



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



**ALAN KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMİNE
DAYALI PEYZAJ EKOLOJİK RİSK
DEĞERLENDİRMESİ:
GEDİZ ANAKOL ALT HAVZASI ÖRNEĞİ**

Yüksek Lisans Tezi

Diba ŞENAY

Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

İzmir
2023

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**ALAN KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMİNE
DAYALI PEYZAJ EKOLOJİK RİSK
DEĞERLENDİRMESİ:
GEDİZ ANAKOL ALT HAVZASI ÖRNEĞİ**

Diba ŞENAY

Danışman : Prof. Dr. Engin NURLU

Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı
Peyzaj Mimarlığı Yüksek Lisans Programı

İzmir
2023





EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI**

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**Alan Kullanım/Arazi Örtüsü Değişimine Dayalı Peyzaj Ekolojik Risk Değerlendirmesi: Gediz Anakol Alt Havzası Örneği**” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

20/07/2023

Diba ŞENAY



ÖZET**ALAN KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMİNE DAYALI PEYZAJ
EKOLOJİK RİSK DEĞERLENDİRMESİ: GEDİZ ANAKOL ALT
HAVZASI ÖRNEĞİ**

ŞENAY, Diba

Yüksek Lisans Tezi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Engin NURLU

Temmuz 2023, 118 sayfa

Bu çalışma, Gediz Anakol Alt Havzası'nda 1992 ve 2022 yılları arasında meydana gelen alan kullanım/arazi örtüsü (AK/AÖ) değişimlerinin, peyzaj ekolojik risk (PER) üzerindeki etkilerinin saptanması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın yöntemi veri setinin hazırlanması, peyzaj ekolojik risk değerlendirmesi ve mekansal istatistiksel analizler olmak üzere üç aşamalı olarak kurgulanmıştır. 1992 ve 2022 yıllarına ait uydu görüntüleri piksel tabanlı kontrollü sınıflandırma yöntemi ile sınıflandırılarak yıllara ait AK/AÖ haritaları elde edilmiş, sınıflandırma sonrası karşılaştırma yaklaşımı ile meydana gelen değişimler saptanmıştır. AK/AÖ değişimine dayalı PER değerlerinin elde edilmesinde, yapılan hesaplamaların doğruluğunu ve mekansal görsel ifadesini arttırmak için çalışma alanı hücre tabanlı haritalama yaklaşımı ile 302 risk değerlendirme birimine bölünmüştür. PER değerlerinin elde edilmesinde peyzaj parçalanma, peyzaj izolasyon, peyzaj baskınlık, peyzaj bozulma, ekolojik kırılganlık, peyzaj kayıp ve peyzaj ekolojik risk indeksleri olmak üzere yedi farklı peyzaj desen indeksi, her bir risk değerlendirme birimi için hesaplanmıştır. Tüm risk değerlendirme birimi için elde edilen PER değerlerinin, çalışma alanı içinde birbirleriyle olan ilişkisinin saptanması amacıyla gerçekleştirilen mekansal istatistiksel analizler sonucunda PER değerlerinin çalışma alanı bütününde pozitif korelasyon gösterdiği ve kümelenme eğiliminde oldukları tespit edilmiştir. Risk değerlendirme birimlerinin noktasal PER değerlerinin komşu birimler ile arasındaki kovaryans ve uzaklık bilgileri ile çalışma alanı bütününde mekansal dağılımının saptanmasına yönelik Kriging interpolasyonu uygulanmıştır. Elde edilen değerler doğal kırılım yöntemi kullanılarak çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olarak sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonrası karşılaştırma yaklaşımı ile 1992 ve 2022 yıllarına ait PER değerlerinin değişimleri saptanmıştır.

Sonuç olarak çalışma yılları içinde en fazla değişim %10,96'lık bir artışla PER değeri çok yüksek sınıfında, en az değişim ise %1,29 azalış ile PER değeri çok düşük sınıfında meydana geldiği saptanmıştır. Bu doğrultuda PER değerlerinin mekansal ve zamansal dinamiğinin, peyzaj yapı ve işlevi üzerindeki etkileri değerlendirilmiş, genel ve özel saptamalar ile havza ekosistemi yönetim ve planlama süreçlerine katkı sağlamak amacıyla sürdürülebilir arazi kullanımları için politika nerileri oluşturulmuştur.

Anahtar sözcükler: Alan kullanım/arazi örtüsü, peyzaj ekolojik risk değerlendirmesi, peyzaj desen indeksi, mekansal istatistiksel analiz



ABSTRACT**LANDSCAPE ECOLOGICAL RISK ASSESSMENT BASED ON LAND
USE/LAND COVER CHANGE: GEDIZ MAINSTREAM SUB-BASIN**

ŞENAY, DİBA

MSc in Landscape Architecture.

Supervisor: Prof. Dr. Engin NURLU

July 2023, 118 pages

This study was carried out to determine the effects of land use/land cover (LU/LC) changes that occurred between 1992 and 2022 in the Gediz Mainstream Sub-basin on landscape ecological risk (LER). The method of the study was designed in three stages, namely the preparation of the data set, landscape ecological risk assessment, and the spatial statistical analysis. Satellite images of 1992 and 2022 were classified by pixel-based controlled classification method and LU/LC maps of the years were obtained. The changes that occurred with the post-classification comparison approach were determined. The study area was divided into 302 risk assessment units with a cell-based analysis approach in order to increase the accuracy and spatial visual expression of the calculations in obtaining the LER values based on the LU/LC changes of the study years. In determining the LER values, seven different landscape pattern indices, namely landscape fragmentation, landscape isolation, landscape dominance, landscape degradation, ecological fragility, landscape loss and landscape ecological risk indices, were calculated for each risk assessment unit. As a result of the spatial statistical analyzes carried out to determine the relationship between the LER values obtained for whole risk assessment unit within the study area, it was determined that the LER values showed positive correlation throughout the study area and they tended to cluster. Kriging interpolation was applied to determine the spatial distribution of the point LER values of the risk assessment units with the neighboring units and the spatial distribution of the covariance and distance information. The obtained values were classified as very low, low, medium, high and very high using the natural breaks method. With the post-classification comparison approach, the changes in the PER values for the years 1992 and 2022 were determined.

As a result, it was determined that the highest change occurred in the very high risk class with an increase of 10.96%, and the least change occurred in the very low risk class with a decrease of 1.29%. In this direction, the effects of the spatial and temporal dynamics of landscape ecological risk on landscape structure and function were evaluated, and recommendations for policy insights for sustainable land uses were developed in order to contribute to the management and planning processes of the basin ecosystem with general and specific determinations.

Keywords: Land use/land cover, landscape ecological risk assessment, landscape pattern index, spatial statistical analysis



ÖNSÖZ

Peyzajlar, doğal ve antropojenik etkenlere bağlı olarak sürekli değişime uğrayan dinamik bir yapıya sahiptir. Bu değişim süreci, gözle görülür bir şekilde işlemese de uzun vadede geri dönüşü olmayan ekolojik tahribata yol açabilmektedir. Bu kapsamda peyzajda zaman içinde meydana gelen değişimin incelenmesi için kullanılan alan kullanım/arazi örtüsü haritaları, peyzajdaki ekolojik risk koşullarının değerlendirilmesinde önemli bir göstergedir.

Peyzaj üzerinde özellikle sanayi devrimi ile artan antropojenik faaliyetlerin izlenmesi, peyzajın mekansal desenleri ve ekolojik süreçlerinin risk kaynakları ile ilişkisinin nicel olarak yansıtıldığı peyzaj ekolojik risk kavramını ön plana çıkarmıştır. Peyzaj ekolojik risk değerlendirmesi, peyzaj desenlerinin mekansal dağılımı ve kombinasyonunu kullanarak peyzajın yapısı ve işlevi üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği peyzaj desen indeksleri ile ölçülmekte, ekosistem sağlığının bir göstergesi olarak nitelendirilmektedir.

Çalışmanın amacı, Gediz Anakol Alt Havzası'nın 1992 ve 2022 yılları arasında meydana gelen alan kullanım/arazi örtüsü değişimine dayalı peyzaj ekolojik riskinin analiz edilmesi ile mekansal ve zamansal dinamiğin, peyzajın yapı ve işlevi üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktır.

