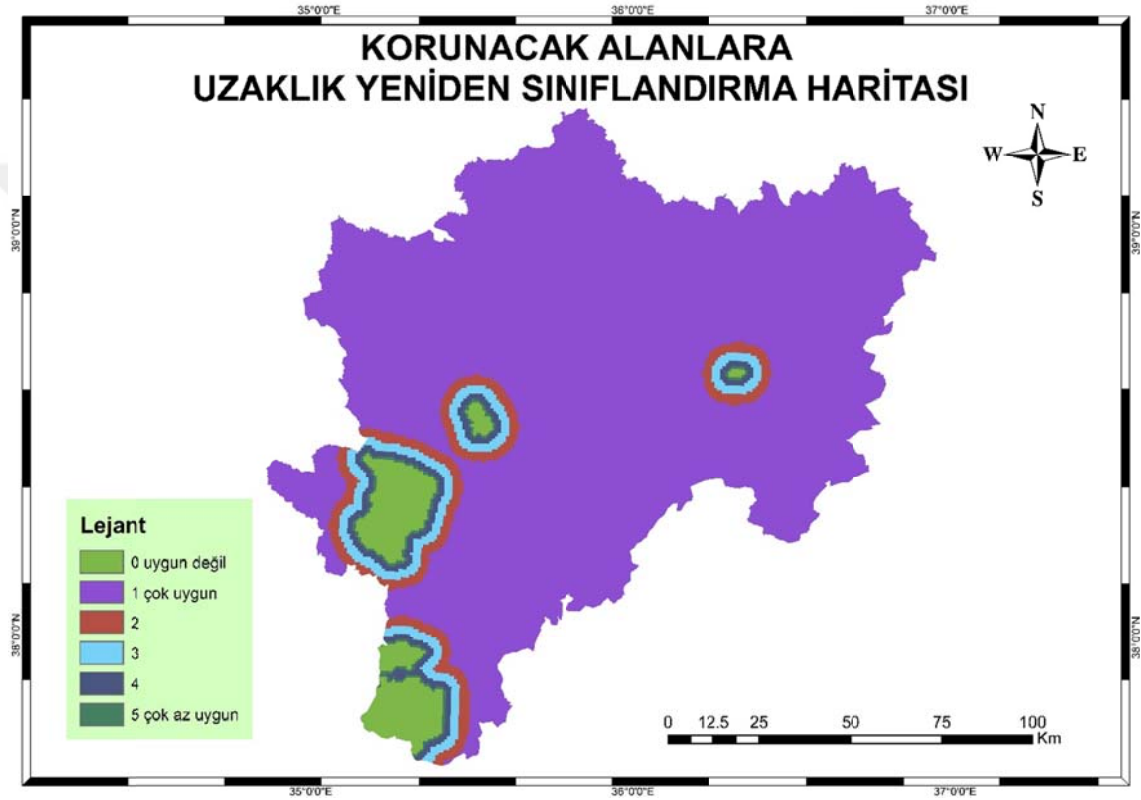
Kültür varlıkları, tabiat varlıkları, yabani hayatı koruma ve geliştirme sahaları ve milli parklar koruma alanları olarak değerlendirilmektedir [10]. Bu alanlar RES yapımı için uygun olmayan alanlardır. Şekil 3.15’de korunan alanlar haritası gösterilmiştir.

Tablo 4.15. Korunacak Alanlara Uzaklık İçin Kriter Değerleri

Etki Sınıfı (m)	Değer
0 - 500	0
501 - 1000	5
1001 - 2500	4
2501 - 5000	3
5001 - 7500	2
7501≤	1

Literatürde korunan alanlara en az 500 m uzakta RES yapımı için uygunluk görülmektedir [10]. Korunacak alanlara güvenlik şeridi sınırımız 500 m olduğu için bu

sınıfa uygun değil anlamında 0 değeri atandı. Mesafe arttıkça bizim için uygunluk derecesi arttığı için 7501 m ve fazlası olan alanlar için çok uygun anlamında 1 değeri atandı. Mesafelerle ters orantılı olarak diğer mesafelere de 5'e kadar uygunluk dereceleri değerleri atandı. Korunan alanlara uzaklık için alt kriter değerleri Tablo 4.15'de gösterilmektedir. Bu değerler ışığında oluşturulan Korunan alanlar yeniden sınıflandırma haritası Şekil 4.25'de sunulmaktadır.



Şekil 4.25. Kayseri İli RES İçin Korunacak Alanlar Yeniden Sınıflandırma Haritası

4.3.13. RES İçin Yüzey Sularına Uzaklık Kriteri

Göller, nehirler, sulak alanlar ve barajlar yüzey suları olarak kabul edilmiştir. Yüzey sularının en az 500 m yakınına santral kurulamayacağından bu faktör değerlendirmeye alınmıştır. Kayseri ili yüzey sularını gösteren harita Şekil 3.19'da gösterilmiştir.

Tablo 4.16. Yüzey Sularına Uzaklık İçin Kriter Değerleri

Etki Sınıfı (m)	Değer
0 - 500	0
501 - 1000	5
1001 - 2500	4
2501 - 5000	3
5001 - 7500	2
7501≤	1

Yüzey sularına uzaklık sınırimiz 500 m olduğu için bu sınıfa 0 değeri atandı. Mesafe arttıkça bizim için uygunluk derecesi arttığı için 7501 m ve fazlası olan alanlar için 1 değeri atandı. Mesafelerle ters orantılı olarak diğér mesafelere de 5'e kadar uygunluk derece değérleri atandı. Bu değérlerle göre oluşturulan yüzey suları yeniden sınıflandırma haritası Şekil 4.26'da sunulmaktadır.



Şekil 4.26. Kayseri İli RES İçin Yüzey Suları Yeniden Sınıflandırma Haritası

Tablo 4.19. Uzman 2 Değerlendirme Tablosu (RES)

ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ(AHP)													
Kriter	AKK	RH	RK	Pürüzlülük	YMUZ	ENHUZ	TMUZ	AYUZ	HAUZ	KAUZ	YSUZ	Yükseklik	Eğim
AKK	1	1/3	1/3	1	5	3	3	7	6	4	8	1/2	9
RH		1	3	3	7	5	5	9	7	5	8	3	8
RK			1	3	6	5	4	8	6	5	8	2	7
Pürüzlülük				1	5	2	3	6	5	5	7	1/3	8
YMUZ					1	1/3	1/3	5	3	1/2	5	1/5	4
ENHUZ						1	2	6	5	3	7	1/4	6
TMUZ							1	5	4	3	7	1/6	4
AYUZ								1	1/3	1/6	3	1/8	1/3
HAUZ									1	1/3	4	1/7	3
KAUZ										1	5	1/5	5
YSUZ											1	1/8	1/3
Yükseklik												1	8
Eğim													1

Tablo 4.20. Uzman 3 Değerlendirme Tablosu (RES)

ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ(AHP)													
Kriter	AKK	RH	RK	Pürüzlülük	YMUZ	ENHUZ	TMUZ	AYUZ	HAUZ	KAUZ	YSUZ	Yükseklik	Eğim
AKK	1	1/4	1/3	1	4	4	4	7	7	4	8	1/3	8
RH		1	2	3	8	6	6	8	7	5	9	4	7
RK			1	2	7	6	6	9	7	6	8	2	7
Pürüzlülük				1	6	5	5	7	6	5	8	1/3	8
YMUZ					1	1/4	1/3	5	2	1/3	5	1/6	4
ENHUZ						1	1	5	4	3	7	1/3	5
TMUZ							1	6	4	5	7	1/5	6
AYUZ								1	1/3	1/5	3	1/8	1/3
HAUZ									1	1/4	5	1/8	4
KAUZ										1	6	1/5	4
YSUZ											1	1/9	1/4
Yükseklik												1	7
Eğim													1

Tablo 4.21. Uzman 4 Değerlendirme Tablosu (RES)

ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ(AHP)													
Kriter	AKK	RH	RK	Pürüzlülük	YMUZ	ENHUZ	TMUZ	AYUZ	HAUZ	KAUZ	YSUZ	Yükseklik	Eğim
AKK	1	1/4	1/3	1	5	3	3	7	6	5	8	1/2	9
RH		1	2	4	6	5	5	8	6	6	8	3	8
RK			1	3	5	4	4	7	6	5	8	2	9
Pürüzlülük				1	3	5	5	6	7	6	8	1/3	9
YMUZ					1	1/3	1/3	3	2	1/2	4	1/5	5
ENHUZ						1	2	4	3	3	5	1/4	6
TMUZ							1	3	2	2	4	1/5	5
AYUZ								1	1/2	1/3	2	1/6	3
HAUZ									1	1/2	3	1/5	4
KAUZ										1	3	1/5	4
YSUZ											1	1/7	2
Yükseklik												1	7
Eğim													1

Uzmanların doldurmuş olduğu değerlendirme tablolarının matematiksel ortalaması alınarak kullanacağımız kriter matrislerinin tablosu oluşturulmuştur. Tablo 4.22’de görülmektedir.

Tablo 4.22. Ortalama Kriter Matrisi (RES)

Kriter	AKK	RH	RK	Pürüzlülük	YMUZ	ENHUZ	TMUZ	AYUZ	HAUZ	KAUZ	YSUZ	Yükseklik	Eğim
AKK	1	1/4	1/3	2	5	3	4	7	7	4	8	1/2	9
RH	4	1	2	4	7	5	6	9	7	6	9	3	8
RK	3	1/2	1	3	6	5	5	8	7	5	8	2	8
Pürüzlülük	1/2	1/4	1/3	1	5	4	4	6	6	5	8	1/3	8
YMUZ	1/5	1/7	1/6	1/5	1	1/3	1/3	4	3	1/2	5	1/5	4
ENHUZ	1/3	1/5	1/5	1/4	3	1	2	5	4	3	6	1/5	6
TMUZ	1/4	1/6	1/5	1/4	3	1/2	1	5	3	3	6	1/5	5
AYUZ	1/7	1/9	1/8	1/6	1/4	1/5	1/5	1	1/3	1/5	3	1/8	1
HAUZ	1/7	1/7	1/7	1/6	1/3	1/4	1/3	3	1	1/3	5	1/7	4
KAUZ	1/4	1/6	1/5	1/5	2	1/3	1/3	5	3	1	5	1/5	4
YSUZ	1/8	1/9	1/8	1/8	1/5	1/6	1/6	1/3	1/5	1/5	1	1/8	1
Yükseklik	2	1/3	1/2	3	5	5	5	8	7	5	8	1	8
Eğim	1/9	1/8	1/8	1/8	1/4	1/6	1/5	1	1/4	1/4	1	1/8	1

4.4.2. Kriter Matrisine Göre Ağırlık Hesabı Ve Tutarlılık Oranı

Katı atık uygulamasında yapılan matrislerin normalize edilmesi işlemi ve gerekli kontrollerin yapılmasından sonra her bir kriter için hesaplanan ağırlıklar Şekil 4.27’de gösterilmektedir. Tutarlılık oranı ise Şekil 4.28’de hesaplanmış ve gösterilmiştir.

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)-Ortalama (A)													
Kriter	AKK	RH	RK	Pürüzlülük	YMUZ	ENMUZ	TMUZ	AYUZ	HAUZ	KAUZ	YSUZ	Yükseklik	Eğim
AKK	1	1/4	1/3	2	5	3	4	7	7	4	8	1/2	9
RH	4	1	2	4	7	5	6	9	7	6	9	3	8
RK	3	1/2	1	3	6	5	5	8	7	5	8	2	8
Pürüzlülük	1/2	1/4	1/3	1	5	4	4	6	6	5	8	1/3	8
YMUZ	1/5	1/7	1/6	1/5	1	1/3	1/3	4	3	1/2	5	1/5	4
ENMUZ	1/3	1/5	1/5	1/4	3	1	2	5	4	3	6	1/5	6
TMUZ	1/4	1/6	1/5	1/4	3	1/2	1	5	3	3	6	1/5	5
AYUZ	1/7	1/9	1/8	1/6	1/4	1/5	1/5	1	1/3	1/5	3	1/8	1
HAUZ	1/7	1/7	1/7	1/6	1/3	1/4	1/3	3	1	1/3	5	1/7	4
KAUZ	1/4	1/6	1/5	1/5	2	1/3	1/3	5	3	1	5	1/5	4
YSUZ	1/8	1/9	1/8	1/8	1/5	1/6	1/6	1/3	1/5	1/5	1	1/8	1
Yükseklik	2	1/3	1/2	3	5	5	5	8	7	5	8	1	8
Eğim	1/9	1/8	1/8	1/8	1/4	1/6	1/5	1	1/4	1/4	1	1/8	1
Toplam	12.05116	3.499603	5.45119	14.483333	38.03333	24.99	28.56667	62.33333	48.78333	33.48333	73	8.15119	67
Normalize Edilmiş Matris													
0.082952	0.071437	0.061149	0.1380898	0.131464	0.12024	0.140023	0.112299	0.143492	0.119462	0.109589	0.061341	0.134328	1.425866
0.331908	0.285747	0.366892	0.1761795	0.184049	0.200401	0.210035	0.144385	0.143492	0.179194	0.123288	0.368044	0.119403	2.932917
0.248556	0.142873	0.183446	0.1071346	0.157756	0.200401	0.175029	0.128342	0.143492	0.149328	0.109589	0.245363	0.119403	2.211013
0.041476	0.071437	0.061149	0.0690449	0.131464	0.160321	0.140023	0.096257	0.122993	0.149328	0.109589	0.040894	0.119403	1.313377
0.01859	0.040821	0.030574	0.013809	0.026293	0.01336	0.011669	0.064171	0.061496	0.014933	0.068493	0.024536	0.059701	0.446447
0.027851	0.057149	0.036689	0.0172612	0.078878	0.04008	0.070012	0.080214	0.081995	0.089597	0.082192	0.024536	0.089552	0.775807
0.020738	0.047624	0.036689	0.0172612	0.078878	0.02004	0.035006	0.080214	0.061496	0.089597	0.082192	0.024536	0.074627	0.668899
0.01185	0.03175	0.022931	0.0115075	0.006573	0.008016	0.007001	0.016043	0.006833	0.005973	0.041096	0.015335	0.014925	0.199834
0.01185	0.040821	0.026207	0.0115075	0.008764	0.01002	0.011669	0.048128	0.020499	0.009955	0.068493	0.017526	0.059701	0.345141
0.020738	0.047624	0.036689	0.013809	0.052585	0.01336	0.011669	0.080214	0.061496	0.028866	0.068493	0.024536	0.059701	0.520782
0.010669	0.03175	0.022931	0.0086306	0.005259	0.00668	0.005834	0.005348	0.0041	0.005973	0.013699	0.015335	0.014925	0.150833
0.165904	0.095249	0.091723	0.2071346	0.131464	0.200401	0.175029	0.128342	0.143492	0.149328	0.109589	0.122681	0.119403	1.83974
0.009117	0.035718	0.022931	0.0086306	0.006573	0.00668	0.007001	0.016043	0.005125	0.007466	0.013699	0.015335	0.014925	0.169344
Kontrol	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
												Kontrol	1
Sabit Top.													
												Ağırlıklar (W)	
												1.425866	0.109682
												2.932917	0.225609
												2.211013	0.170078
												1.313377	0.101029
												0.446447	0.034342
												0.775807	0.059677
												0.668899	0.051454
												0.199834	0.015372
												0.345141	0.026549
												0.520782	0.04006
												0.150833	0.011603
												1.83974	0.141518
												0.169344	0.013026

Şekil 4.27. Kriter Ağırlıklarının Hesabı

Temel Değer(λ)	
D=AxW	E=D/W
1.7159	15.6443
3.45386	15.30903
2.66591	15.67466
1.58123	15.65127
0.47369	13.79332
0.88588	14.84449
0.74835	14.54417
0.2074	13.49245
0.34891	13.14178
0.55996	13.97801
0.15882	13.68853
2.25773	15.95361
0.17744	13.62164
λ(Ort.)	14.5644
Tutarlılık Göstergesi(CI) (λ-n)/(n-1)	= 0.13037
Tutarlılık Oranı(CR)=CI/RL n=13 için RL=1.56	= 0.08357

Şekil 4.28. Tutarlılık Oranı Hesabı

13 kriter için Tablo 1.7’de gösterilen indis tablosundan 1.56 değeri alınmıştır. Tutarlılık oranı yine 0.10’un altında kalmış ve matrisin kararlı olduğu ispatlanmıştır.

4.4.3. AHP Yöntemi İle Hesaplanan Ağırlık Değerleri

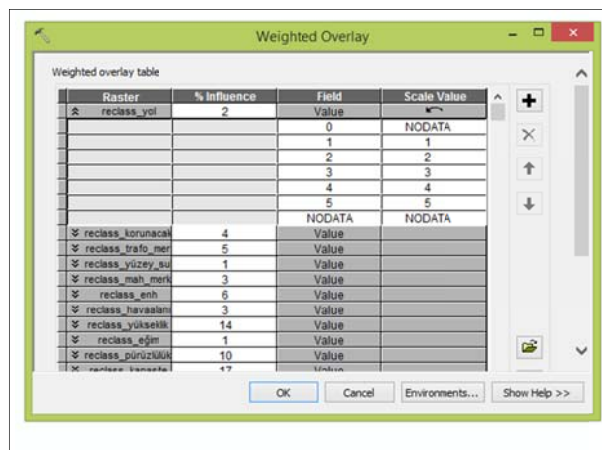
Toplamda kullanılan 13 faktörün alt kriterleri ve ağırlıkları Tablo 4.23'de gösterilmektedir.

Tablo 4.23. Kriterlerin Alt Değerleri ve Ağırlık Değerleri Tablosu

Faktör Adı	Etki Sınıfı	Değer	Ağırlık
Arazi Kullanım Kabiliyeti	Yerleşim	0	11
	Tarım	2	
	Yeşil Alan	0	
	Kayalık	1	
	Su	0	
Rüzgâr Hızı (m / s)	3.5 – 6.5	0	23
	6.5 - 7	4	
	7 - 8	3	
	8 - 9	2	
	9 - 10	1	
Rüzgâr Kapasitesi (%)	10 - 25	0	17
	25 - 35	4	
	35- 40	3	
	40 - 50	2	
	50 - 60	1	
Pürüzlülük	Pürüzsüz	1	10
	Az Pürüzlü	2	
	Pürüzlü	0	
	Çok Pürüzlü	0	
Yerleşim Merkezine Uzaklık (m)	0 - 500	0	3
	501 - 1500	5	
	1501 - 2000	4	
	2001 - 2500	3	
	2501 - 3500	2	
	3501≤	1	
Enerji Nakil Hatlarına Uzaklık (m)	0 - 100	1	6
	101 - 500	2	
	501 - 1000	3	
	1001 - 2500	4	
	2501 - 5000	5	
	5000<	0	
Trafo Merkezlerine Uzaklık (m)	0 - 1000	1	5
	1001 - 5000	2	
	5001 - 10000	3	
	10001 - 15000	4	
	15001 - 25000	5	
	25001 - 25000<	0	

Faktör Adı	Etki Sınıfı	Değer	Ağırlık
Ana Yola Uzaklık (m)	0 - 100	0	2
	101 - 1000	1	
	1001 - 1500	2	
	1501 - 2500	3	
	2501 - 3500	4	
	3500<	5	
Havaalanına Uzaklık (m)	0 - 3000	0	3
	3000≤	1	
Korunan Alanlara Uzaklık (m)	0 - 500	0	4
	501 - 1000	5	
	1001 - 2500	4	
	2501 - 5000	3	
	5001 - 7500	2	
	7501≤	1	
Yüzey Sularına Uzaklık (m)	0 - 500	0	1
	501 - 1000	5	
	1001 - 2500	4	
	2501 - 5000	3	
	5001 - 7500	2	
	7501≤	1	
Yükseklik (m)	0 - 1000	0	14
	1001 - 1100	2	
	1101 - 1750	1	
	1751 - 2250	2	
	2251 - 2750	3	
	2750<	0	
Eğim (%)	0-5	1	1
	5-10	2	
	10-13	3	
	13-16	4	
	16-20	5	
	20<	0	

Son işlem adımı ise çok katmanlı ağırlıklı çakıştırma yöntemi (Weighted Overlay) ile yapılan analizler sonucu oluşturduğumuz yeniden sınıflandırma (reclassify) haritaları ile AHP yöntemiyle hesaplanan ağırlıklar birleştirilerek RES alanları için uygun yerleri tespit etmektir.

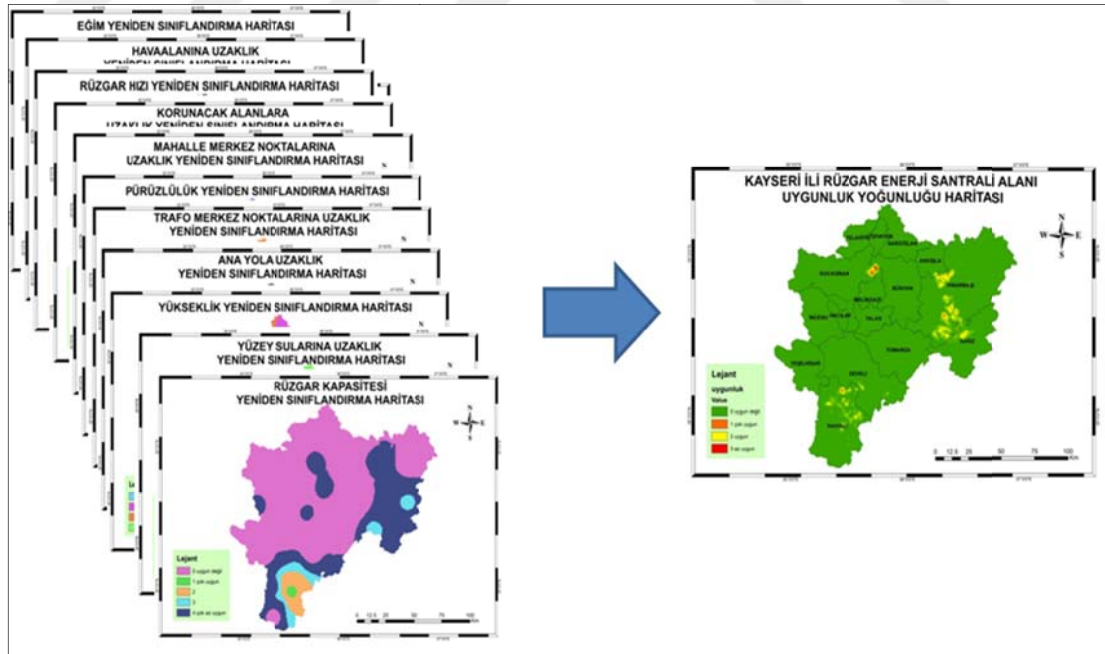


Şekil 4.29. RES için Weighted Overlay ile Ağırlıkların Girilmesi

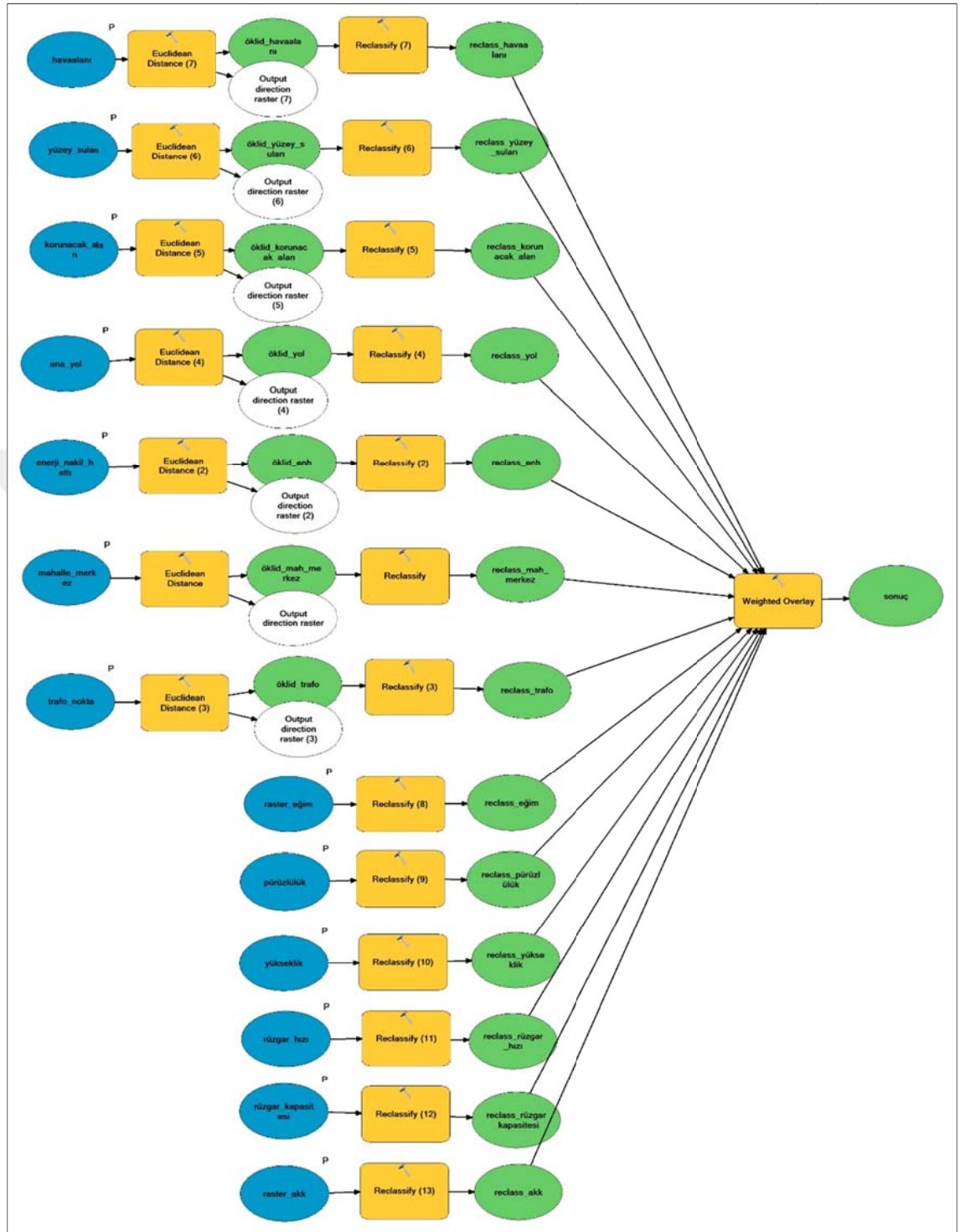
ArcGIS yazılımında mekânsal analiz aracından çok katmanlı ağırlıklı çakıştırma yöntemine (Weighted Overlay), yeniden sınıflandırma yöntemi (reclassify) ile oluşturduğumuz katmanları ekleyip her bir kriter için hesaplanan ağırlık değerleri girilmiştir.

4.4.4. Kayseri İçin Alternatif RES Yer Seçimi

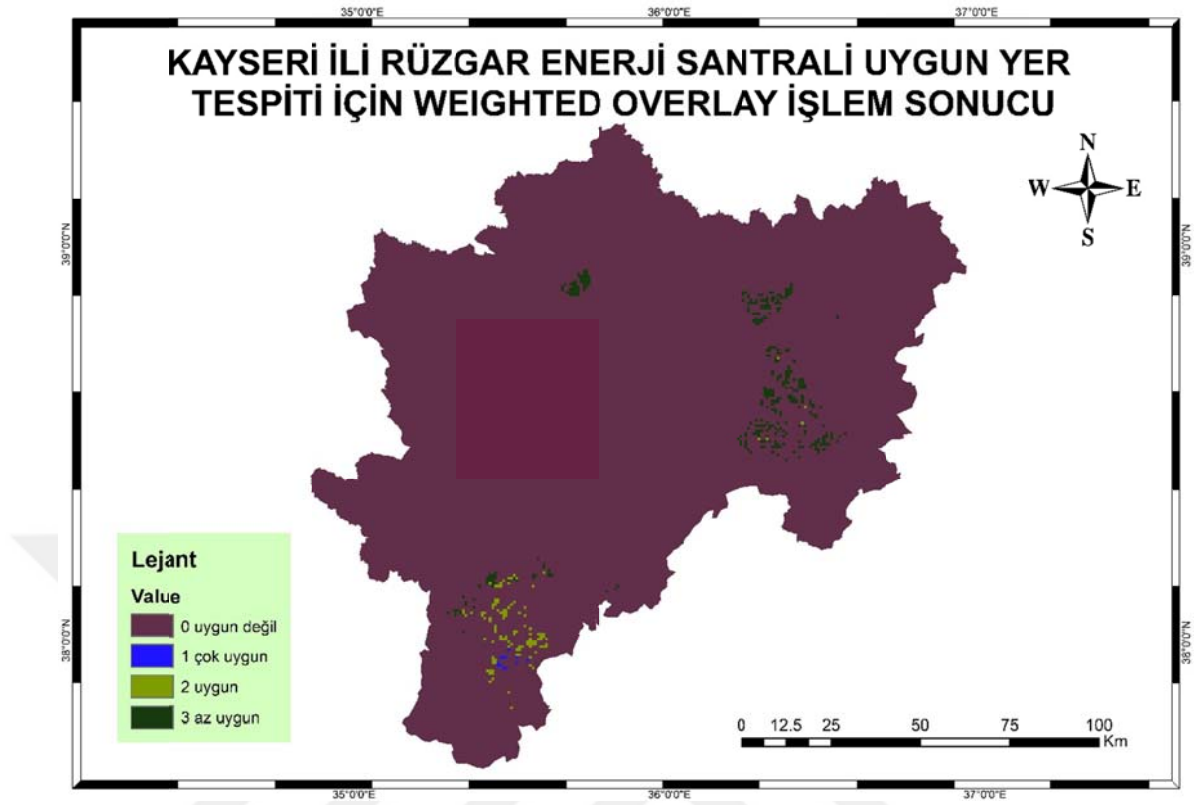
Yapılan çalışmada RES kurulum yer seçimi için toplamda 14 faktör göz önüne alınmıştır. Bunlardan 13 tanesi ikili karşılaştırma yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. CBS analizleri ile yapılan yeniden sınıflandırma haritaları edilen ağırlıklar ile birleştirilerek çakıştırılmış ve sonuç haritası elde edilmiştir. Elde edilen sonuç haritası Şekil 4.32'de sunulmaktadır. Ayrıca bir önceki uygulamada olduğu gibi sistemin dinamik olması için model builder aracılığı ile sistem modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan model Şekil 4.31'de gösterilmektedir. Analizin görsel olarak daha iyi görülebilmesi için Şekil 4.34'de yoğunluk haritası sunulmaktadır.



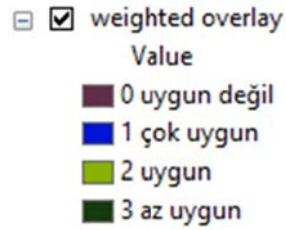
Şekil 4.30. RES İçin Kriter Haritaları Ve Sonuç Haritası



Şekil 4.31. RES Yer Seçimi İşlemi İçin Hazırlanan Model



Şekil 4.32. Kayseri İli RES Alanı Uygunluk Haritası

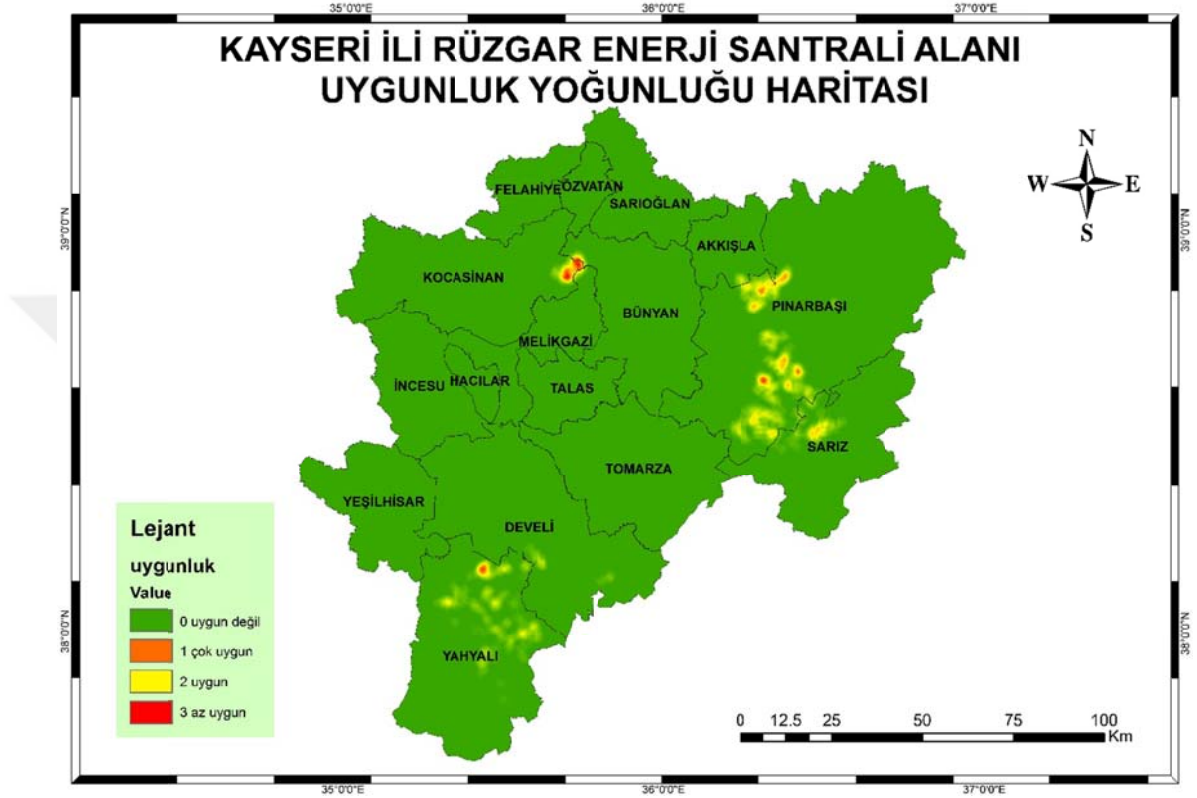


Şekil 4.33. Weighted Overlay Sonucu Oluşan Lejant

() 0 ile gösterilen alanlar rüzgâr enerji santrali kurulumu için uygun olmayan alanları ifade etmektedir. () 1 ile gösterilen alanlar ise rüzgâr enerji santrali kurulumu için çok uygun yerleri ifade etmektedir. () 2 ile gösterilen alanlar ise biraz daha düşük uygunluğu ifade etmektedir. () 3 ise daha düşük yani az uygun olan alanları ifade etmektedir.