İZMİR

20/07/2023

Diba ŞENAY





Anneme...

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL ONAY SAYFASI.....	iii
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI.....	v
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	ix
ÖNSÖZ.....	xi
İÇİNDEKİLER	xiv
ŞEKİLLER DİZİNİ	xviii
TABLolar DİZİNİ	xxii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Çalışma Konusuna İlişkin Tanım ve Kavramlar	4
2.1.1. Peyzaj, Ekoloji ve Peyzaj Ekolojisi	4
2.1.2. Ekolojik Risk	12
2.1.3. Peyzaj Ekolojik Risk Değerlendirmesi	13
2.2. Çalışma Konusuna Yönelik Önceki Çalışmalar	15
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	21
3.1. Gereç	21

3.1.1. Çalışma Alanı	21
3.1.2 Veri Setleri ve Yazılımlar.....	24
3.2. Yöntem.....	26
3.2.1. Veri Setinin Hazırlanması	28
3.2.2. Peyzaj Ekolojik Riskin Hesaplanması.....	31
3.2.3. Mekansal İstatistiksel Analiz.....	35
4. BULGULAR.....	39
4.1. Alan Kullanım/Arazi Örtüsü Değişiminin Belirlenmesi.....	39
4.1.1. Alan Kullanım/Arazi Örtüsü Sınıfları ve Özellikleri	39
4.1.2. Doğruluk Analizi	42
4.1.3. Alan Kullanım/Arazi Örtüsü Değişim Analizi.....	43
4.2. Peyzaj Ekolojik Risk Değerlerinin Hesaplanması	45
4.2.1. Peyzaj parçalanma indeksi (C_i).....	47
4.2.2. Peyzaj izolasyon indeksi (N_i).....	53
4.2.3. Peyzaj baskınlık indeksi (D_i)	58
4.2.4. Peyzaj bozulma indeksi (S_i)	60
4.2.5. Ekolojik kırılganlık indeksi (F_i).....	64
4.2.6. Peyzaj kayıp indeksi (R_i).....	66
4.2.7. Peyzaj ekolojik risk (PER) indeksi.....	70

4.3. Mekansal İstatiksel Analiz	82
4.3.1. Mekansal Otokorelasyon Analizi	82
4.3.2. Jeoistatistiksel Analiz	86
4.4. 1992-2022 Yılları Arasında Peyzaj Ekolojik Risk Değişiminin Saptanması.....	89
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	93
KAYNAKLAR DİZİNİ	101
TEŞEKKÜR	119
ÖZGEÇMİŞ.....	120



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Peyzaj ekolojisinde leke-koridor-matris modeli	7
2.2: Leke bölünmesi ile iç habitat ilişkisi	7
2.3: Peyzaj mozaïği ile leke-koridor-matris modeli ilişkisi	8
2.4: Peyzaj değişim süreci.....	10
3.1: Gediz Anakol Alt Havzası'nın coğrafi konumu	22
3.2: Gediz Havzası'nın alt havzaları	23
3.3: Gediz Deltası koruma alan sınırları	24
3.4: Gediz Anakol Alt Havzası'nın 1992 ve 2022 yıllarına ait uydu görüntüleri ..	25
3.5: Gediz Anakol Alt Havzası meşcere haritası	26
3.6: Çalışma yöntemi akış şeması	27
3.7: a) Çıktı genelleştirme işlemi öncesi, b) Çıktı genelleştirme işlemi sonrası	29
4.1: Çalışma alanının 1992 yılına ait alan kullanım/arazi örtüsü haritası	40
4.2: 1992 yılı alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının alansal dağılımı	40
4.3: Çalışma alanının 2022 yılına ait alan kullanım/arazi örtüsü haritası	41
4.4: 2022 yılı alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının alansal dağılımı	41
4.5: Çalışma alanının 1992-2022 yılları arası alan kullanım/arazi örtüsü değişimi.....	45
4.6: 1992-2022 yıllarına ait alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarına ilişkin dönüşüm grafiği	45

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.7: Çalışma alanı peyzaj ekolojik risk değerlendirme birimleri.....	46
4.8: 1992 yılına ait peyzaj parçalanma indeksi haritası.....	48
4.9: 1992 yılı en yüksek ve en düşük peyzaj parçalanma değeri gösteren risk değerlendirme birimlerinin alan kullanım/arazi örtüsü haritası.....	49
4.10: 2022 yılına ait peyzaj parçalanma indeksi haritası.....	51
4.11: 2022 yılı en yüksek ve en düşük peyzaj parçalanma değeri gösteren risk değerlendirme birimlerinin alan kullanım/arazi örtüsü haritası.....	52
4.12: 1992 yılına ait peyzaj izolasyon indeksi mekansal dağılımı	54
4.13: 1992 yılı en yüksek ve en düşük peyzaj izolasyon değeri gösteren risk değerlendirme birimlerinin alan kullanım/arazi örtüsü haritası.....	55
4.14: 2022 yılına ait peyzaj izolasyon indeksi haritası.....	56
4.15: 2022 yılı en yüksek ve en düşük peyzaj izolasyon değeri gösteren risk değerlendirme birimlerinin alan kullanım/arazi örtüsü haritası.....	57
4.16: 197 numaralı risk değerlendirme biriminin 1992 ve 2022 yılına ait alan kullanım/arazi örtüsü haritası	60
4.17: 1992 yılına ait peyzaj bozulma indeksi haritası.....	61
4.18: 2022 yılına ait peyzaj bozulma indeksi haritası.....	63
4.19: 1992 ve 2022 yıllarına ait ekolojik kırılganlık indeksi haritaları	65
4.20: 1992 yılına ait peyzaj kayıp indeksi haritası	66
4.21: 1992 yılı peyzaj kayıp indeksi çok yüksek ve çok düşük sınıflarına ait risk değerlendirme birimlerinin alan kullanım/arazi örtüsü haritası.....	67

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil

Sayfa

4.22: 2022 yılına ait peyzaj kayıp indeksi haritası.....	68
4.23: 2022 yılı en yüksek ve en düşük peyzaj kayıp indeksine sahip risk değerlendirme birimlerinin alan kullanım/arazi örtüsü haritası	70
4.24: 1992 yılına ait peyzaj ekolojik risk indeksi haritası.....	71
4.25: 1992 yılı en yüksek ve en düşük peyzaj ekolojik risk indeksine sahip risk değerlendirme birimlerinin alan kullanım/arazi örtüsü haritası	72
4.26: 2022 yılına ait peyzaj ekolojik risk indeksi haritası.....	74
4.27: 2022 yılı en yüksek ve en düşük peyzaj ekolojik risk indeksine sahip risk değerlendirme birimlerinin alan kullanım/arazi örtüsü haritası	76
4.28: 164 numaralı risk değerlendirme biriminin 1992 ve 2022 yıllarına ait AK/AÖ haritası.....	79
4.29: 163 numaralı risk değerlendirme biriminin 1992 ve 2022 yıllarına ait alan kullanım/arazi örtüsü haritası.....	82
4.30: 1992 yılı peyzaj ekolojik risk değerlerinin yerel mekansal otokorelasyonu.	85
4.31: 2022 yılı peyzaj ekolojik risk değerlerinin yerel mekansal otokorelasyonu.	86
4.32: 1992 yılına ait peyzaj ekolojik risk haritası	87
4.33: 2022 yılına ait peyzaj ekolojik risk haritası	89
4.34: 1992-2022 yılları arası peyzaj ekolojik risk değişim grafiği	90
4.35: Çalışma alanının 1992-2022 yılları arası peyzaj ekolojik risk değişim haritası.....	92

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)ŞekilSayfa

4.36: 1992-2022 yıllarına ait peyzaj ekolojik risk sınıflarına ilişkin dönüşüm grafiği.....	92
---	----



TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
3.1: Yerel Mekansal Otokorelasyon sonuçlarının sınıflandırma tanımları	37
4.1: 1992 yılı alan kullanım/arazi örtüsü sınıflandırması doğruluk analizi sonucu	42
4.2: 2022 yılı alan kullanım/arazi örtüsü sınıflandırması doğruluk analizi sonucu	43
4.3: 1992-2022 yıllarına ait alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının alansal değişimi	43
4.4: 1992 yılına ait en yüksek parçalanma değerine sahip risk değerlendirme birimi (197) alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj parçalanma indeks değerleri	50
4.5: Tek alan kullanım/arazi örtüsü sınıfının hâkim olduğu risk değerlendirme birimine ait peyzaj parçalanma indeks değeri	50
4.6: 2022 yılına ait en yüksek parçalanma değerine sahip risk değerlendirme birimi (184) alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj parçalanma indeks değerleri	53
4.7: 1992 yılına ait en yüksek parçalanma değerine sahip risk değerlendirme birimi (197) alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj izolasyon indeks değerleri ...	55
4.8: 2022 yılına ait en yüksek parçalanma değerine sahip risk değerlendirme birimi (184) alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj izolasyon indeks değerleri ...	57
4.9: 1992 yılına ait 197 numaralı risk değerlendirme birimi alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj baskınlık indeks değerleri	59
4.10: 2022 yılına ait 197 numaralı risk değerlendirme birimi alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj baskınlık indeks değerleri	60
4.11: 1992 yılına ait en yüksek bozulma değerine sahip risk değerlendirme birimi (197) alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj bozulma indeks değerleri	62

TABLOLAR DİZİNİ (devam)

Tablo

Sayfa

4.12: 2022 yılına ait en yüksek bozulma değerine sahip risk değerlendirme birimi (184) alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj bozulma indeks değerleri	63
4.13: Alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının ekolojik kırılganlık değerleri.....	65
4.14: 1992 yılına ait en yüksek kayıp değerine sahip risk değerlendirme birimi (197) alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj kayıp indeks değerleri	68
4.15: 2022 yılına ait en yüksek kayıp değerine sahip risk değerlendirme birimi (184) alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj kayıp indeks değerleri	69
4.16: 1992 yılına ait en yüksek risk değeri gösteren risk değerlendirme birimindeki (289) alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj ekolojik risk indeks değerleri	73
4.17: 1992 yılı en düşük risk değeri gösteren risk değerlendirme birimindeki (155) alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj ekolojik risk indeks değerleri.....	73
4.18: 2022 yılına ait en yüksek risk değeri gösteren risk değerlendirme birimindeki (3) alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj ekolojik risk indeks değerleri ..	75
4.19: 2022 yılına ait en düşük risk değeri gösteren risk değerlendirme birimi (50) alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj ekolojik risk indeks değerleri.....	76
4.20: 1992-2022 yılları arasında düşük sınıftan çok düşük sınıfına dönüşüm gösteren risk değerlendirme biriminin (164) 1992 yılına ait alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj ekolojik risk indeks değerleri.....	77
4.21: 1992-2022 yılları arasında düşük risk sınıftan çok düşük risk sınıfına dönüşüm gösteren risk değerlendirme biriminin (164) 2022 yılına ait alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj ekolojik risk indeks değerleri	78
4.22: 1992-2022 yılları arasında yüksek risk sınıftan düşük risk sınıfına dönüşüm gösteren risk değerlendirme biriminin (163) 1992 yılına ait alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj ekolojik risk indeks değerleri	80

TABLOLAR DİZİNİ (devam)TabloSayfa

4.23: 1992-2022 yılları arasında yüksek risk sınıfından düşük risk sınıfına dönüşüm gösteren risk değerlendirme biriminin (163) 2022 yılına ait alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj ekolojik risk indeks değerleri.....81

4.24: 1992-2022 yıllarına ait peyzaj ekolojik risk değerlerinin küresel mekansal otokorelasyon analizi sonuçları.....83

4.25: 1992-2022 yıllarına ait peyzaj ekolojik risk sınıflarının alansal değişimi 90







SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

AK/AÖ	: Alan Kullanım /Arazi Örtüsü
UA	: Uzaktan Algılama
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
PER	: Peyzaj Ekolojik Risk
APS	: Avrupa Peyzaj Sözleşmesi
EPA	: Environmental Protection Agency (Çevre Koruma Örgütü)
NDVI	: Normalized Difference Vegetation Index (Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi)
GSYH	: Gayri Safı Yurtiçi Hasıla
ÖKA	: Önemli Kuş Alanı
ÖDA	: Önemli Doğa Alanı
TM	: Thematic Mapper
OLI	: Operational Land Imager
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli)
<i>Ri</i>	: Peyzaj Kayıp İndeksi
<i>Fi</i>	: Ekolojik Kırılganlık İndeksi
<i>Si</i>	: Peyzaj Bozulma İndeksi
<i>Ci</i>	: Peyzaj Parçalanma İndeksi
<i>Ni</i>	: Peyzaj İzolasyon İndeksi
<i>Di</i>	: Peyzaj Baskınlık İndeksi



1. GİRİŞ

Peyzajlar, doğal ve antropojenik etkenlere bağılı olarak değişime uğrayan dinamik bir yapıya sahiptir. Sanayi devrimiyle birlikte hızlanan ve son yıllarda iyice belirginleşen değişimlerin neden olduğu ekolojik ve çevresel etkiler büyük bir sorun olarak kabul edilmektedir (Ersoy Tonyaloğlu, 2019; Rehman et al., 2022; Wang and Wang, 2022). Peyzajların değişimi, farklı dış müdahaleler ile yerel, bölgesel ve küresel ölçekte birçok süreç dahilinde devam etmektedir (Erdoğan, 2012). Bu süreç gözle görülür bir şekilde işlemese de uzun vadede ciddi ve geri dönüşü olmayan ekolojik tahribata yol açabilmektedir.

Alan kullanım/arazi örtüsü (AK/AÖ) haritaları, peyzaj değişiminin incelenmesinde sıklıkla kullanılan en önemli peyzaj göstergelerinden biridir. AK/AÖ, insan ihtiyaçlarını desteklemek için çeşitli doğal kaynak ve ekosistem hizmetleri sağlasa da bu alanlardaki plansız olarak meydana gelen değişimler ekosistemler ve sürdürülebilir gelişmeler için risk oluşturmaktadır (Foley et al., 2005; Xie et al., 2020). Bu kapsamda, AK/AÖ haritalarının, uzaktan algılama (UA) ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) ortamında uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarından oluşan veri setleri kullanılarak değişim ve dönüşümlerinin izlenmesi, peyzajdaki ekolojik risk koşullarının değerlendirilmesinde önemlidir (Akın, 2007).

Ekolojik risk, doğal ve antropojenik nedenli çevresel değişikliklerin ekosisteme yansıttığı olumsuz etkilerini temsil etmekte ve bir ekosistemin baskı altında yapı ve işlevini sürdürme potansiyelini yansıtmaktadır (Renn, 2008; Depietri, 2020). Bu etki ve potansiyellerin, olasılıklarının tahmin edilmesi ve nicel olarak ortaya koyulabilmesi amacıyla ortaya çıkan ekolojik risk değerlendirmesi, ekosistemlerin korunması ve yönetiminin yanında ekosistem üzerindeki baskıların azaltılmasına yardımcı olabilecek prosedürlerin oluşturulmasında önemli bir rol oynamaktadır (Omar and Cabral, 2020; Liu et al., 2022). Son yıllarda özellikle antropojenik nedenli faaliyetlerin çevresel ve ekolojik etkilerinin saptanmasında AK/AÖ değişiminin izlenmesine dikkat

çekilmektedir (Laux et al., 2017; Kurtşan, 2019; Karaali, 2022). Bu doğrultuda, peyzajın mekansal desenleri ve ekolojik süreçlerinin risk kaynakları ile ilişkisinin nicel olarak yansıtıldığı peyzaj ekolojik risk (PER) değerlendirmesi kavramı ön plana çıkmaktadır. PER, antropojenik faaliyetlerin ekosistemler üzerindeki olumsuz etkilerinin olasılığını ve boyutunun değerlendirilmesinde AK/AÖ değişimlerine odaklanmaktadır.