Kriter matrisi ile hesaplanan ağırlık değerlerinin sonuçlar üzerindeki etkisi görülmektedir. En yüksek ağırlığa sahip rüzgar hızı ve rüzgar kapasitesi uygun alan

aralığını çok fazla şekilde kısıtlamıştı ve bu durumun sonuca yansıdığı da gözlemlenmektedir. Bu haritadan AHP yöntemi ve CBS ile yapılan analizlerle elde edilen sonucun doğruluk oranının yüksek olduğunu söyleyebiliriz.



Şekil 4.34. Kayseri İli RES Alanı Uygunluk Yoğunluğu Haritası

5. BÖLÜM

KAYSERİ İLİ AKILLI KAVŞAK UYGULAMASI İÇİN UYGUN KAVŞAKLARIN TESPİTİ

5.1. Akıllı Ulaşım

Akıllı ulaşım sistemleri BİT destekli, ulaşım sorunlarını çözmek amacıyla kullanılan entegre sistemlerdir.

Gelişen şehirlerle birlikte araç sayısının her geçen gün hızla artması, buna bağlı yakıt tüketimindeki artış, zamanın verimsiz kullanımı gibi sorunları beraberinde getiriyor. Akıllı şehirlerde ulaşımın sorunların çözümü için bilgi teknolojilerinden yararlanılıyor. Bu noktada belirlediğimiz akıllı kavşak noktaları ile şehrin çeşitli noktalarındaki sensörlerden toplanan veriler, ulaşımın karar mekanizmalarına yardımcı olmaktadır [11].

5.1.1. Akıllı Kavşak

Şehirlerde nüfus ve araç sayısının artmasına bağlı olarak ulaşım problemleri ortaya çıkmaya başlamıştır. Problemlerin en başında trafik sıkışıklığı, can ve mal kaybına neden olan trafik kazaları gelmektedir. Bunlara ek olarak araçların yaktığı yakıtlar ve egzozlardan çıkan gazlar hava ve çevre kirliliklerini de beraberinde getirmektedir. Ayrıca ekonomik olarak da yakıt tüketiminin artması ülke ekonomisine olumsuz katkıda bulunmaktadır. İnsanların ruhsal olarak gergin ve stresli olarak ev ve işlerine varması toplumsal huzur açısından da negatif sonuçlar ortaya çıkarmaktadır.

Kentlerde git gide artan bu problemlerin çözümü için BİT 'in sağladığı kolaylıklarla desteklenen akıllı kavşak sistemlerinin kullanımının artırılması gerekmektedir. Bununla beraber bu sistemlerinin yönetimi ve planlanması için de trafik kontrol merkezlerinin şehirlerde kurulması çok büyük önem arz etmektedir [52].

Bu bölüm de yukarıdaki problemlerin çözümün de kullanılacak akıllı ulaşım sistemlerinin bir alt kolu akıllı kavşakların faydaları ve sistemin çalışma prensibini inceleyelim.

Akıllı ulaşım sistemlerinin önemli bir unsuru olan trafik sinyalizasyon sistemleri; planlama, tasarım, entegrasyon, bakım, işletme gibi parametrelerin kullanılarak trafiğin etkin güvenli ve akıcı bir şekilde yönetilmesini sağlar [53].

Sinyalize kavşaklarda araç sayısına bağlı olarak ışık sürelerinin optimize edilmesini sağlayan akıllı kavşak kontrol sistemleri araçların bekleme sürelerini azaltmaktadır. Bu sisteme göre yeşil ışık süreleri otomatik olarak belirlenmektedir. Ayrıca bu sisteme dâhil olan araç sayım kameraları kavşak kollarındaki araçların görüntü işleme teknikleri ile sayımını yaparak araç yoğunluk verisi elde etmektedir. Bu yoğunluk verisi sisteme atılarak anında analiz edilip kavşaktaki ışık süreleri devamlı olarak optimize edilmektedir. Bu sayede araçların ışıklar da ki bekleme süreleri en aza indirilmektedir [54].

Bir diğer yöntem de ise kavşaklara yerleştirilen sensörler anlık olarak otomatik sayım yaparak hangi kavşak kolunda aracın daha fazla olduğunu sisteme yollayıp, geçiş üstünlüğünü o kavşak koluna vermektedir [27].



Şekil 5.1. Akıllı Kavşak Modeli [46]

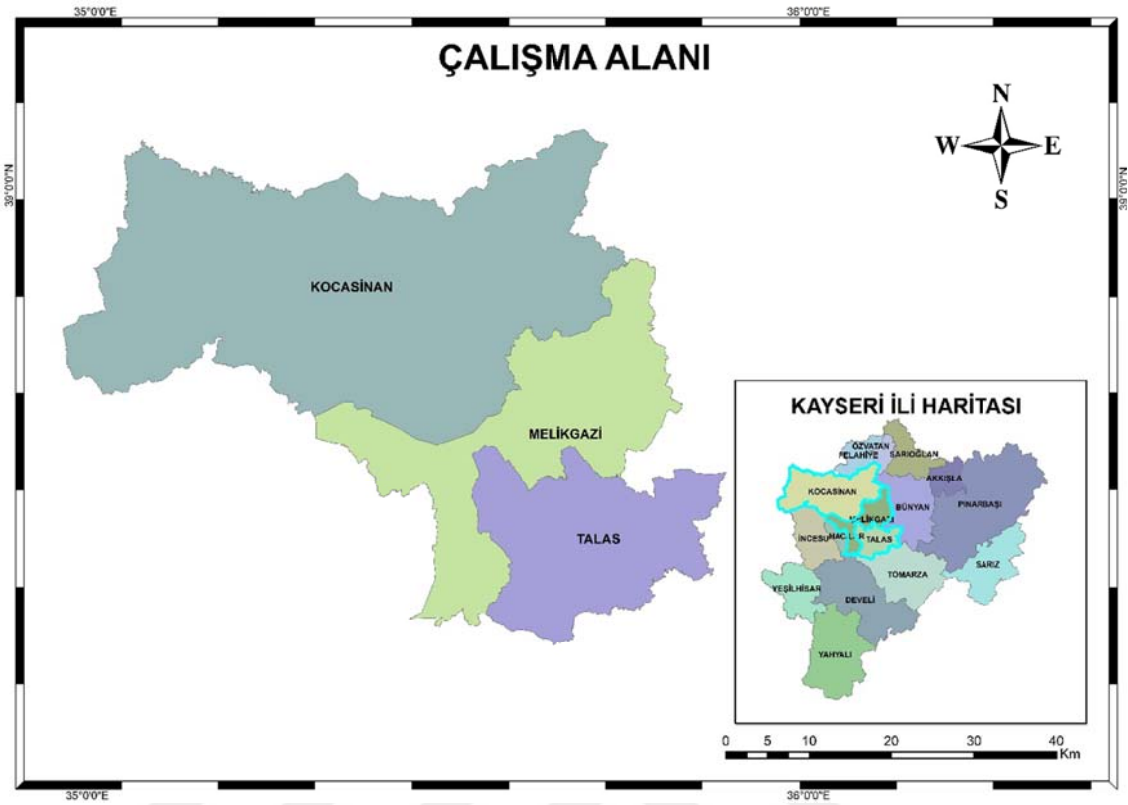
Akıllı kavşak sistemi ile:

- Kavşaklarda ve kavşaklar arasındaki yol kesimlerinde trafik akışı hızlanacaktır.
- Araçların kavşaklarda gereksiz beklemelerinin önüne geçilmiş olacak ve insanların trafikte kaybettikleri süre en aza indirilecek bekleme süreleri, dolayısıyla trafikte geçirdikleri vakit en aza indirilir.
- Çevreye salınan zehirli gazların ve hava kirleticilerinin oranının düşürülmesi sağlanacaktır.
- Gürültü kirliliği en aza indirilecektir.
- Yakıt tüketimi azaltılarak ülke ekonomisine katkı sağlanır.
- Sistemin ürettiği güvenli süreler ile kırmızı ışık ihlallerinde ve trafik kazalarında azalma sağlanır [54].

Bu tez kapsamında ise Kayseri ili merkezindeki mevcut kavşak noktalarından hangilerine akıllı kavşak sisteminin uygulanması gerektiği Coğrafi Bilgi Sistemleri ve AHP yöntemi kullanarak tespit etmek amaçlanmıştır.

5.2. Akıllı Kavşak Uygulaması İçin Çalışma Alanı Ve Kriterlerin Belirlenmesi

Önceki yapılan iki çalışmadan da farklı olarak akıllı kavşak noktalarını belirlemek için yapılacak çalışmamızda Kayserinin şehir merkezinde çalışma yapılmıştır. Bu uygulama için çalışma alanı Şekil 5.2'de gösterilmektedir.



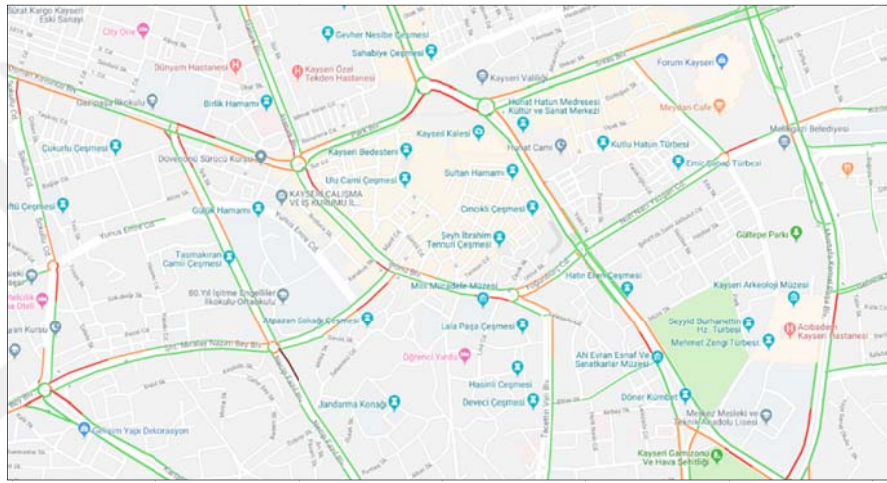
Şekil 5.2. Akıllı Kavşak Çalışma alanı

Çalışma alanı belirlendikten sonra akıllı kavşak için uygun alan seçiminde kullanılacak kriterlere karar verildi. Akıllı kavşaklar özellikle yoğun saatlerde trafik sıkışıklığının olduğu kavşaklarda alternatif çözümler sunmaktadır. Bu sistem ile sabit sinyalizasyon süreleri yerine trafik yoğunluğuna göre daha dinamik süreler atanmakta ve bununla birlikte trafik de bekleme süreleri en aza indirilmektedir. Ayrıca kazaların çok fazla oranda gerçekleştiği kavşaklarda da yine trafik akışını kontrol altına almaktadır. Literatür taraması ve uzman görüşlerine başvurularak akıllı kavşak noktaları yer seçiminde Tablo 5.1'de ki kriterler belirlenmiştir.

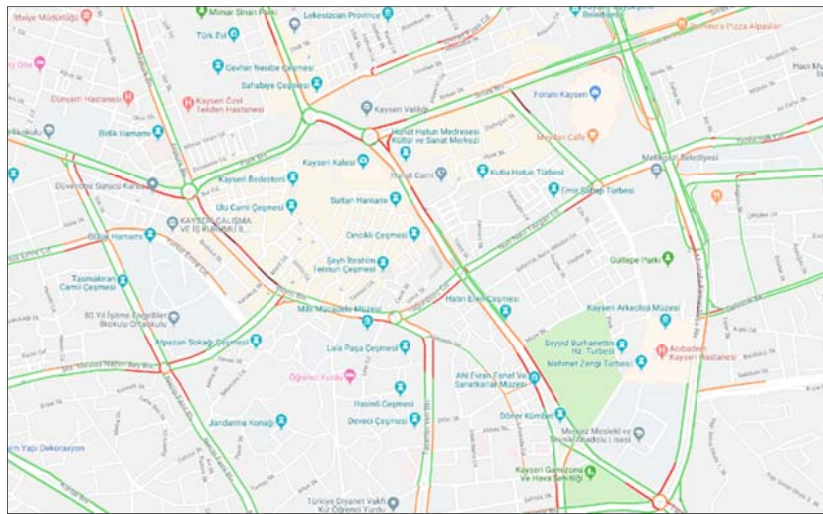
Tablo 5.1. Akıllı Kavşak İçin Kriterler

Kriterler
Kavşaklardaki Kaza Sayısı
Kavşaklardaki Akşam Araç Sayısı
Kavşaklardaki Sabah Araç Sayısı
Fiber Hatlarına Uzaklık
Omurga Kabinlerine Uzaklık

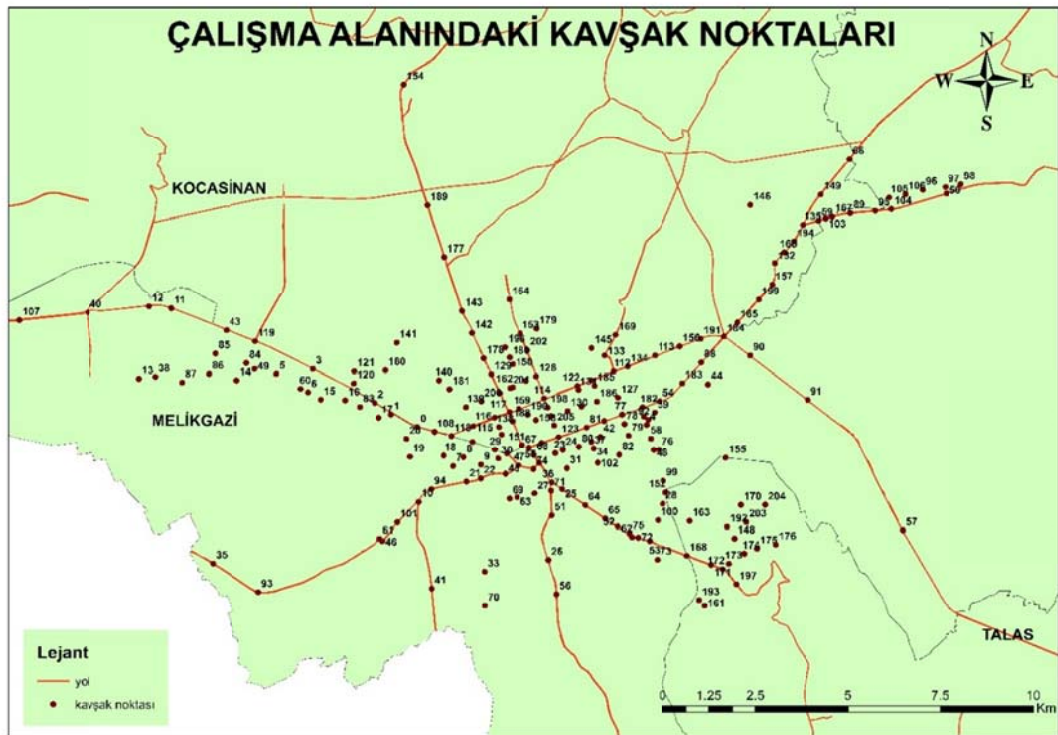
Bu çalışmada kullanılacak kriterlerden kavşaklardaki kaza sayısı kriteri 2011 yılından 2018 yılına kadar olan kaza noktalarını içermektedir. Kayseri büyükşehir belediyesi Trafik Sinyalizasyon Şube Müdürlüğünden alınan araç sayımları akşam ve sabah yoğun saatlere göre ayrılmıştır. Öncelikli olarak mevcuttaki kavşaklara numara verilmiş ve haritalama yapılmıştır. Şekil 5.5'de mevcut kavşak noktaları gösterilmektedir. Ayrıca belirli periyotlarla sabah akşam trafik yoğunluğu incelenmiş ve özellikle kavşaklarda iş giriş ve çıkış saatlerinde yoğunluk görülmektedir. Bir gün için örnek Trafik yoğunluğu Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'de gösterilmektedir.



Şekil 5.3. Google Trafik Yoğunluk Haritası (02.11.2018 08:05)

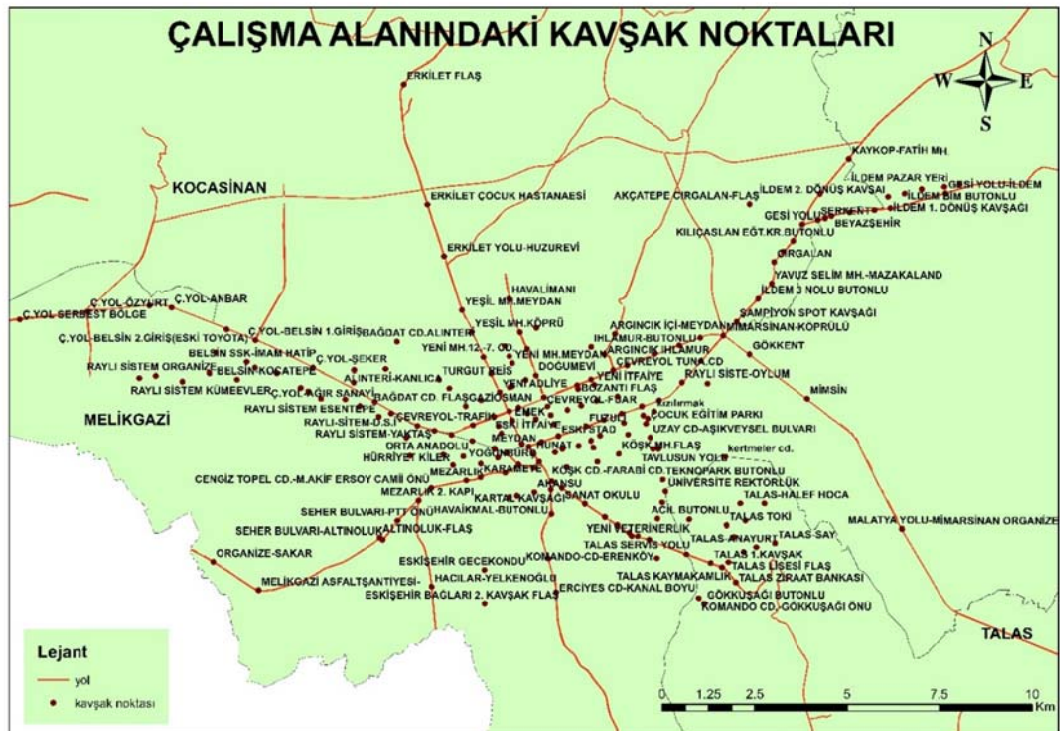


Şekil 5.4. Google Trafik Yoğunluk Haritası (02.11.2018 17:08)



Şekil 5.5. Mevcut Numaralandırılmış Kavşak Noktaları

Daha sonra kavşaklarının isimlerine göre harita yapılmış ve Şekil 5.6'da gösterilmiştir.



Şekil 5.6. Mevcut Kavşak Noktaları

5.2.1. ArcGIS Analizler ve Gerekli İşlem Adımları

Uzman görüşlerine göre kriterler için alt kriterler oluşturulmuştur. Tablo 5.2'de gösterilmektedir.

Tablo 5.2. Akıllı Kavşak Kriterler Alt Değer Tablosu

Kavşaklardaki Kaza Sayısı	Kaza Sayısı
Kavşaklardaki Akşam Araç Sayısı	Araç Sayısı
Kavşaklardaki Sabah Araç Sayısı	Araç Sayısı
Fiber Hatlarına Uzaklık	100 m ve daha yakın olan yerler
Omurga Kabinlerine Uzaklık	8000 m ve daha yakın olan yerler

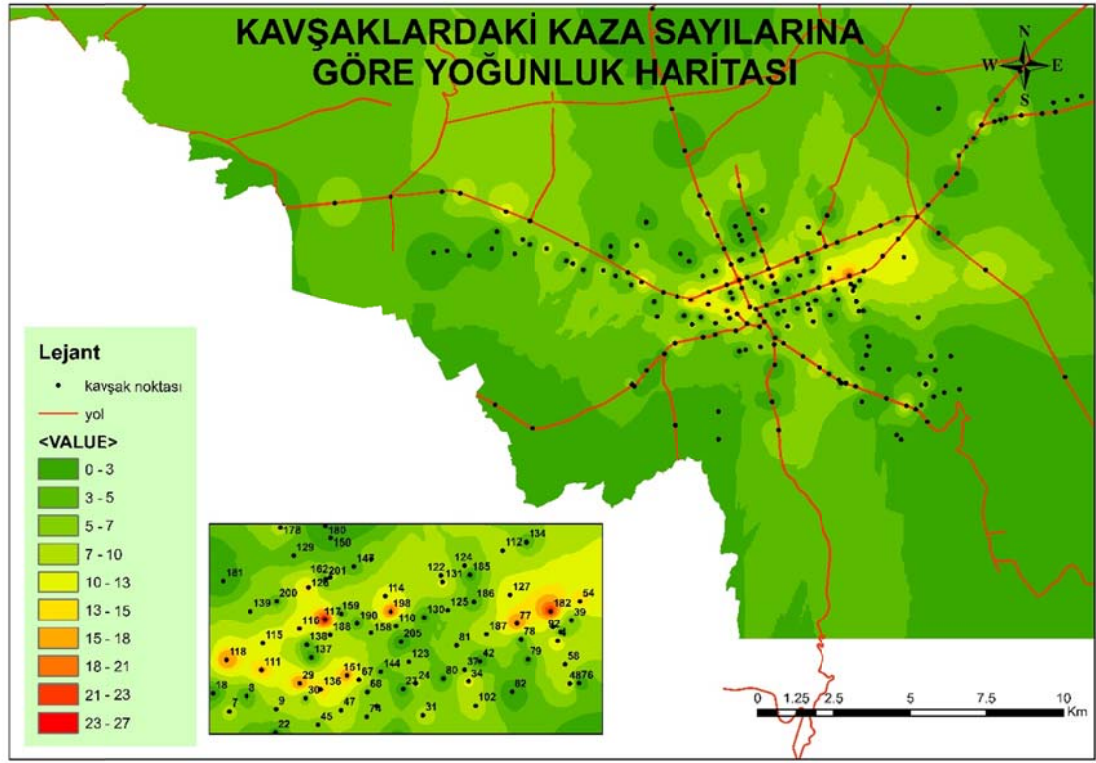
Yukarıda belirtilen kısıtlamalara göre ArcGIS’de gerekli işlemler yapıldı. İlk olarak uzaklık kısıtlamaları için öklid mesafesi kullanıldı. Fiber hatları ve omurga kabini noktaları için mesafeler hesaplandı. Öklid mesafesi (Euclidean distance) işlemi sonrasında elde edilen veriler raster formatında olduğu için yeniden sınıflandırma (reclassify) işlemi uygulanabilmektedir. Kaza sayısı, sabah araç sayısı ve akşam araç sayısı verilerinde mesafeye ihtiyaç duyulmadığı için öklid mesafesi (Euclidean distance) uygulanmamış ve sadece yeniden sınıflandırma (reclassify) işlemi uygulanmıştır.

Bu aşamada elimizdeki raster veriler için en başta belirtilen kısıtlamalar doğrultusunda istenmeyen, uygun olmayan kısımlar için 0 değeri atanırken diğer kısımlara da uygunluk derecesine göre çok uygun anlamında 1 olacak şekilde uygunluk derecesi azalırken rakamlar artacak şekilde numaralandırılır.

5.3. Akıllı Kavşak Yer Seçimine Etki Eden Faktörler

5.3.1. Kavşaklarda Meydana Gelen Kaza Sayısı

Akıllı kavşak seçiminde kavşaklarda gerçekleşen kaza sayıları önemli bir kriterdir. Kaza sayısının çok olduğu kavşaklar akıllı kavşak sistemi için öncelikli olacaktır. Şekil 5.7'de kaza sayılarına göre oluşturulan yoğunluk haritası gösterilmiştir.

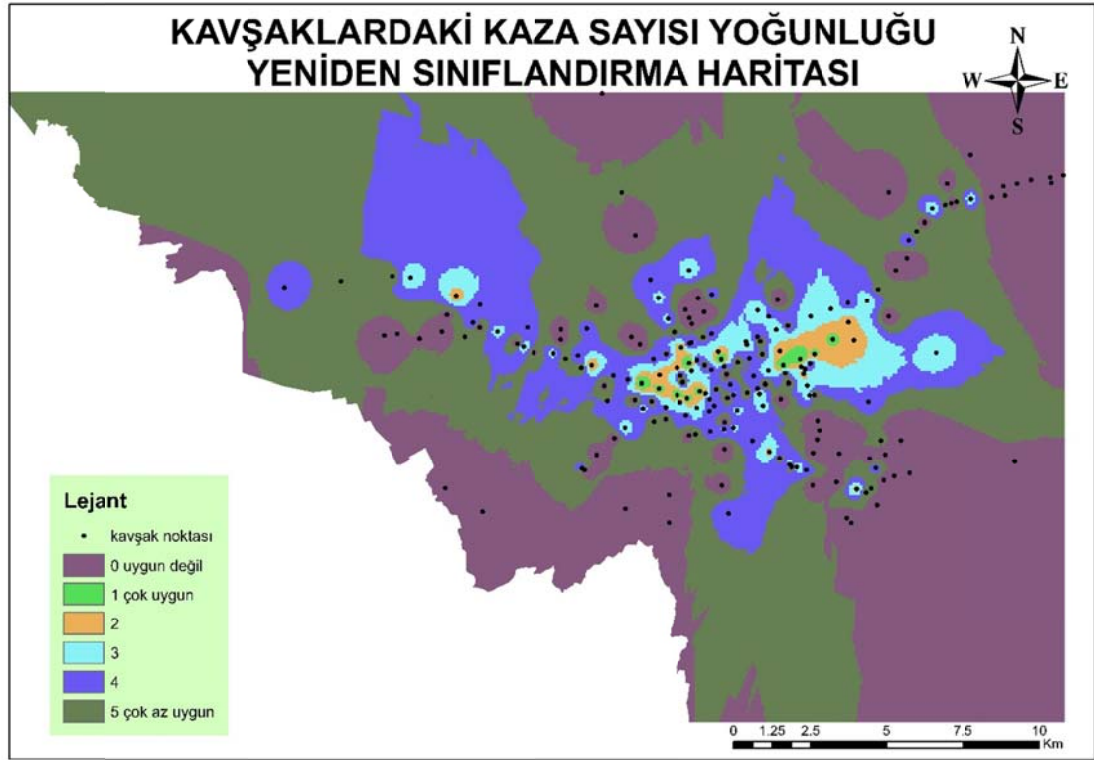


Şekil 5.7. Kavşaklardaki Kaza Sayılarına Göre Yoğunluk Haritası

Tablo 5.3. Kaza Sayısı İçin Kriter Değerleri

Etki Sınıfı (Kaza Sayısı)	Değer
0 - 3	0
3 - 5	5
5 - 7	4
7 - 10	3
10 - 13	2
13 - 27	1

Kavşaklarda meydana gelen kaza sayılarında 13 – 27 aralığına çok uygun anlamında 1 değeri atanmıştır. 0 – 3 kaza sayısı ise çok az olduğundan uygun değil anlamında bu kavşaklara 0 değeri atanmıştır. Arada kalan değerler için kaza sayıları da kendi aralarında numaralandırılmıştır. Bu değerlere göre oluşturulan yeniden sınıflandırma haritası Şekil 5.8'de gösterilmektedir.



Şekil 5.8. Kaza Sayısı Yoğunluğu Yeniden Sınıflandırma Haritası

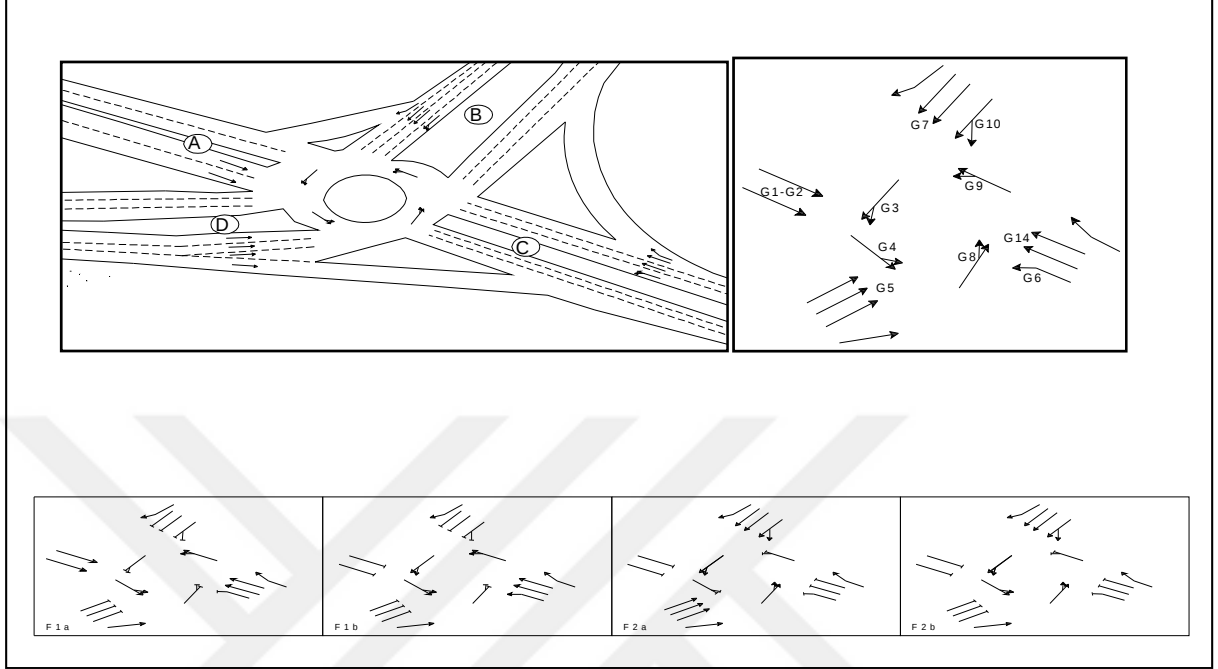
5.3.2 Kavşaklardan Sabah ve Akşam Geçen Araç Sayısı

Bu kısımda Kayseri'de yoğun olan bir kavşakta inceleme yaparak günlük geçen taşıt sayıları verilerek genel bir çerçeve çizilecektir. Kartal Kavşağı (K1) olarak bilinen kavşak incelemeye alınmıştır.

Şekil 5.9'da K1 kavşağının cadde görünümü, Şekil 5.10'da sayım yapılan kollardaki şeritler ve trafik akım yönleri gösterilmektedir.



Şekil 5.9. K1 Kavşağının Cadde Görünümü



Şekil 5.10. K1 Kavşağının Yaklaşım Kollarındaki Şeritler ve Trafik Akım Yönleri

Tablo 5.4’de görüleceği üzere, sabah saatlerinde kavşaktaki trafik yükü 13000 taşıt olup saatlik trafik hacmi 6500 taşıt/saat civarındadır.

Tablo 5.4. K1 Kavşağına Ait Sabah (07:00-09:00) Trafik Hacim Sayımları

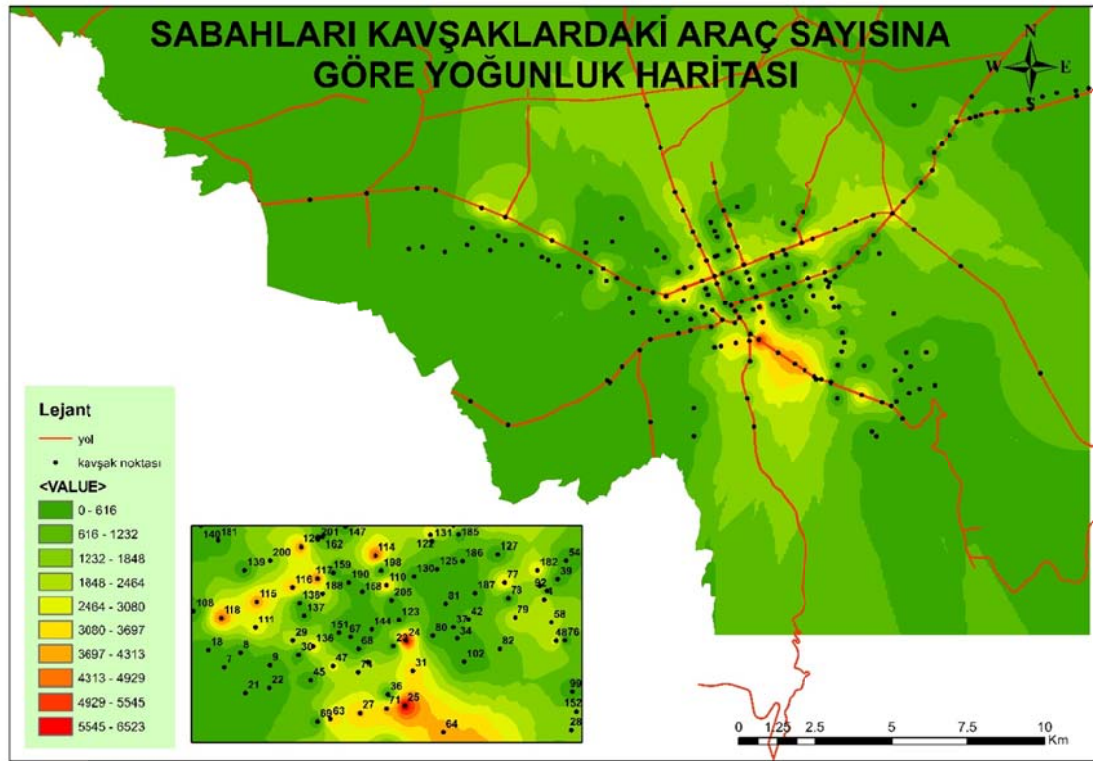
	A				B				C				D				TOPLAM
	Otomobil	Otobüs	Kamyonet	Minibüs	Otomobil	Otobüs	Kamyonet	Minibüs	Otomobil	Otobüs	Kamyonet	Minibüs	Otomobil	Otobüs	Kamyonet	Minibüs	
A	0	0	0	0	79	0	0	9	475	221	6	85	0	0	0	0	875
B	169	0	0	34	0	0	0	0	1302	124	20	139	1937	119	35	396	4275
C	2510	272	14	160	76	0	0	16	3	0	0	0	1666	82	20	138	4957
D	154	60	1	45	1464	148	25	436	476	23	0	108	0	0	0	0	2940
TOPLAM	2833	332	15	239	1619	148	25	461	2256	368	26	332	3603	201	55	534	13047

Tablo 5.5’de görüleceği üzere, akşam saatlerinde kavşaktaki trafik yükü 15000 taşıt olup saatlik trafik hacmi 7500 taşıt/saat civarındadır.