Peyzaj desenlerinin mekansal dağılımı ve kombinasyonunu kullanarak çeşitli risk faktörlerinin peyzaj yapısı ve işlevi üzerindeki etkilerinin kümülatif bir şekilde değerlendirilmesini sağlayan peyzaj desen indeksleri, peyzaj ekolojik risk (PER) değerlendirmesinde kullanılan en yaygın yöntemdir (Fu, 2014). Ekosistem sağlığının bir göstergesi olan PER, peyzaj bozulması ve AK/AÖ sınıflarının ekolojik kırılganlık indekslerini değerlendirerek potansiyel peyzaj kayıplarını nicel olarak yansıtmaktadır (Cao et al., 2019; Ran et al., 2022).

PER değerlendirmesi, zaman içerisinde gelişen teorik altyapısı ve metodolojisi ile özellikle son yıllarda farklı bölgelerde hakkında kapsamlı çalışmalar yapıldığı bir kavramdır. Yapılan çalışmalar, genel olarak yoğun antropojenik faaliyetlerinden kaynaklanan ekolojik risklerin mekansal ve zamansal ilişkilerinin saptanmasını amaçlamaktadır (Xu et al., 2022). PER'in araştırma alanları ağırlıklı olarak maden alanları, nehir havzaları, kentler, dağlar ve tarım arazilerini içermektedir (Lin and Wang, 2023).

Çalışma, Gediz Havzası'nın alt havzalarından biri olan Gediz Anakol Alt Havzası'nda gerçekleştirilmiştir. Gediz Havzası geçmişten günümüze birçok medeniyete ev sahipliği yapmış, sahip olduğu doğal ve kültürel peyzaj özellikleri nedeniyle sürekli antropojenik baskılara maruz kalmıştır. Havzanın temel su kaynağı olan Gediz Nehri'nin drenaj alanını oluşturan Gediz Anakol Alt Havzası, belirgin AK/AÖ değişimi gösteren, başta delta olmak sulak alan ekosistemlerinin yanında dağ, orman ve kent ekosistemlerini bir arada içeren bir alandır. Bu çalışmada, ekolojik özellikleri arasındaki ilişkiler yönünden hassas bir dengeye sahip olan alanda, peyzaj ekolojik risk değerlendirmesi ile AK/AÖ değişiminin neden olduğu mekansal ve zamansal dinamiğin, peyzaj yapı ve işlevi üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda

Çalışma alanının 1992 ve 2022 yılları arasındaki peyzaj ekolojik risk değışimlerinin belirlenmesi ile havza ekosisteminin korunması kapsamında yapılacak yönetim ve planlama süreçlerine katkı sunulması, sürdürülebilir arazi kullanımı için politika önerilerinin oluşturulması ön görölmektedir.

Çalışma Giriş, Genel Bilgiler, Gereç ve Yöntem, Bulgular ile Tartışma ve Sonuç olmak üzere beş ana bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünde çalışma konusunun önemi ve amacına değinilmiştir. İkinci bölüm olan Genel Bilgiler, alışma konusuna ilişkin tanım ve kavramlar ile çalışma konusuna yönelik önceki çalışmalardan oluşmaktadır. Çalışma alanı ve çalışma kapsamında kullanılan materyaller ile çalışmanın üç aşamalı yöntem kurgusuna, Gereç ve Yöntem bölümü altında yer verilmiştir. Dördüncü bölüm olan Bulgular, alışma alanının 1992 ve 2022 yıllarına ait AK/AÖ sınıflandırmaları, doğruluk analizleri, AK/AÖ değışimleri, PER değerlerinin elde edilmesine yönelik peyzaj desen indeks hesaplamaları ve değerlerin mekansal istatistiksel analizler kapsamında mekansal otokorelasyon ve jeoistatistiksel analizlerini içermektedir. Tartışma ve Sonuç bölümünde ise, çalışma alanına dair elde edilen analiz sonuçlarına yönelik genel ve özel kapsamda öneriler geliştirilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Çalışma Konusuna İlişkin Tanım ve Kavramlar

2.1.1. Peyzaj, Ekoloji ve Peyzaj Ekolojisi

İlk kez 19. yüzyılın başlarında Alman coğrafyacı Alexander von Humboldt tarafından bir coğrafya terimi olarak ortaya atılan peyzaj “bir yeryüzü parçasının doğal ve kültürel özelliklerini içeren genel karakteri” şeklinde tanımlanmıştır (Nurlu, 2023). Geçmişten günümüze farklı görüş, düşünce ve meslek disiplinleri altında çok çeşitli tanımlamalara sahip olan peyzaj kavramı Rosenkranz (1850)’a göre hiyerarşik olarak doğada var olan tüm yerel sistemler; Neef (1967)’e göre ise yeryüzünün tekdüze bir yapı ve işlevsel bir desene sahip parçası olarak tanımlamış, peyzajı oluşturan elemanların görünüm, bileşen ve bunların mekansal konumları olduğunu ifade etmiştir (Bastian, 2001). Alman biyocoğrafyacı Troll (1971) peyzajı, “bir mekânın tamamı veya görülebilen bütünlüğü” bir diğer ifadeyle “yaşam ortamının mekansal ve görsel varlığı” olarak tanımlamıştır (Klink et al., 2002). Forman and Godron (1986) ise benzer biçimde tekrarlanan ve birbiriyle etkileşim içindeki ekosistemler kümesinden oluşan heterojen arazi olarak tanımlamıştır. Yapılan tanımlamaların ortak noktası, kendine özgü ekolojik karakteristiklere sahip heterojen arazi parçalarının, ekosistemlerden daha üst bir mekansal konumda bir araya gelerek oluşturduğu yeryüzü parçası olduğudur (Coşkun Hepcan, 2008). Fakat bu tanımlamaların dışında peyzaj sadece bir arazi parçası değil, aynı zamanda sosyal strüktürü etkileyen, McHarg (1976)’a göre yeryüzünün ekolojik, kültürel ve estetik olarak bütün bir kavramı; Eckbo’ya göre ise fiziksel olduğu kadar sosyal bir evdir (Kaplan, 2000; Altuntaş, 2017).

Avrupa Konseyi’nin Avrupa peyzajlarının doğal, kırsal, kentsel ve kent çevresi kapsamında korunması, yönetimi ve planlanmasının teşvik edilmesi amacıyla 2000 yılında Floransa’da imzaya açılan ve 2003 yılında Türkiye tarafından kabul edilen Avrupa Peyzaj Sözleşmesi (APS)’ne göre peyzaj “insanlar tarafından algılandığı şekliyle özellikle insan ve/veya doğal faktörlerin etkileşimi ve faaliyeti sonucu oluşan alanlar” olarak tanımlanmaktadır (Council

of Europe, 2023). Günümüzde ise APS'ye göre yapılan tanımlama geniş anlamda kabul görmektedir.

Ekoloji, canlıların birbirleriyle ve çevreleriyle olan dinamik etkileşimlerini inceleyen bilim dalıdır. Hipokrat, Aristo ve diğer Yunan filozoflar, bazı çalışmalarında ekoloji konularına yer vermelerine rağmen, literatürde ekoloji sözcüğünü ilk kez 1866 yılında Alman Biyolog Ernst Haeckel kullanmıştır. (Lawrance, 2003; Ulus, 2020). Eski Yunanca'da *oikos* (ev) ve *logos* (bilim, çalışma) sözcüklerinin birleşmesiyle oluşan ekoloji, biyotik ve abiyotik unsurları birbiriyle ilişkilendiren, doğanın yapısı ve işlevini fiziksel olduğu kadar sosyal boyutlarda araştıran bir bilim dalıdır (Şahin, 2018; Ulus, 2020).