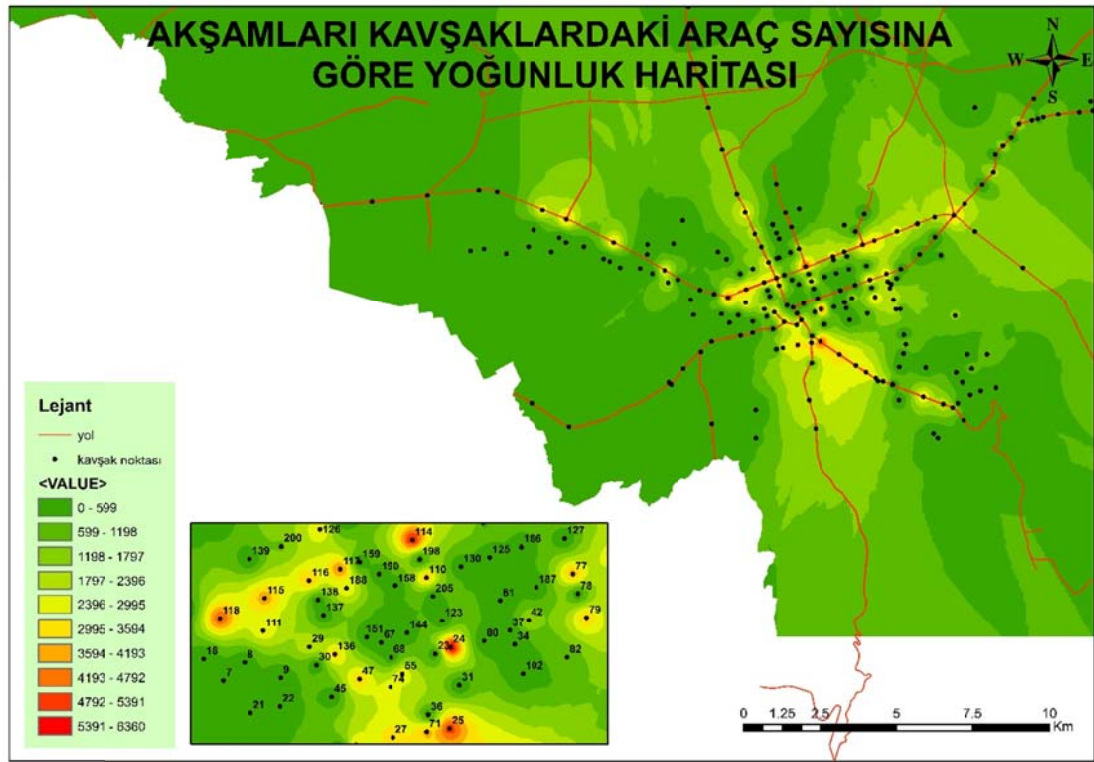
Tablo 5.5. K1 Kavşağına Ait Akşam (16:00-18:00) Trafik Hacim Sayımları

	A				B				C				D				TOPLAM
	Otomobil	Otobüs	Kamyonet	Minibüs	Otomobil	Otobüs	Kamyonet	Minibüs	Otomobil	Otobüs	Kamyonet	Minibüs	Otomobil	Otobüs	Kamyonet	Minibüs	
A	0	0	0	0	166	0	0	46	1334	76	0	66	0	0	0	0	1688
B	100	0	0	3	0	0	0	0	1811	43	0	155	1902	54	14	244	4326
C	1001	167	0	152	380	0	0	29	0	0	0	0	1504	45	3	141	3422
D	213	10	0	25	3027	93	9	385	1445	43	12	151	0	0	0	0	5413
TOPLAM	1314	177	0	180	3573	93	9	460	4590	162	12	372	3406	99	17	385	14849

Tablolar incelendiğinde akşam trafik hacminin sabah trafik hacminden yüksek olduğu ve kritik zirve saatin akşam olduğu görülebilir. Bu sebeple akşam ve sabah trafik hacmi ayrı incelenmiştir. Şekil 5.11 ve Şekil 5.12'de yoğunluk haritaları gösterilmektedir.



Şekil 5.11. Araç Sayısına Göre Yoğunluk Haritası (Sabah)

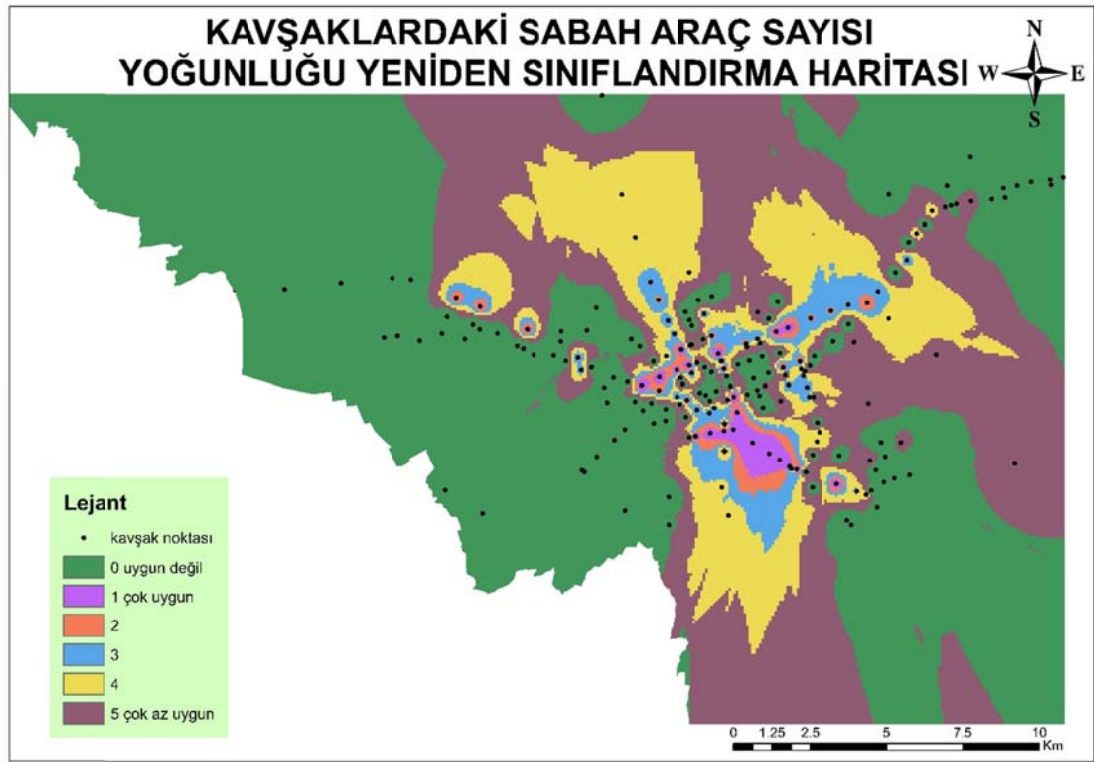


Şekil 5.12. Araç Sayısına Göre Yoğunluk Haritası (Akşam)

Tablo 5.6. Kavşaklardaki Sabah Geçen Araç Sayısına Göre Kriter Alt Değerleri

Etki Sınıfı (Araç Sayısı)	Değer
0 - 616	0
616 - 1232	5
1232 - 1848	4
1848 - 2464	3
2464 - 3080	2
3080 - 6523	1

Akıllı kavşak yer seçiminde ki önemli kriterlerden birisi de araç sayılarıdır. Bu sebeple en fazla araç sayısına sahip olan kavşak alanlarına çok uygun anlamında 1 değeri atanırken araç yoğunluğunun en az olduğu kavşaklara ise uygun değil anlamında 0 değeri atanmıştır. Bu değerlere göre oluşturulan yeniden sınıflandırma haritası Şekil 5.13'de sunulmaktadır.

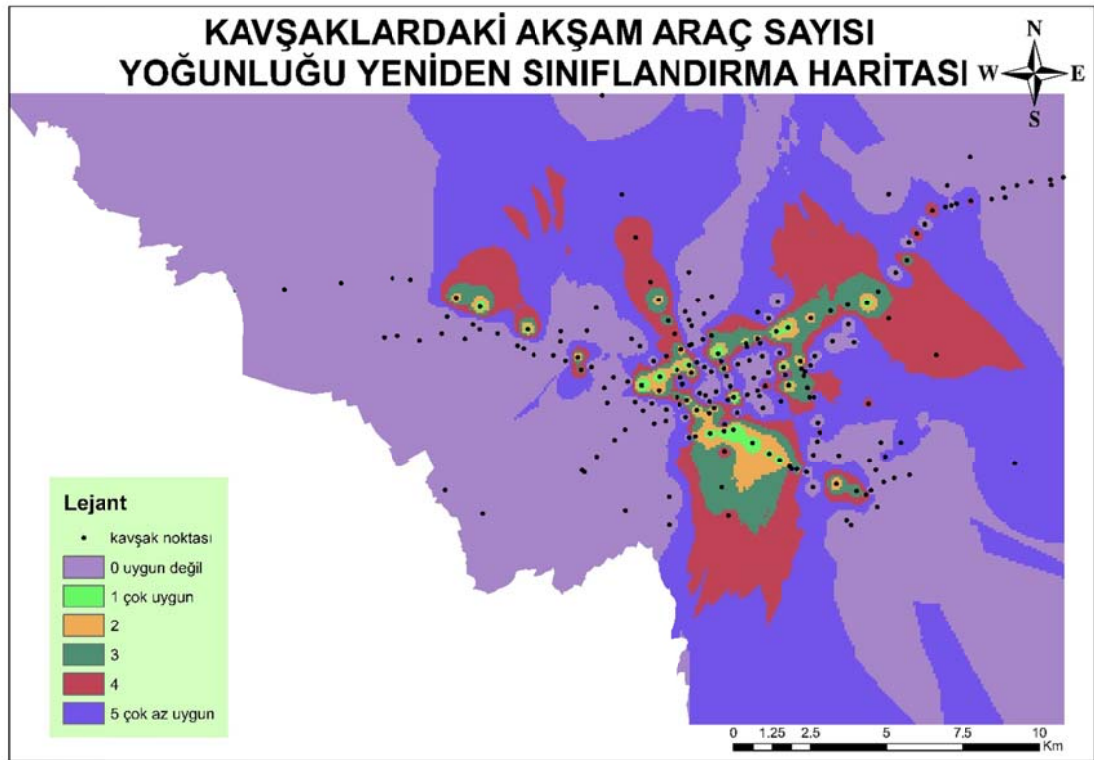


Şekil 5.13. Kavşaklardaki Araç Sayısı Yoğunluğu Yeniden Sınıflandırma Haritası (Sabah)

Tablo 5.7. Kavşaklardaki Akşam Geçen Araç Sayısına Göre Kriter Alt Değerleri

Etki Sınıfı (Araç Sayısı)	Değer
0 - 599	0
599 - 1198	5
1198 - 1797	4
1797 - 2396	3
2396 - 2995	2
2995 - 6360	1

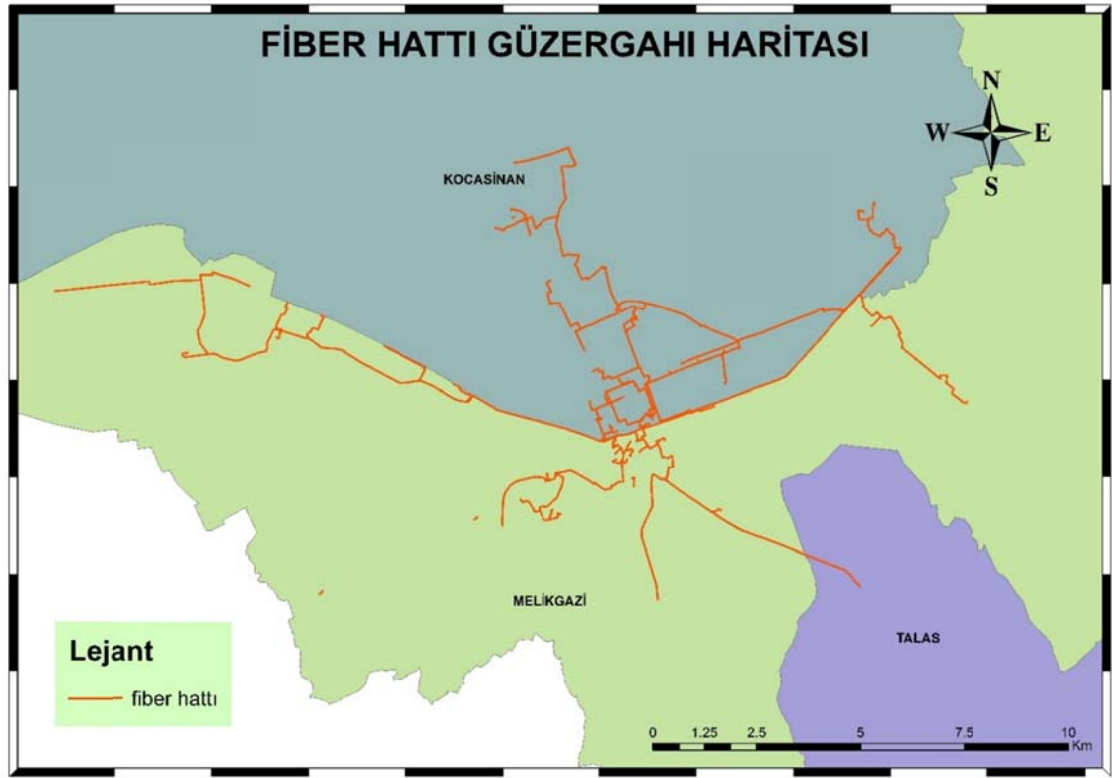
Aynı şekilde akşam için de en yoğun araç sayısına sahip olan kavşak alanlarına çok uygun anlamında 1 değeri atanırken araç yoğunluğunun en az olduğu kavşaklara ise uygun değil anlamında 0 değeri atanmıştır. Şekil 5.14'de bu değerlere göre oluşturulan yeniden sınıflandırma haritası gösterilmektedir.



Şekil 5.14. Kavşaklardaki Araç Sayısı Yoğunluğu Yeniden Sınıflandırma Haritası (Akşam)

5.3.3. Fiber Hatlara Uzaklık

Akıllı kavşak sisteminde verilerin iletilmesi fiber hatlarla sağlandığı için yakın olması önemli bir kriterdir. Aksi takdirde uzak olması maliyet açısından da olumsuz etkileyecektir. Şekil 5.15'de Fiber hatları gösterilmektedir.

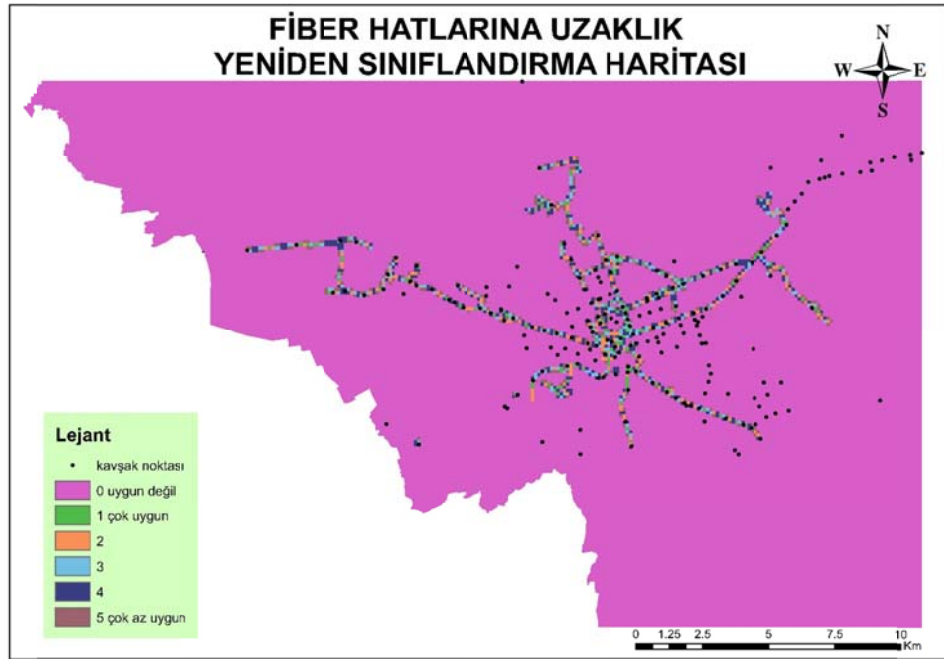


Şekil 5.15. Fiber Hattı Güzergâh Haritası

Tablo 5.8. Fiber Hatlarına Uzaklık Alt Kriter Değerleri

Etki Sınıfı (m)	Değer
0 – 10	1
10 – 25	2
25 – 45	3
45 – 75	4
75 - 100	5
100 >	0

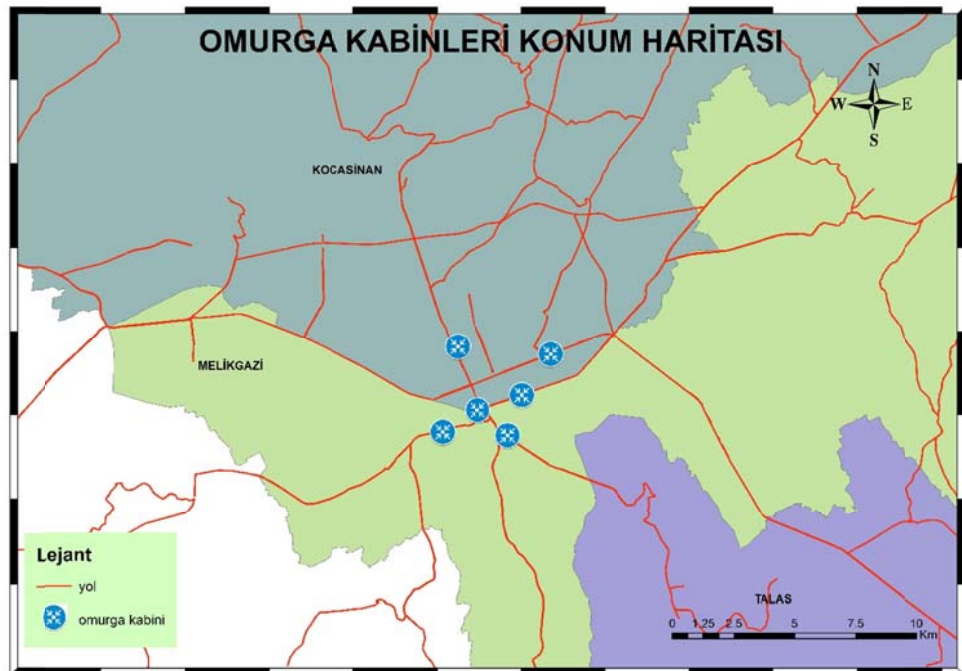
Fiber hatta uzaklık için uzman görüşlerine göre 100 m den fazla olan kısımlar uygun olmadığı için bu alanlara 0 değeri atanmıştır. 10 m mesafe için de çok uygun anlamında 1 değeri atanmıştır. Bu değerlere göre oluşturulan yeniden sınıflandırma haritası Şekil 5.16'da gösterilmektedir.



Şekil 5.16. Fiber Hattı Yeniden Sınıflandırma Haritası

5.3.4. Omurga Kabinlere Uzaklık

Uzmanlardan alınan görüşlere göre omurga kabinlerine yakınlık da akıllı kavşak sitemlerinin kurulumu için maliyet açısından önemlidir. Şekil 5.17'de kabinlerin konumları gösterilmiştir.

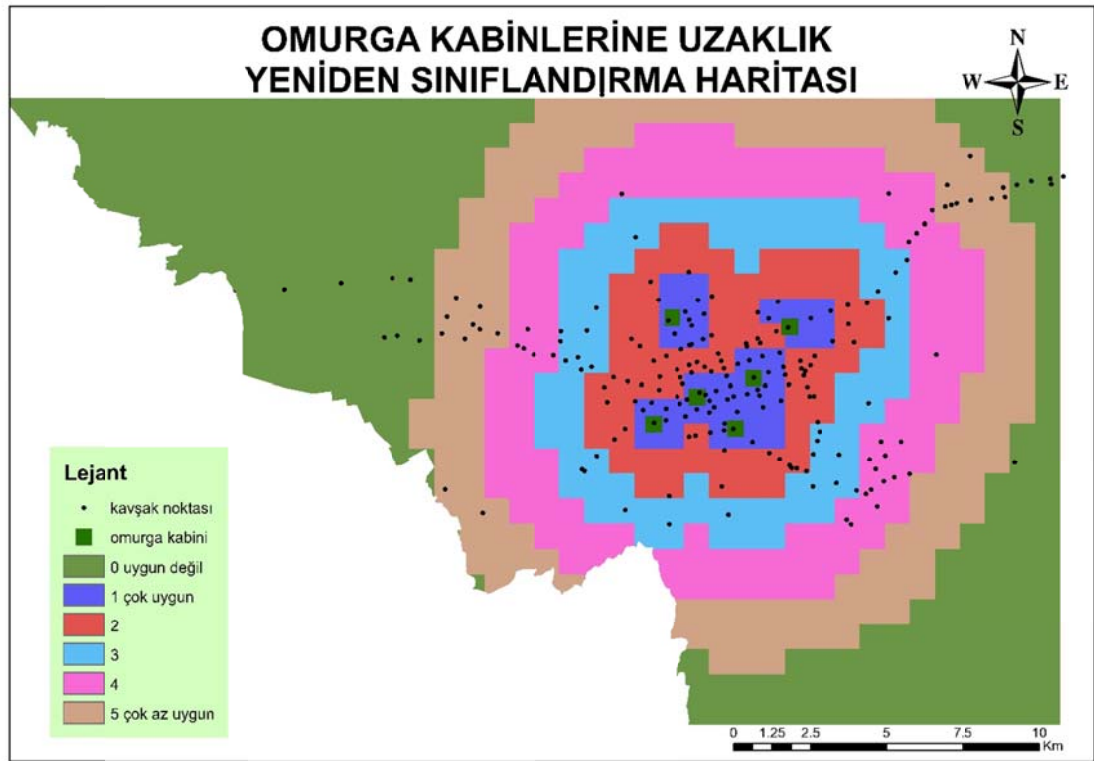


Şekil 5.17. Omurga Kabinleri Konum Haritası

Tablo 5.9. Omurga Kabinlere Uzaklık Alt Kriter Değerleri

Etki Sınıfı (m)	Değer
0 – 1000	1
1000 – 2500	2
2500 – 4000	3
4000 – 6000	4
6000 – 8000	5
8000 >	0

Omurga kabinlerine yakın olmak akıllı kavşak sistemi için önemli olduğu için en yakın mesafeye uygun anlamında 1 değeri verilirken en uzak alanlara uygun değil anlamında 0 değeri atanmıştır.



Şekil 5.18. Omurga Kabinine Uzaklık Yeniden Sınıflandırma Haritası

5.4. Akıllı Kavşak Uygulaması İçin AHP Yöntemiyle Kriterlerin Ağırlık Değerlerinin Hesaplanması ve Tutarlılık Oranı Hesabı

5.4.1. AHP Yöntemi İçin Kriter Matrisinin Oluşturulması

Tablo 1.6'da ki değerlendirme ölçeğine göre alanında uzman kişiler tarafından doldurulan karar matrisleri aşağıda gösterilmektedir. Tablo 5.10'da akıllı kavşak uygulaması için oluşturulan karar matrisi gösterilmektedir.

Tablo 5.10. Akıllı kavşak Uygulaması İçin Kullanılan Kriterler Matrisi

ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ (AHP)					
Kriter	Kaza Sayısı	Sabah Toplam Araç Sayısı	Akşam Toplam Araç Sayısı	Fiber Hatlarına Uzaklık	Omurga Kabinlerine Uzaklık
Kaza Sayısı	1				
Sabah Toplam Araç Sayısı		1			
Akşam Toplam Araç Sayısı			1		
Fiber Hatlarına Uzaklık				1	
Omurga Kabinlerine Uzaklık					1

Uzman kişiler tarafından doldurulan tablolar:

Tablo 5.11. Uzman 1 Değerlendirme Tablosu (Akıllı Kavşak)

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)					
Kriter	Kaza Sayısı	Sabah Top. Araç	Akşam Top. Araç	Fiber Hat. Uzaklık	Omurga Ka. Uzaklık
Kaza Sayısı	1	3	3	5	7
Sabah Top. Araç		1	2	3	5
Akşam Top. Araç			1	3	6
Fiber Hat. Uzaklık				1	3
Omurga Ka. Uzaklık					1

Tablo 5.12. Uzman 2 Değerlendirme Tablosu (Akıllı Kavşak)

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)					
Kriter	Kaza Sayısı	Sabah Top. Araç	Akşam Top. Araç	Fiber Hat. Uzaklık	Omurga Ka. Uzaklık
Kaza Sayısı	1	3	4	5	6
Sabah Top. Araç		1	2	4	5
Akşam Top. Araç			1	5	6
Fiber Hat. Uzaklık				1	3
Omurga Ka. Uzaklık					1

Tablo 5.13. Uzman 3 Değerlendirme Tablosu (Akıllı Kavşak)

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)					
Kriter	Kaza Sayısı	Sabah Top. Araç	Akşam Top. Araç	Fiber Hat. Uzaklık	Omurga Ka. Uzaklık
Kaza Sayısı	1	4	4	5	7
Sabah Top. Araç		1	1/3	4	6
Akşam Top. Araç			1	5	7
Fiber Hat. Uzaklık				1	3
Omurga Ka. Uzaklık					1

Tablo 5.14. Uzman 4 Değerlendirme Tablosu (Akıllı Kavşak)

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)					
Kriter	Kaza Sayısı	Sabah Top. Araç	Akşam Top. Araç	Fiber Hat. Uzaklık	Omurga Ka. Uzaklık
Kaza Sayısı	1	3	2	5	6
Sabah Top. Araç		1	1/2	4	5
Akşam Top. Araç			1	3	4
Fiber Hat. Uzaklık				1	2
Omurga Ka. Uzaklık					1

Uzmanların doldurmuş olduğu değerlendirme tablolarının matematiksel ortalaması alınarak kullanacağımız kriter matrislerinin tablosu oluşturulmuştur. Tablo 5.15’de görülmektedir.

Tablo 5.15. Ortalama Kriter Matrisi (Akıllı Kavşak)

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)-Ortalama (A)					
Kriter	Kaza Sayısı	Sabah Top. Araç	Akşam Top. Araç	Fiber Hat. Uzaklık	Omurga Ka. Uzaklık
Kaza Sayısı	1	3	3	5	7
Sabah Top. Araç	1/3	1	1	4	5
Akşam Top. Araç	1/3	1	1	4	6
Fiber Hat. Uzaklık	1/5	1/4	1/4	1	3
Omurga Ka. Uzaklık	1/7	1/5	1/6	1/3	1

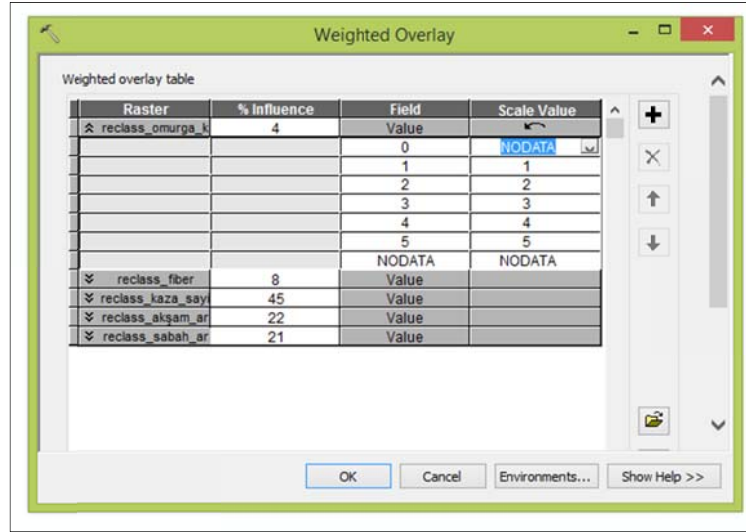
5.4.3. AHP Yöntemi İle Hesaplanan Ağırlık Değerleri

Toplamda kullanılan 5 faktörün alt kriterleri ve ağırlıkları Tablo 5.16'de gösterilmektedir.

Tablo 5.16. Kriterlerin Alt Değerleri ve Ağırlık Değerleri Tablosu

Faktör Adı	Etki Sınıfı	Değer	Ağırlık
Kavşaklardaki Kaza Sayısı	0 - 3	0	45
	3 - 5	5	
	5 - 7	4	
	7 - 10	3	
	10 - 13	2	
	13 - 27	1	
Kavşaklardaki Sabah Araç Sayısı	0 - 616	0	21
	616 - 1232	5	
	1232 - 1848	4	
	1848 - 2464	3	
	2464 - 3080	2	
	3080 - 6523	1	
Kavşaklardaki Akşam Araç Sayısı	0 - 599	0	22
	599 - 1198	5	
	1198 - 1797	4	
	1797 - 2396	3	
	2396 - 2995	2	
	2995 - 6360	1	
Fiber Hatlarına Uzaklık (m)	0 – 10	1	8
	10 – 25	2	
	25 – 45	3	
	45 – 75	4	
	75 - 100	5	
	100 >	0	
Omurga Kabinlerine Uzaklık (m)	0 – 1000	1	4
	1000 – 2500	2	
	2500 – 4000	3	
	4000 – 6000	4	
	6000 – 8000	5	
	8000 >	0	

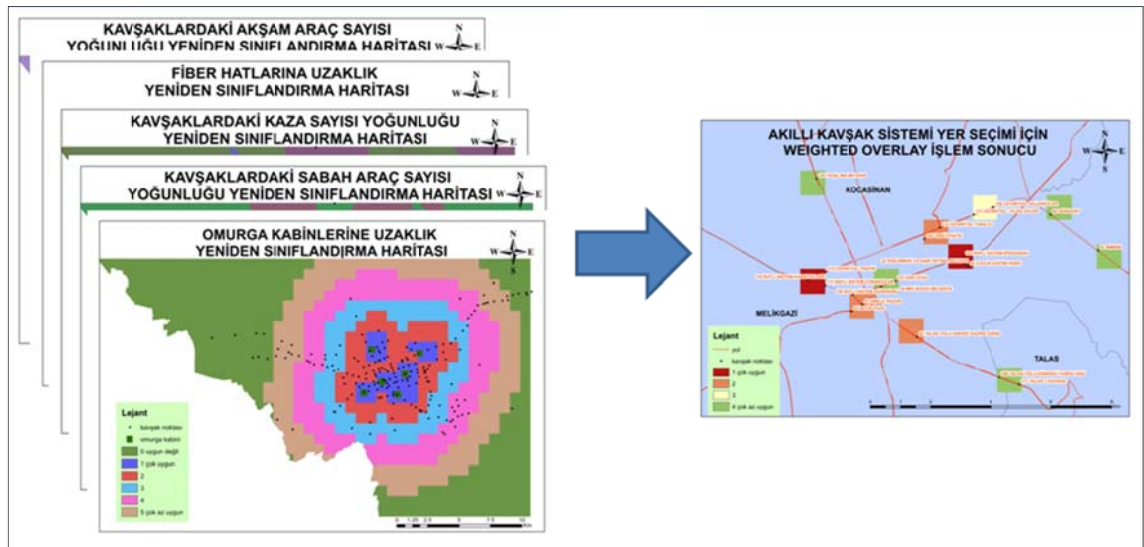
Son olarak ise çok katmanlı ağırlıklı çakıştırma yöntemi (Weighted Overlay) ile yapılan analizler sonucu oluşturduğumuz yeniden sınıflandırma (reclassify) haritaları ile AHP yöntemiyle hesaplanan ağırlıklar birleştirilerek akıllı kavşak noktaları için uygun kavşak yerlerini tespit etmektir.