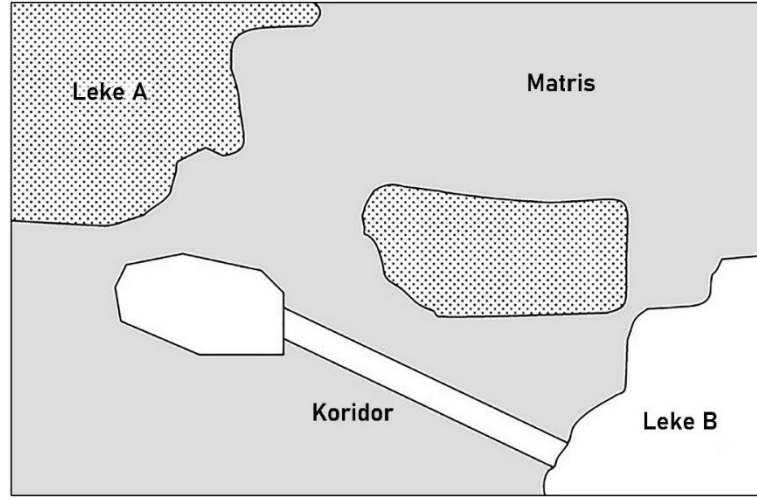
20. yüzyılın ikinci yarısında uydu teknolojisinin gelişmesiyle birlikte uzaktan algılama uygulamalarının önem kazanması ile insanlar, dünya üzerindeki doğal kaynakların kısıtlı olduğunun farkına varmıştır. Çevre konusunda küresel çaptaki bu bilinçlenme, insanların doğal işleyişin bir parçası olduğu fikrini uyandırmış, yapılan çalışmaların artması ve çeşitlenmesi ile ekoloji, ayrı bir bilim dalı olarak ortaya çıkmıştır (Odum and Barrett, 2008). Farklı disiplinler tarafından yapılan çeşitli çalışmalar, ekoloji bilimi altında birçok alt disiplinin oluşmasına sebep olmuştur (Deniz vd., 2006). Yaygın olarak benimsenen alt disiplinler ekosistem ekolojisi, popülasyon ekolojisi, canlı toplulukları ekolojisi, kentsel ekoloji ve peyzaj ekolojisidir (Barbault, 1995; Agrawal et al., 2007; Coşkun Hepcan, 2008; Hajghani and Ahmedi, 2015).

Peyzaj ekolojisi kavramı, ilk kez 1939 yılında Carl Troll tarafından, peyzajdaki çevresel koşullar ile canlı toplulukları arasındaki ilişkinin neden sonuç perspektifinde incelendiği çalışmasında kullanılmıştır (Forman, 1995; Turner et al., 2001). Troll'e göre peyzaj ekolojisi, bu neden sonuç ilişkisinin ele alındığı bir bilim dalıdır. Araştırmacının, Doğu Afrika alan kullanımlarının problemlerine dayalı çalışmasında, peyzajların mekansal boyutunun saptanmasında hava fotoğraflarını kullanması, peyzaj ekolojisinin gelişiminde önemli bir adım olarak kabul edilmektedir (Coşkun Hepcan, 2008). İlerleyen zamanda gelişen uzaktan algılama (UA) ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) yöntemlerinin mekansal verilerin toplanması, saklanması, analizi ve yönetimi

için kullanılmaya başlanması, peyzaj ekolojisi disiplindeki ilerlemeyi destekleyen en önemli etkenlerden biridir (Yiğit, 2018).

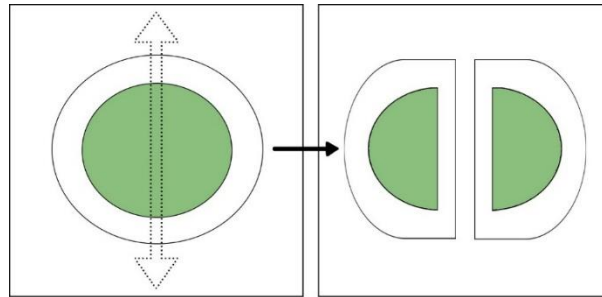
Zaman içerisinde peyzaj ekoloji kavramı, çok çeşitli çalışmalarda kullanılmış ve hakkında birçok tanım geliştirilmiştir. Risser et al. (1984)'e göre peyzaj ekolojisi, heterojen arazi parçalarının özelliklerinin incelenerek bu alanların yönetim ilkelerini belirlemede, toplumun yararını gözetten bir bilim dalı olarak tanımlanmaktadır. Wiens (1995)'e göre peyzaj ekolojisinin en önemli özelliği ekolojik süreçlerin mekansal konfigürasyonuna odaklanmasıdır (Uzun ve Yılmaz, 2003). Dramstadt et al. (1996), peyzaj ekolojisinin mekansal özelliğine dikkat çekerek peyzajlardaki konfigüratif düzen ve dağılımın ekolojik işleyiş üzerindeki etkilerine odaklanan bilim dalı olarak tanımlamaktadır. Leser (1997), peyzajdaki tüm işlevsel ve görünür elemanların birbirleri arasındaki ilişkinin peyzaj ekolojisi tarafından sorgulandığını ifade etmiştir (Karaali, 2022). Forman and Godron (1986) ise peyzaj ekolojisini, peyzajın yapı, işlev ve değişimlerine odaklanan bir bilim dalı olarak tanımlamıştır. Tüm bu tanımlamalardan yola çıkarak peyzaj ekolojisi, heterojen arazi parçaların ve birbiri ile etkileşimde bulunan ekosistemlerin çeşitli mekansal ve zamansal ölçeklerde yapı, işlev ve değişimleri arasındaki varyasyonun disiplinlerarası düzeyde araştırıldığı bir bilim dalı olarak tanımlanabilmekte (IALE, 2023) ve kavram, peyzajın üç karakteristik özelliğine odaklanmaktadır (Forman and Godron, 1986).

Peyzaj yapısı, birbirinden farklı ekosistemler veya peyzaj elemanları arasındaki mekansal ilişkilerin tanımıdır ve McGarigal (1998)'a göre biyotik bolluk ile çeşitlilik ile yakın bir ilişkisi vardır (Leitao and Ahern, 2002). Forman (1995), peyzaj yapısını oluşturan elemanları tanıtmak için en uygun modelin leke, koridor ve matris modeli olduğunu ve peyzaj mozaikini oluşturan tüm yapısal elemanların bu üç sınıf altında toplandığını belirtmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Peyzaj ekolojisinde leke-koridor-matris modeli (Fishcer and Lindenmayer, 2007)

Lekeler, çevresine göre nispeten homojen ve doğrusal olmayan alanları temsil etmektedir. Tarım alanlarıyla çevrelenmiş bir yerleşim alanı ya da orman alanları ile çevrelenmiş bir sulak alan, lekeler örnek olarak verilebilir. Bir peyzaj matrisinde bulunan lekeler dinamiktir ve gerek boyut gerek sayı gerekse mekansal konumları açısından birbirlerinden farklılık gösterirken, belirli bir zaman içinde dış faktörler sebebiyle parçalanma ya da bölünme ile değişime uğrayarak farklılaşabilmektedir (Dramstadt et al., 1996). Bir lekenin herhangi bir nedenden dolayı parçalanarak veya bölünerek değişime uğraması, ekolojik süreçleri etkilediği gibi leke içinde bulunan habitatlardaki tür çeşitliliğini de etkilemektedir (Şekil 2.2).

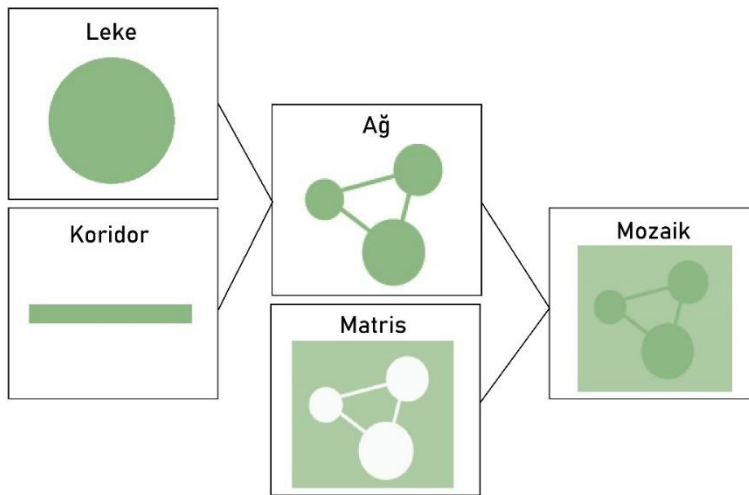


Şekil 2.2: Leke bölünmesi ile iç habitat ilişkisi (Dramstadt et al., 1996)

Koridor, iki ve daha fazla peyzaj lekesini birbirine bağlayan, içerik ve fiziksel yapı olarak çevresinden farklı, genellikle şerit formu alan kullanımlardır (Botequilha Leita et al., 2006). Bir koridorun içeriği, çevresindeki peyzaj

matrisinden farklı olduğu kadar, birbirine bağladığı peyzaj lekelerine benzerlik göstermektedir (Odum and Barrett, 2008). Lekeler arası bağlantılılığı sağlayan koridorlar, türler için yayılma, göç, beslenme ve yaşama için hareket alanı sağlarken, bazen de hareketlerini kısıtlayıcı etkilere sebep olmaktadır (Nurlu, 2023). Bir dere ve akarsu yatağı sucul karakterli doğal koridorlara; yollar da karasal karakterli yapay koridorlara örnek verilebilir. Koridorların hem lekeler hem de kendi aralarında gösterdiği bağlantılılık, bir peyzajın ekolojik sürekliliğinde ve peyzajdaki ağ yapının oluşturulmasında önemlidir (Kor, 2011).

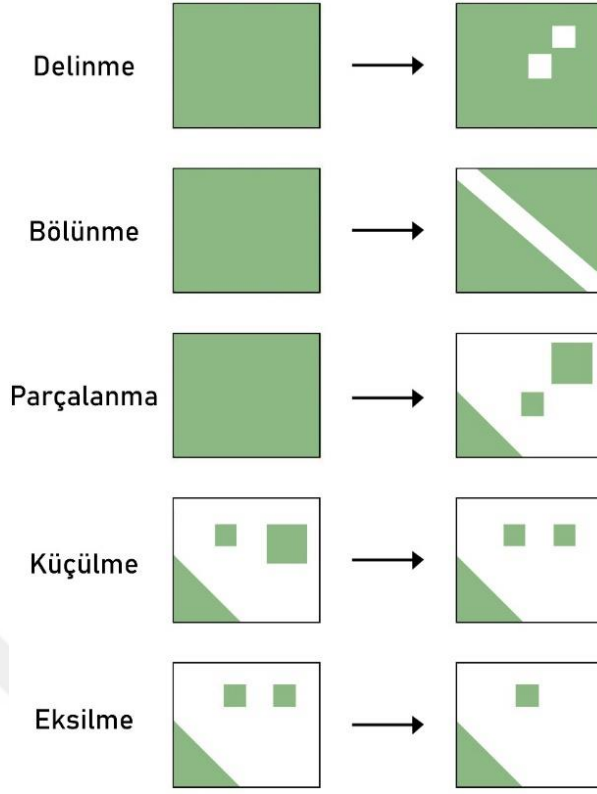
Doğal ve antropojenik yönetimli lekelerin karışımı olan peyzaj mozaiginde, en çok süreklilik gösteren ve tüm peyzaj elemanlarını barındıran egemen arazi örtüsü tipi, peyzaj matrisidir (Tağıl vd., 2016). Leke ve koridorları içererek peyzajın ana iskeletini oluşturan matris, peyzaj dinamiklerini kontrol altına alan arka plan ekosistemidir (Forman, 2013) ve içerdiği ekosistemler bakımından benzerlik göstermektedir (Odum and Barrett, 2008). Peyzaj matrisi ile bir peyzajda bulunan lekelerin ayırt edilmesinde en önemli değişken, boyuttur. Matris, alansal olarak daha büyüktür. Birden fazla sayıda ve kendi içinde nispeten homojen lekeler ile bu lekeler arası bağlantının sağlandığı farklı karakteristiklere sahip koridorlardan oluşmaktadır (Forman and Godron, 1986; Odum and Barrett, 2008). Peyzaj mozaigi ile leke, koridor ve matris model ilişkisi Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.3: Peyzaj mozaigi ile leke-koridor-matris modeli ilişkisi (Oldman Watershed Council, 2013)

Peyzaj işlevi, peyzaj mozağını oluşturan mekansal elemanların birbirleri ile olan etkileşimleri ve bu elemanlar arasındaki enerji, madde, tür ve insan dolaşımını ifade etmenin yanında, ekolojik süreçlerin işleminde de peyzaj ekolojisindeki ikinci karakteristik olarak ön plana çıkmaktadır (Forman, 1995; Botequilha Leitao et al., 2006). Peyzaj işlevi, peyzajın üretim, koruma ve düzenleme olmak üzere üç temel başlık altında insan gereksinimlerini karşılamaya yönelik sunduğu hizmetler olarak da ele alınmaktadır (Krönert et al., 2001). Peyzajın karakterini oluşturan özellikleri birbirleri ile dinamik bir etkileşim halindedir. Peyzaj yapısındaki değişim, peyzaj işlevini etkilerken, işlevi etkileyen değişim ise peyzaj yapısını etkilemektedir (Forman and Godron, 1986; Deniz vd., 2006). Bu sebeple peyzajı anlamak, onu oluşturan karakteristik özelliklerini bütüncül bir şekilde değerlendirmeyi gerektirmektedir.

Peyzaj değişimi, zaman içinde peyzajın yapısını oluşturan elemanlar arasında ve peyzajın işlevinde meydana gelen değişimler olarak tanımlanmaktadır. Peyzajlar, dinamik bir yapıya sahip olmalarından dolayı doğal ve antropojenik etkenlere bağlı olarak sürekli bir değişim halindedir. Antropojenik etkenlere bağlı olarak peyzaj yapısını oluşturan elemanlarda bölünme, parçalanma ya da kayıp şeklinde meydana gelen değişimler, sel ve yangın gibi doğal afetler nedeniyle meydana gelen değişimlerden daha etkilidir (Bürgi et al., 2005; Kurtşan ve Nurlu, 2020). Forman (1995)'a göre peyzaj yapısını oluşturan elemanlarda antropojenik etkenlere bağlı olarak meydana gelen değişimler beşe ayrılmıştır (Şekil 2.4). Bu aşamalar, değişimin bir süreci olarak tanımlansa da baskıların boyutuna bağlı olarak aynı anda gerçekleşebilmektedir (Antrop, 1998; Cushman et al., 2010; Lindenmayer and Fischer, 2013).



Şekil 2.4: Peyzaj değişim süreci (Botequilha Leitaó et al., 2006)

Delinme, peyzaj değişim sürecinin ilk aşamasıdır. Bir peyzajın, kendisinden farklı AK/AÖ sınıfına dönüştürülmesinden kaynaklanan direkt kayıplar nedeniyle, habitat kaybını ve parçalanmayı ifade eder. Delinmeyi, bölünme aşaması izlemektedir. Sürecin bu basamağında peyzaj, ortaya çıkan doğrusal peyzaj elemanları tarafından parçalanma ve habitat kaybına devam eder. Üçüncü aşama, parçalanmadır. Parçalanma, peyzajın fiziksel bağlantısının tamamen kesilerek ayrı lekeler bölünmesinden kaynaklanmaktadır. Küçülme aşaması, peyzajdaki parçalanmış lekelerin zaman içinde ya da farklı etmenler ile kademeli olarak azalmasını ve izolasyonunun artmasını; son aşama olan eksilme ise, küçülen peyzajların tamamen yok olmasını ifade etmektedir (Botequilha Leitaó et al., 2006; Cushman et al., 2010).

Tarihsel açıdan incelendiğinde, peyzaj değişimi üzerinde etkili olan dört büyük etmen bulunmaktadır. Birinci etmen, ekonomik kazanımlar doğrultusunda gelişim gösteren tarımsal faaliyetlerdir. Peyzajlardaki tarımsal alan kullanımlarının artması, kırsal bölgelerin oluşması, doğal alanların tarım

alanlarına dönüşmesi ile yaşam ortamı değişen türlerin göç etmesine neden olmuştur. İkinci etmen, doğal peyzaj kaynaklarının ve potansiyel alanların kullanılmaya başlandığı dönemi ifade etmektedir. Antropojenik etkenlerle orman alanlarının ormancılık faaliyetleri, suların ise enerji ve lojistik faaliyetler için kullanılması olarak örneklendirilebilir. Üçüncü etmen, sanayi devrimidir. Özellikle kırdan kente göç faaliyetlerinin arttığı, kentsel alanların nüfus artışıyla beraber yayılma gösterdiği ve buna paralel olarak ulaşım altyapısının sağlanması amacıyla yapay koridorların oluşturulduğu sanayi devrimi süresince, doğal kaynakların sömürüldüğü, fosil yakıtların yoğun kullanımı ile karbon emisyonunun arttığı görülmektedir. Dördüncü etmen ise bilim ve teknolojinin gelişimi ile doğal kaynakların yoğun kullanımıyla çevrenin olumsuz olarak etkilenmesini ifade etmektedir (Bastian et al., 2002; Emecen, 2015).