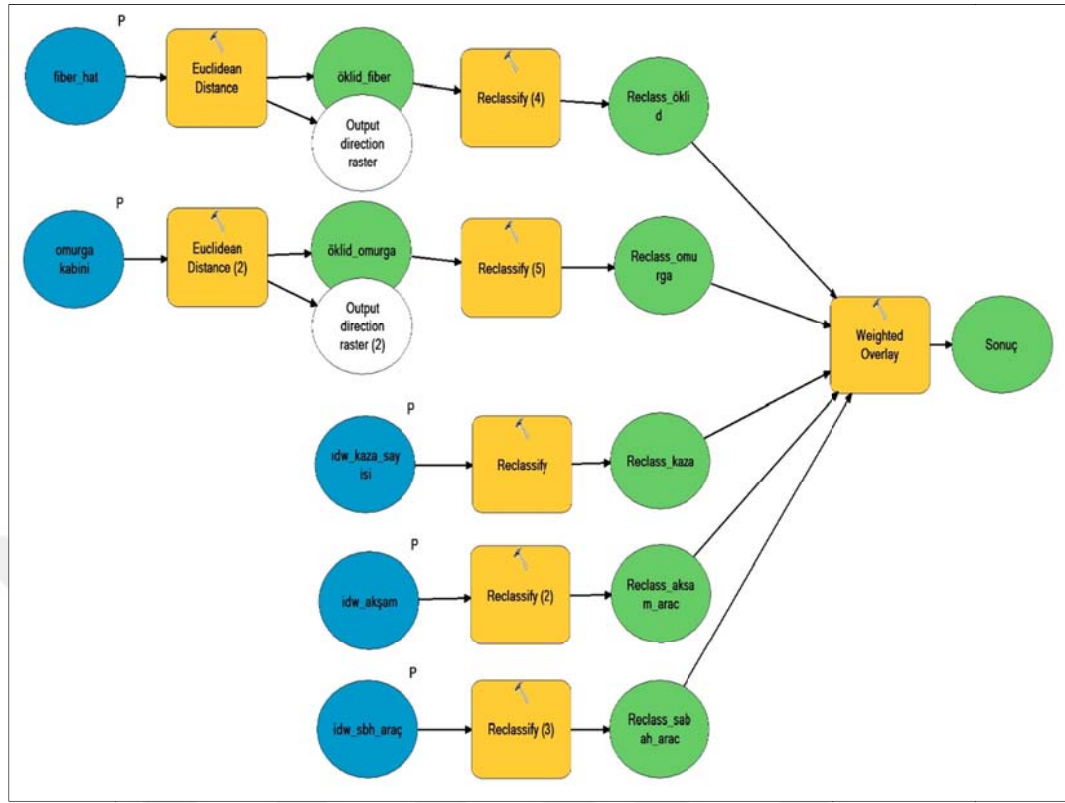
Şekil 5.21. Weighted Overlay ile derecelendirme

5.4.4. Kayseri İçin Alternatif Akıllı Kavşak noktaları Yer Seçimi

Kayseri ili için mevcutta bulunan kavşak noktaları ele alınıp 5 kriter belirlenerek, uzmanların ikili karşılaştırma yöntemi ile karar matrislerini doldurduğu çalışmamızda, akıllı kavşakları en çok hangi kavşağa uygulanması gerektiğini analiz ettik. Diğer iki uygulamada olduğu gibi bu uygulamada sistemin dinamik olması için yani kriterlerde ufak değişiklikler yaptığımızda sistemin kendisini güncellemesi için model builder ile model kurulmuştur. Şekil 5.23'de kurulan model gösterilmiştir.

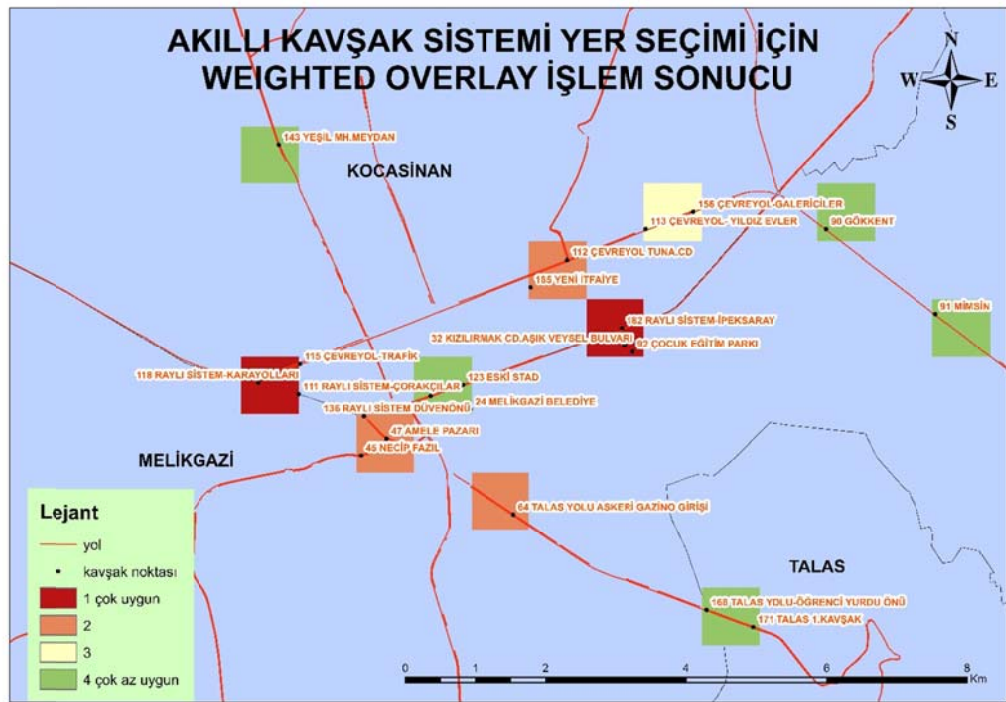


Şekil 5.22. Akıllı Kavşak İçin Kriter Haritaları Ve Sonuç Haritası



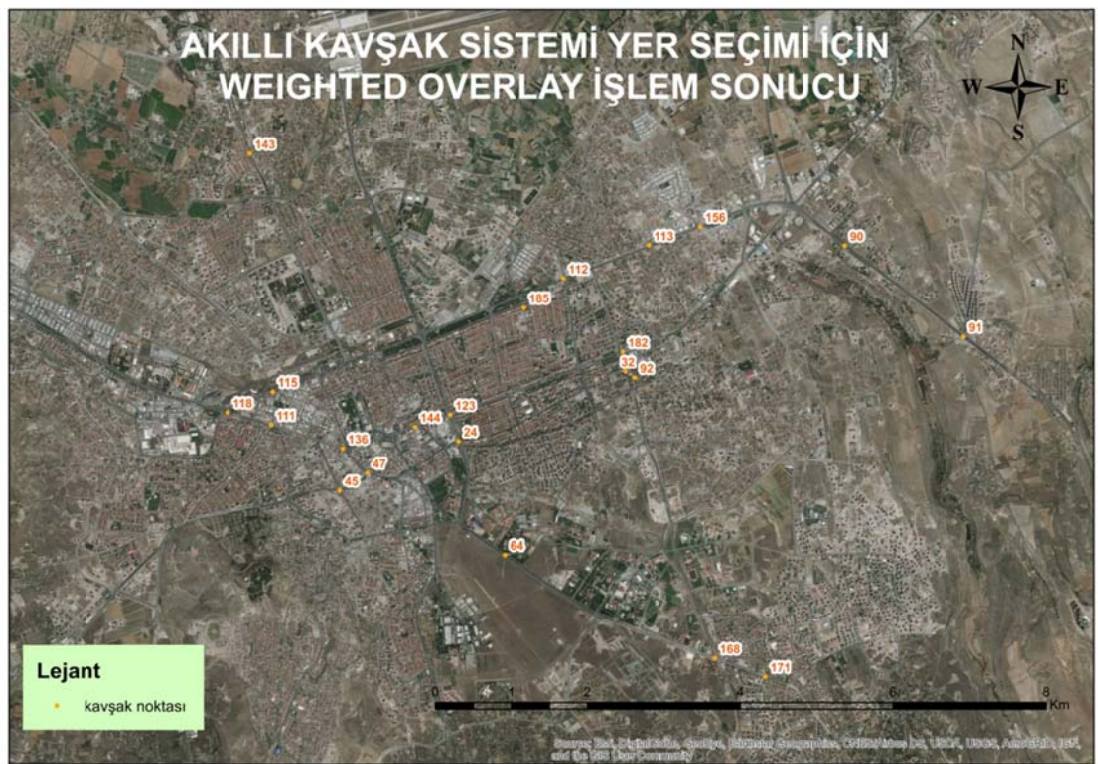
Şekil 5.23. Akıllı Kavşak Uygulaması Yer Seçimi İçin Hazırlanan Model

Şekil 5.24'de yapılan analize göre çıkan sonuç haritası gösterilmektedir.



Şekil 5.24. Kayseri İli Akıllı Kavşak İhtiyacı Olan Kavşak Noktaları

■ 1 İle gösterilen 32, 92, 111, 115, 118, 182 numaralı kavşaklar akıllı kavşak sistemi için öncelikli kavşaklar olduğu anlamına gelmektedir. ■ 2 İle gösterilen 45, 47, 64, 112, 136, 185 numaralı kavşaklar ise 1 kadar öncelik olmasa da akıllı kavşak sistemi uygulanması gereken önemli kavşak noktalarıdır. ■ 3 İle gösterilen 113 ve 156 numaralı kavşaklar ise 3. sırada olarak akıllı kavşak sistemine ihtiyaç duymaktadır. ■ 4 ile gösterilen 24, 90, 91, 123, 143, 144, 168, 171, 205 numaralı kavşaklar ise diğer kavşaklara göre akıllı kavşak sistemine daha az ihtiyaç duymaktadır diyebiliriz.



Şekil 5.25. Kayseri İli Akıllı Kavşak İhtiyacı Olan Kavşak Noktaları Uydu Görüntülü

6. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1. Sonuç ve Öneriler

Çalışma kapsamında Kayseri ili ölçeğinde rüzgâr enerji santrali, katı atık depolama alanları ve akıllı kavşak noktaları için en uygun alternatif alanlar bulunmaya çalışıldı. Bu noktada coğrafi bilgi sistemlerinin analiz kapasitesinden ve karar verme sürecindeki yeteneklerinden en üst düzeyde faydalanılmıştır. Ayrıca karar verme süreçlerinde genellikle kullanılan bir yöntem olan ÇKKV yöntemlerinden AHP kullanılmıştır. CBS ile yapılan analizler ile AHP yöntemiyle hesaplanan ağırlıklar sonucunda en doğru sonuçların elde edilmesi sağlanmıştır.

Uygulamalarda analizler elde edilebilen verilerle sınırlı kalmıştır. Özellikle Kayseri ili geneli için veri elde etmek çalışmada karşılaşılan en büyük zorluklardan biri olmuştur. Bu sebeple göz önüne alınması gereken bazı katmanlar oluşturulamaya bilmektedir.

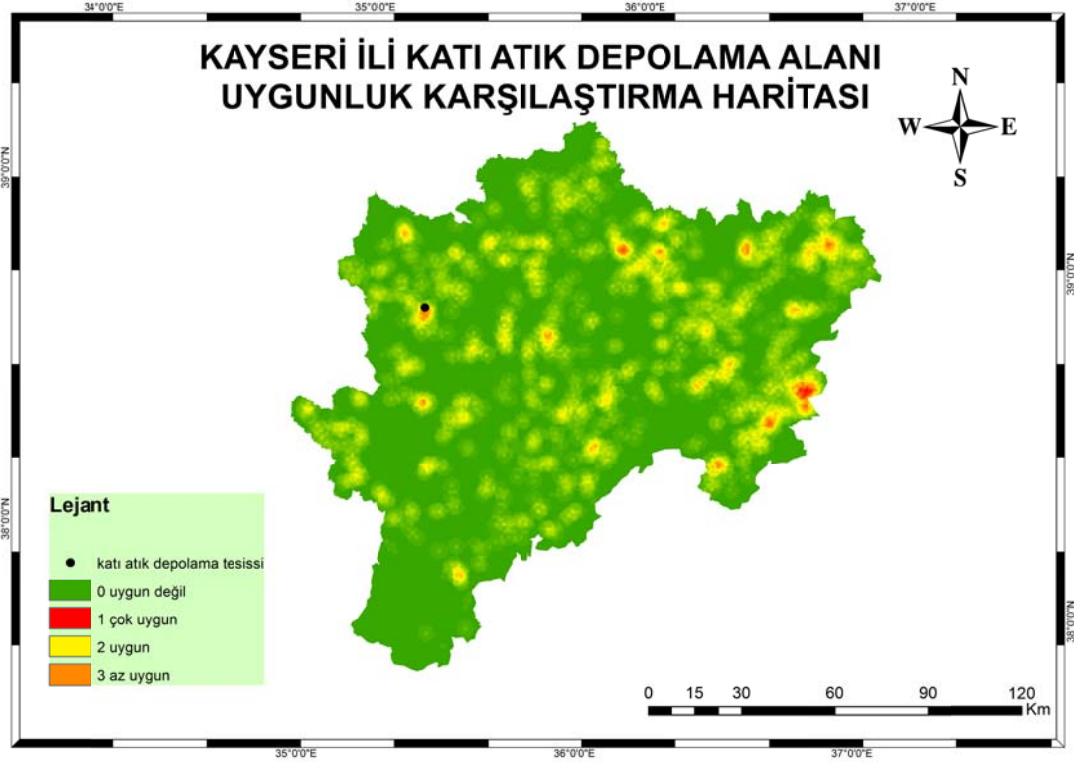
Tez kapsamında yapılan 3 uygulama için sonuçları irdelenecek olursak;

Katı atık depolama alanları;

Katı atık depolama alanı yer seçim sürecinde birçok mekânsal bilgiden faydalanılarak ve 9 farklı kriter değerlendirilerek sonuç elde edilmiştir.

Bu çalışmanın sonucu olarak katı atık depolama alanları için Kayseri ölçeğinde en uygun bölgenin şehrin doğu ve batı kısımlarında olması gerektiği belirlenmiştir. Kayseri'de mevcutta bulunan tek katı atık depolama alanı da şuanda şehrin batı kısmında bulunmaktadır (Şekil 6.1). Çıkan sonuç değerlendirildiğinde makul ve uygulanabilir olduğu görülmüştür. Bu çalışma gelecekte yapılması planlanan katı atık

sahaları için yol gösterici olmaktadır. Bu sonuçlara göre yapılacak çalışmalar ile hem ekonomik açıdan hem de verim açısından büyük faydalar sağlanacaktır.

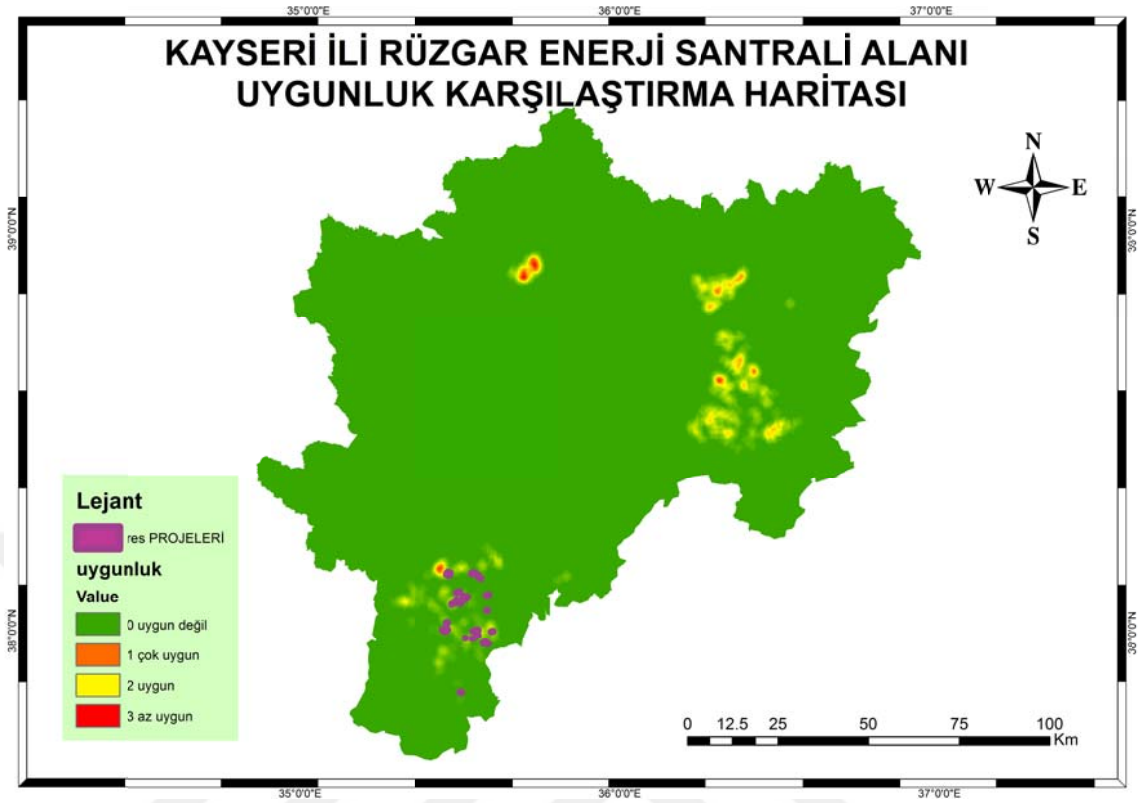


Şekil 6.1. Kayseri İli Katı Atık Depolama Alanı Uygunluk Karşılaştırma Haritası

Rüzgâr Enerji Santralleri;

RES yapım yerleri için toplamda 13 kriter göz önünde bulundurulmuştur.

RES kurulum yerleri için çıkan sonuç haritası değerlendirildiğinde şehrin güney ve doğu bölgelerinde bulunan ilçeleri Yahyalı ve Pınarbaşı'nda potansiyelin yüksek olduğu görülmüştür. Mevcutta bulunan lisanslı RES yerleri veya henüz inşa halinde olan alanlar daha çok Yahyalı ilçesinde bulunmakta olup çıkan sonuç haritası ile karşılaştırıldığında sonuçların makul ve uygulanabilir olduğu görülmektedir (Şekil 6.2). Ayrıca elde edilen potansiyel alanlar Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) ile karşılaştırıldığında Şekil 59'da elde edilen sonuçların birbirine yakın olduğu görülmüştür. Sonuçta Kayseri ili kapsamında rüzgâr enerjisi için var olan bu potansiyelin kullanılıp, en ekonomik en verimli şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışma gelecekte kurulacak RES projeleri için yol gösterici olmuştur.



Şekil 6.2. Kayseri İli RES Alanı Uygunluk Karşılaştırma Haritası

Akıllı Kavşak;

Akıllı kavşak uygulaması için Kayseri ili merkezindeki tüm kavşaklar belirlenen kriterlere göre değerlendirilmiş ve akıllı kavşağa en çok ihtiyaç duyan kavşak noktaları belirlenmiştir. Bu noktada ekonomik açıdan fiber hatlarına ve omurga merkezlere uzaklık kriteri göz önünde bulundurulmuştur. Aynı zamanda trafik sorununa ve kazalara önlem olması amacıyla araç sayısı ve kaza yoğunluğu kriterleri de değerlendirmeye alınmıştır. Sonuç olarak bu şehirde yaşayan biri olarak kayseri genelinde trafiğin yoğun olduğu ve kazaların sıklıkla meydana geldiği kavşakların akıllı kavşağa ihtiyaç duyduğu görülmüştür. Bu da yapılan çalışmanın sonuçlarının anlamlı ve geçerli olduğunu göstermektedir.

Akıllı kavşaktan bir sonraki adım da ise sıkışan trafiğe müdahale eden trafik kontrol merkezleri kurularak, vatandaşların alternatif güzergâhlara yönlendirilmesi sağlanabilir. Bu etkili çözümlerle ile ulaşımın akıllanması yüksek işlerlik ve daha etkin bir akış sağlayacaktır.

Değerlendirmeler de görüldüğü gibi AHP yöntemi ve kullanılan çok katmanlı ağırlıklı çakıştırma yöntemi (Weighted Overlay) işlemi akıllı şehir uygulamaları için uygun yer belirleme de doğru bir yöntem olmuştur. Bu şekilde çok kriterli karar alınması gereken uygulamalarda kriterlerin birisinin seçilmesi yerine birbirine göre üstünlükleri belirlenerek ve sonuç olarak da uygunluk dereceleri elde etmek daha doğru bir yöntemdir.

Tez çalışması bünyesinde yapılan araştırma ve irdelemeler sonucunda aşağıdaki temel sonuçlara ulaşılmıştır;

- ÇKKV yöntemlerinden AHP uygun yer seçimi için başarılı bir karar destek yöntemidir.
- CBS akıllı bir şehrin planlanmasından gelişimine her aşamasında önemli bir yer de konumlandırılmalıdır.
- CBS en uygun yer seçiminde iyi bir karar destek sistemi olarak uygulama alanı bulmuştur.
- Çalışma alanı seçilirken kriter ve alt kriterler her alana göre farklı değerler alabilmektedir.
- Uzman görüşleri, yönetmelikler ve literatür de daha önce yapılan çalışmalar kriter ve alt kriter belirlemede rehber olmuştur.
- Yapılan uygulama sonuçları incelendiğinde genellikle doğru ve tutarlı sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

Bu çalışmanın daha ileri bir seviyeye taşınması için yapılan analizlerin Web CBS ile bir portalda tutulması, girilen kriterler ve verilerin ortak bir veri tabanında tutulması, ağırlık oranlarının hesaplarının otonom bir şekilde yapılması ve modelde değişebilecek herhangi bir noktada sistemin kendini güncellemesi, gibi öneriler yapılabilmektedir.

Bir diğer öneri ise akıllı şehir uygulamaları yazılımsal uygulamalar olduğundan güvenlik problemleri en üst düzeyde sağlanmalı gelebilecek saldırılara karşı önlemler alınabilmelidir.

Sonuç olarak bu tez kapsamında yapılan bir nevi ön fizibilite raporu değerindeki çalışmanın sayılarının artırılarak diğer şehirlerde de daha planlı ve etkili akıllı şehir modellerinin kurulmasına yardımcı olmaya çalışılmıştır.

KAYNAKÇA

1. Cengiz, N., Şemşit, S. ve Uçar, A., (2017). Avrupa birliği akıllı kent uygulamaları ve Türkiye’deki yansımaları. **Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Birimler Fakültesi Dergisi**, **22** (15):1785-1798.
2. Sınmaz S., (2013). Yeni gelişen planlama yaklaşımları çerçevesinde akıllı yerleşme kavramı ve temel ilkeleri. **MEGARON**, **8**(2): 76-86.
3. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Akıllı şehirler stratejisi ve eylem planı. (Web Sayfası:https://www.akillikent.gov.tr/wpcontent/uploads/2018/11/AKILLIKENTLER-SEP-Surum01_Bakanlik.pdf), (Erişim Tarihi: 14.12.2018).
4. Xsights, Akıllı kentler masa başı çalışması. (Web Sayfası: <http://www.akillisehirler.org/wp-content/uploads/2016/08/Xsights-AkıllıKentler-Masa-Bası-Çalışması.pdf>). (Erişim Tarihi: 14. 08. 2017).
5. Gruen, A., (2013) Smart cities: the need for spatial intelligence., **Geospatial**, **16**(1): 3-6.
6. Bilgi toplumu stratejisi, Bilgi ve iletişim teknolojileri destekli yenilikçi çözümler eksenli küresel eğilimler ve ülke incelemeleri raporu. (Web Sayfası: http://www.bilgitoplumustratejisi.org/tr/node/kuresel_egilimler_ve_ulke_incelemeleri_raporu). (Erişim Tarihi: 03. 04. 2018).
7. Geospatial World, GIS brings out the best in Smart Cities. (Web Sayfası: <https://www.geospatialworld.net/blogs/gis-smart-cities-go-together/>). (Erişim Tarihi: 12.11.2018).
8. Roche, S., (2014) Geographic information science I: why does a smart city need to be spatially enabled?, *Progress in Human Geography*, s. 1-9.
9. Fortune Turkey. Yol açın akıllı şehirler geliyor. (Web Sayfası: <http://www.fortuneturkey.com/yol-acin-akilli-sehirler-geliyor-45878>). (Erişim Tarihi: 03. 03. 2019).
10. Nişancı, R., Özçelik, A. E. ve Yıldırım, V. Rüzgar enerjisi üretim alanlarının coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi: Trabzon ili örneği, 213-220., *III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu Bildiriler kitabı*, 11 – 13 Ekim 2010 Gebze – kocaali

11. İstanbul büyükşehir belediyesi, Akıllı şehir uygulamaları. **TECH İstanbul Dergisi**. Kasım 2018. Sayı:12.
12. Deloitte-Vodafone. Akıllı şehir yol haritası. (Web Sayfası: <https://www.sehirsizin.com/Documents/Deloitte-Vodafone-AkilliSehirYolHaritasi.pdf>.) (Erişim Tarihi: 14.08.2017)
13. T.C. Çevre ve Şehircilik bakanlığı, Akıllı Şehirler Dergisi. (2018). Sayı:1.
14. Akıllı Şehirler İTÜ vakfı dergi. Web Sayfası: (http://www.itu.edu.tr/docs/defaultsource/DuyuruEkleri/itu_vakf%C4%B1_dergisi_sayi_77.pdf?sfvrsn=2.) (Erişim Tarihi: 15.09.2018)
15. Ulusoy, M. ,2017. Akıllı Şehirler, İstanbul Bilgi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi,. İstanbul s.s.150.
16. Aydın, S. Z. ve Kaygısız, Ü., 2017, Yönetişimde yeni bir ufuk olarak akıllı kentler. **Mehmet Akif Ersoy Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 9:(18):56-81.
17. Çelikyay, H. H. Teknoloji girdabından akıllı şehre dönüşüm: İstanbul örneği. *II. Türkiye Lisansüstü Çalışmaları Kongresi - Bildiriler Kitabı V.* s. 1315-1328. Bursa 2013.
18. Alkan, T., 2015, Akıllı kentler ya da 21. yüzyıl şehirleri. **Türkiye Bilişim Dergisi**, 182:71-76.
19. Definition of a smart city. Web Sayfası: (<https://www.smartcircle.org/smartcity/blog/definition-of-a-smart-city/>). (Erişim Tarihi: 25.11.2018)
20. Smartnet. Shaping smarter and more sustainable cities. WebSayfası: (<https://smartnet.niua.org/sites/default/files/resources/t-tut-smartcity-2016-1-pdf-e.pdf>) (Erişim Tarihi: 25.11.2018)
21. Söylemez, A. 2018, Akıllı kentlerde atık yönetimi ve dünya'dan akıllı atık yönetimi üzerine örnekler. **Yasama Dergisi**, 37, 87-100.
22. Mapping Smart Cities in the EU. WebSayfası: ([http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/POL-ITRE_ET\(2014\)507480_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/POL-ITRE_ET(2014)507480_EN.pdf)). (Erişim Tarihi: 03.03.2019)

23. Economic and social council. Unece. WebSayfası: (http://www.unece.org/fileadmin/DAM/hlm/projects/SMART_CITIES/ECE_HBP_2015_4.pdf). (Erişim Tarihi: 03.03.2019)
24. Uraia., Smart cities council readiness guide. WebSayfası: (http://www.uraia.org/documents/132/2015-Smart_Cities_Council_-_Smart_City_Readiness_Guide_-_ENG_MFMT7ax.pdf). (Erişim Tarihi: 02.10.2018)
25. Smart-cities.eu., Smart cities ranking of European medium-sized cities. WebSayfası: (http://www.smart-cities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf). (Erişim Tarihi: 19.01.2019)
26. Çelik, R. N. ve Güney, C. Geomatik Mühendisliğinin Rekabet Gücü ve Endüstri 4.0. *16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 3-6 Mayıs 2017. Ankara
27. Gruen, A. Next generation smart cities- the role of geomatics. **ISPRS WG IV/2**. 2013. s. 25-41.
28. Coğrafi bilgi sistemleri genel müdürlüğü. INSPIRE direktifinin uygulanmasına yönelik yatay sektörde kapasite geliştirme için teknik destek projesi-eğitim kitabı. WebSayfası: (https://webdosya.csb.gov.tr/db/cbs/icerikler/inspire-booklet_v2-20180626135558.pdf). (Erişim Tarihi: 07.03.2019)
29. Yomralıoğlu, T., (2005), Coğrafi bilgi sistemi nedir? s. 45-148. Coğrafi Bilgi Sistemleri / Temel Kavramlar ve Uygulamalar. s.l. : Güven yayınevi, 2005
30. Kurt, T., Özdemir, İ. ve Töreay, G., (2010) Coğrafi Bilgi Sistemi ve Temel Kavramlar ArcGIS 10 Desktop Uygulama dökümanı., s. 1-17.
31. Daniel, S. ve Doran, M. GeoSmartCity: Geomatics contribution to the Smart City. A.. *Conference: 14th Annual International Conference on Digital Government Research: From e-Government to Smart Government*. s. 65-71. Kanada, 2013
32. GIS Lounge. How GIS support the planning and development of Smart Cities. WebSayfası: (<https://www.gislounge.com/how-gis-supports-the-planning-and-development-of-smart-cities/>). (Erişim Tarihi: 07.10.2018)
33. Tao, W. 2013, Interdisciplinary urban GIS for smart cities: advancements and opportunities. **Geo-spatial Information Science**, 16:(1): 25-34.

34. Kumar, V. T.M., 2014, Geographic information system for smart cities. New Delhi: Copal Publishing Group, Bölüm 1, s. 12-17.
35. Jain, K. ve Tiwari, A., 2014, GIS Steering Smart Future For Smart Indian City **International Journal of scientific and research publications**, 4(8):1-5.
36. Batuk, F. ve Öztürk, D., 2010, Konumsal karar verme problemlerinde analitik hiyerarşi yönteminin kullanılması. **Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi**, 28:124-137.
37. Yaraloğlu, K., 2001, Performans değerlendirmede analitik hiyerarşi proses. **Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 16: (1):129-142.
38. Baltalar, H. Analitik hiyerarşi süreci ve kullanımı. Web Sayfası: (<http://www.hasanbaltalar.com/index.php?id=43>) (Erişim Tarihi: 27.01.2019)
39. Haliloğlu, M. ve Odabaş, M. S. 2018, Çok ölçütlü karar vermede ahp yöntemi. **Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi**, 2:(2):13-18.
40. Erden T. 2009. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Analitik Hiyerarşi Yöntemi'ne Dayalı İtfaiye İstasyon Yer Seçimi: İstanbul Örneği Doktora Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul Türkiye
41. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı. Web Sayfası: (<http://www.kayserikultur.gov.tr/TR-54966/cografi-yapi.html>). (Erişim Tarihi: 05.02.2019)
42. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013 Temiz hava eylem planı raporu. İl hakkında genel bilgi. ss:96.
43. Akıncı, H. ve Demirarslan, K. O. Site Selection of Solid Waste Landfill Using Geographical Information System: A Case Study for Artvin City Center. *International Symposium on GIS Applications in Geography and Geosciences (ISGGG 2017)*. s. 588-598. Çanakkale 2017.
44. Gökçe, G. F., et al. 2015Katı atık düzenli depolama sahalarının ve vahşi depolama alanlarının ıslahı ve bitkilendirilmesi. **Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi**, 3:(1):258-271.

45. Çay, T. ve ark. Katı atık deponi alanlarının yer seçiminde coğrafi bilgi sistemleri (CBS) uygulaması. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası. Trabzon: 30 ekim-02 kasım 2007.
46. Kayseri Büyükşehir Belediyesi, smart city Kayseri. Web Sayfası: (<https://www.smartcitykayseri.com/>).(Erişim Tarihi: 01.03.2019)
47. Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik. T. C. Resmi Gazete, 27533, 26 Mart 2010.
48. Sarptas H., Alpaslan N. and Dolgen D., (2005): Gıs-Supported Solid Waste Management In Coastal Areas. **Water Science & Technology**, 51:(11):213-220, IWA Publishing.
49. Kaymaz, Ç. K. ve Özşahin, E., 2013, Rüzgâr Enerji Santrallerinin (Res) Yapım Yeri Seçimi Üzerine Bir Cbs Analizi: Hatay Örneği. **Türk Bilim Araştırma Vakfı Bilim Dergisi**, 6:(2):1-18.
50. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Kayseri İli Rüzgâr Kaynak Bilgileri. Web Sayfası: (<http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/KAYSERI-REPA.pdf>).(Erişim Tarihi: 28.02.2019)
51. Bennui, A., et al. "Site Selection For Large Wind Turbine Using GIS" PSU-UNS *International Conference on Engineering and Environment - ICEE-*. 2007, Phuket May 10-11, 2007, s.: 90-112, Prince of Songkla University, Faculty of Engineering, Hat Yai,.
52. Güçlü, E. 2016 Van Kent İçi Ulaşımında Akıllı Kavşak Yönetimi İçin Bir Planlama Çalışması. Yüksek lisans tezi. Bahçeşehir üniversitesi. İstanbul s. 84.
53. İsbak., Trafik sinyalizasyon sistemleri. Web Sayfası: (<http://www.shop.isbak.com.tr>).(Erişim Tarihi: 11.03.2019)
54. ISSD., Dinamik Kavşak kontrol sistemi. Web Sayfası: (<http://www.issd.com.tr/tr/17621/Dinamik-Kavsak-Kontrol-Sistemi-CHAOS>). (Erişim Tarihi: 02.03.2019)

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Tuğrul URFALI
Uyruğu: Türkiye (T.C)
Doğum Tarihi ve Yeri: 29.10.1992 - Kayseri
e-mail: tugrulurfali@gmail.com
Yazışma Adresi: Alpaslan Mah. Mustafa Şimşek Bul. No:111/6
Melikgazi/KAYSERİ

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi, Harita Mühendisliği	2019
Lisans	Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği	2015
Lise	Sami Yangın Anadolu Lisesi, Kayseri	2011

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2016-Halen	Kayseri Büyükşehir Belediyesi	Harita Mühendisi
2015-2016	Eloğlu Harita	Harita Mühendisi

YABANCI DİL

İngilizce