Peyzaj yapısındaki değişim, kimi zaman aynı anda ve sürekli iken kimi zaman da farklı hız ve büyüklüklerde meydana gelebilmektedir. Bu farklılık, peyzaj yapısının dirençliliği ve değişime sebep olan etmenin büyüklüğüne bağlıdır. Zaman içinde meydana gelen değişimler gözle görülemeyecek kadar yavaş ilerleyebildiği gibi, geri dönüşü mümkün olmayan tahribata neden olabilmektedir. Tahribat, her peyzajın normal bir parçası olsa da belirli zaman periyotlarında meydana gelen değişimlerin saptanması, peyzaj dinamiklerinin belirlenmesi ve bu doğrultuda planlama, yönetim ve koruma çalışmalarının yönlendirilmesinde en etkili yöntemdir (Botequilha Leita et al., 2006). Peyzaj değişiminin saptanmasına yönelik gerçekleştirilen çalışmalar, güncel ve doğru bilgi gereksinimini doğurmaktadır. Alan kullanım/arazi örtüsü (AK/AÖ) sınıflarının ve elemanlarının kompozisyon ve konfigürasyonlarındaki değişimin izlenmesi ve takibi, geleceğe yönelik planlama stratejilerinin belirlenmesinde önemlidir. Bu değişimlerin saptanmasında kullanılan zamansal ve mekansal veriler, UA ve CBS araçları yardımıyla elde edilen uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarıdır. Özellikle bu alanlardaki gelişmeler ile temini kolaylaşan uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları, peyzaj değişiminin belirlenmesine dayanan mekansal analizlerin gerçekleştirilmesinde büyük kolaylık sağlamaktadır (Deniz vd., 2006; Kurtşan ve Nurlu, 2020).

2.1.2. Ekolojik Risk

Bir zararın görülebilme olasılığı risk olarak tanımlanmaktadır. Zararın ortaya çıkma olasılığının yanında, etkilerinin büyüklüğü de bu tanımlamaya dahildir. Tehlike ise, zarar verme potansiyeli olan tüm olay ve olgular olarak ifade edilmektedir. Bu iki kavram arasındaki fark, bir tehlikenin risk fark edilmeden ortaya çıkabilmesinin aksine, bir riskin tehlikeye bağlı olarak hem tehlikeyi hem de bu tehlikenin ortaya çıkma potansiyelini içermesidir (Rowe, 1981). Riskin kapsamı, çevre bazlı ele alındığında insan sağlığının kimyasal kirleticilere maruz kalması sonucu ortaya çıkabilecek potansiyel olumsuz etkiler olarak tanımlanmaktadır. Fakat çevresel risk, kimyasal kirletici ve toksik madde temelli olduğundan, çevre ile bütünleşik ekosistemin genel işleyişindeki olumsuz etkilerin değerlendirilmesinde eksik kalmıştır. Bu kapsamda, ekolojik risk kavramı daha kapsamlı bir yaklaşım olarak görülerek çevresel sorunların konumsal, niteliksel ve niceliksel olarak, ekosistem yapısı ve işleyişi konusunda uzun vadede insan sağlığı üzerindeki potansiyel ve olası baskıları olarak tanımlanmıştır (Holmes et al., 1993; Erdmenger, 1998; Malekmohammadi and Blouchi, 2014). ABD Çevre Koruma Ajansı (United States Environmental Protection Agency – EPA) ekosistem yapısı ve işleyişi ile çevresel etmenleri daha bütüncül bir şekilde değerlendirerek ekolojik riski, insan tarafından çevreye salınan kimyasallar, AK/AÖ değişikliği, hastalık ve istilacı türler gibi çevresel stres etkenlerine maruz kalmanın sonucu, ekosistemlerin ve maruz kalan tüm canlıların bu sonuçlardan etkilenme olasılığı olarak tanımlamıştır (EEA, 2020; EPA; 2022). Bu sonuçların olasılık ve potansiyelinin belirlenmesi için elde edilen verilerin analizi ise, ekolojik risk değerlendirmesi olarak ifade edilmektedir.

EPA'nın ekolojik riskin değerlendirilmesindeki misyonu, antropojenik faktörlere bağlı çevresel stres etmenlerinin potansiyel etkilerini araştırmaktır. Bu kapsamda elde edilen bilgiler ile risk yöneticileri tarafından ekolojik stres etmenlerinin sınırlandırılması, riski azaltma ve ekosistemin iyileştirilmesi için politik izleme planlarının geliştirilmesi amaçlanmaktadır (EPA, 2022).

2.1.3. Peyzaj Ekolojik Risk Değerlendirmesi

Peyzaj sürdürülebilirliği, peyzaja özgü ekosistem hizmetlerinin sağlanma kapasitesini ifade etmektedir (Peng et al., 2015). Geçmişten günümüze, doğal ve antropojenik etkenlere bağlı olarak küresel ve yerel ölçekte meydana gelen olumsuz çevresel etkilerin araştırılmasında birçok çalışma yapılmıştır. Özellikle 20. yüzyılın sonundan 21. yüzyılın başlarına kadar ekolojik risk değerlendirmesi ile peyzaj ekolojisi arasında bağlantıya dikkat çekilmiştir. Ekolojik risk değerlendirmesinin, peyzaj sürdürülebilirliğini etkilemede peyzajın yapısı, işlevi ve değişimi kapsamında çok taraflı bir yaklaşıma duyulan gereksinim, peyzaj ekolojik risk (PER) değerlendirmesi kavramını gündeme getirmiştir (Liu et al., 2012; Ji et al., 2021).

Peyzajlar, farklı mekansal ve zamansal ölçeklerde işleyen doğal ve antropojenik etkenlerden etkilenmektedir. Bu nedenle ekolojik risk değerlendirmesinden farklı olarak PER değerlendirmesi, bu etkenlerin ekosistemde meydana getirdiği değişikliklerden kaynaklanan olumsuz sonuçları ve bu sonuçların ekosistem üzerindeki olası etkilerini mekansal ve zamansal olarak değerlendirmeyi amaçlamaktadır (Peng et al., 2015; Zhang et al., 2020; Ji et al., 2021).

AK/AÖ sınıflarının nitelik ve niceliklerindeki değişimler, peyzaj yapısı ve işlevi üzerinde doğrudan etkili olması sebebiyle sürdürülebilir kullanım hedeflerinin oluşturulmasında değerlendirilmesi gereken önemli araçlardan biridir. Çeşitli araştırmalar (Xie et al., 2013; Zhang et al., 2018; Tian et al., 2019; Jin et al., 2019; Liang et al., 2022; Liu et al., 2022), AK/AÖ değişimi ile PER arasında yakın bir ilişki olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla PER değerlendirmesi, ekolojik risk değerlendirmesinden farklı olarak AK/AÖ değişimlerinin ekosistemler üzerindeki etkilerine odaklanmaktadır (Wang et al., 2008; Wu, 2013). Peyzajda desen-süreç arasındaki ilişkinin araştırılmasında yeni bir bakış açısı sağlayan PER değerlendirmesi, ekolojik risk değerlendirmesinin önemli ve tamamlayıcı bir dalıdır (Ayre and Landis, 2012).

Peyzaj ekolojik risk (PER) değerlendirmesinin metodolojisi, kantitatif ekolojik risk çalışmalarının, peyzaj bozulması ile AK/AÖ sınıflarının ekolojik duyarlılıklarının, potansiyel ekolojik kayıp üzerindeki etkisine dayanmaktadır (Xu et al., 2022). Çalışma alanındaki AK/AÖ değişimlerini ele alan PER değerlendirmesi, ekolojik riskin peyzaj desen indeksleri aracılığıyla karakterize edilmesini sağlayan, ekosistem korunması kapsamında yapılacak yönetim ve planlama süreçlerine katkı sunmaya yarayan önemli bir araç olarak ifade edilmektedir (Ran et al., 2022).

PER değerleri, peyzaj kaynak-yutak dinamikleri (Lewis et al., 2021) ve peyzaj desen indekslerine dayalı olmak üzere iki temel yaklaşım ile saptanmaktadır. Kaynak-yutak dinamiklerine dayalı yaklaşım, tehdit altındaki bir bölgenin potansiyel risk kaynaklarını ve risk alıcılarını belirlemek için kullanılmaktadır (Xu et al., 2021). Belirgin ekolojik risk faktörlerine sahip çalışma alanları için uygun olan kaynak-yutak dinamiklerini baz alan bu yöntemde risk değerleri, maruz kalma-tepki, basınç-durum-tepki veya göreceli risk modelleri ile hesaplanmaktadır (Bian et al., 2023). Sun et al. (2015) tarafından Çin'in Shanxi Eyaleti'ndeki kömür madeninin neden olduğu ekolojik tahribata yönelik PER değerinin saptanması amacıyla yapılan çalışmada, kaynak-yutak yaklaşımından yararlanılmıştır. Yine Wu et al. (2021) tarafından Çin'de büyük ölçekli bir maden alanı olan Pingshuo alanında yapılan araştırmada da bu yaklaşım kullanılmıştır. PER değerlendirmesinde peyzaj desen indekslerine dayalı yaklaşım ise, peyzaj desenlerinin mekansal ve zamansal geri bildirim mekanizmasına dayanmaktadır (Li et al., 2020; Wang et al., 2022; Lan et al., 2023). Peyzaj bozulması ve ekolojik kırılganlık indekslerinin baz alınarak hesaplandığı potansiyel peyzaj kayıplarını, belirgin bir risk faktörü aranmaksızın tüm coğrafi alanlarda değerlendirmektedir. Peyzaj ekolojisi ilkelerine göre bu indeksler, ekolojik süreçler ile bağlantılı olduğu için ekosistemin dengesini gözettiği ifade edilmektedir (Bian et al., 2023; Lan et al., 2023).

2.2. Çalışma Konusuna Yönelik Önceki Çalışmalar

Xie et al. (2013), Çin'in Jiangi Eyaleti'nde Poyang Gölü ve çevresinde 1995-2005 yılları arasında kentsel alanlardaki değişimler için peyzaj ekolojik risk (PER) değerlendirilmesi gerçekleştirerek, risk yönetimine yönelik stratejiler geliştirmişlerdir. Bu kapsamda peyzaj bozulma ve AK/AÖ sınıflarının ekolojik kırılganlık indekslerinden yararlanmışlardır. Sonuç olarak çalışma alanında 1995'ten 2005'e PER değerlerinin artarak eko-çevre kalitesinin düşme eğiliminde olduğu saptanmıştır. Özellikle yoğun kentleşme gösteren alanlarda yüksek PER'in önlenmesine yönelik, kentleşme sürecinde peyzaj kaynaklarının daha makul kullanılması ve ekolojik çevrenin korunması gerektiği önerilmiştir. Bunun yanında tarımsal alanların peyzaj parçalanması üzerinde baskın rol oynadığı tespit edilerek sürdürülebilir tarım uygulamalarının teşvik edilmesi gerektiğine değinilmiştir.

Peng et al. (2015) tarafından Çin'deki madencilik faaliyetlerinden etkilenen Liaoyuan şehrinde gerçekleştirilen çalışmada, havza ölçeğinde peyzaj ekolojik riskin (PER) hesaplanması ve bu kapsamda madencilik şehirlerinde sürdürülebilir gelişime yön vermek amacıyla risk bölgelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, PER'in saptanmasında peyzaj desen indekslerinden yararlanılmış ve araştırmacılar, madencilik şehrindeki alan kullanım planlaması ve yönetiminde dikkate alınması gereken stratejilerin önemini vurgulamışlardır.

Fan et al. (2016), Zhang et al. (2018), Liu et al. (2022), Lan et al. (2023) ve Li et al. (2023) Çin'in farklı ilçelerini konu alan çalışmalarında, iki veya daha fazla yıla ait AK/AÖ verilerini kullanarak peyzaj ekolojik risk (PER) değerlendirmesi gerçekleştirmişlerdir. Peyzaj bozulma ve ekolojik kırılganlık indekslerinin hesaplandığı çalışmalarda, interpolasyon yönteminin yanında, mekansal otokorelasyonlar ile oluşturulan risk değerlendirme birimlerinin çalışma alanı bütününde holistik bir şekilde değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Kullanılan peyzaj desen indeksleri ile elde edilen peyzaj kayıp değeri sonucunda, çalışma yıllarına ait PER haritaları elde edilmiştir. Sonuç olarak yapılan çalışmalarda, alan kullanım planlaması ve yönetimi için ekosistem

tabanlı yaklaşımların belirlenmesi, sürdürülebilir tarım uygulamalarının teşvik edilmesi, kıyı ve sulak alanların etkili bir şekilde yönetilmesine yönelik ekolojik restorasyon önerileri geliştirilmiştir.

Mo et al. (2017), Yan et al. (2023) tarafından yapılan ve Çin'in farklı ilçelerini konu alan çalışmalarda, ulaşım ağı genişlemelerinin peyzaj ekolojik risk (PER) üzerindeki etkilerinin ortaya koyulması amaçlanmış ve yolların genişlemesiyle meydana gelen AK/AÖ değişimine dayalı bir risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Mo et al. (2017) belirledikleri çalışma yıllarında genişleyen ulaşım ağlarının çekirdek bölgeleri ile AK/AÖ değişimine dayalı elde edilen PER değerleri arasında korelasyon ilişkisi kurmuşlardır. Yan et al. (2023) ise belirledikleri çalışma yılları içinde ulaşım ağının peyzaj yapısı değişikliği üzerindeki etkisini saptamışlardır. Sonuç olarak kentsel yayılmaya paralel olarak yol ağı genişlemelerinin, peyzaj parçalanmasına ve doğal ekosistem tahribatına neden olarak bölgedeki PER değerini arttırdığı saptanmıştır. Araştırmacılar, yol ağı genişlemesinde yükselen PER değerlerinin yönetimine rehberlik sağlamak amacıyla ekosistem tabanlı yaklaşımların benimsenmesi, yeşil kuşak ve/veya ekolojik koridorların oluşturulması, alternatif ulaşım sistemlerinin teşvik edilmesi kapsamında sürdürülebilir ulaşım politikalarının uygulanması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Liu et al. (2018) Çin'in Jiangsu eyaletini, Zhang et al. (2020) Çin'in kıyı şeridini oluşturan 48 şehri ve Ju et al. (2021) ise Çin'in Shandong yarımadasını konu alan çalışmalarda, kıyı şeritlerindeki peyzaj ekolojik risklerin (PER) zamansal değişiminin saptanması ve bu doğrultuda yönetim stratejilerin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda, her çalışma için belirlenen iki veya daha fazla çalışma yılları içindeki PER değerleri peyzaj desen indeksleri ile analiz edilmiştir. Liu et al. (2018), çalışma alanındaki hâkim AK/AÖ sınıfını gelgit düzlükleri ve tarım alanları olarak belirlemiş, özellikle su ürünleri yetiştiriciliği faaliyetleri için gelgit düzlüklerinin tahribatının, çalışma alanındaki heterojenliği daha belirgin hale getirdiğini ifade etmiştir. Yüksek parçalanma değeri ve aynı zamanda yüksek ekolojik kırılganlığa sahip bu alanlar, PER değerlerinin çalışma yılları içinde artmasına sebep olmuştur. Zhang et al. (2020), çalışma alanındaki yüksek nüfus yoğunluğu ve hızlı kentleşmenin,

arazi kullanım yapısını büyük ölçüde değiştirerek bir dizi ekolojik ve çevresel soruna neden olduğunu öne sürmüş, yaptığı analizler sonucunda bu alanlardaki değişimin, PER'in tetiklenerek artmasına neden olduğunu belirtmiştir. Aynı zamanda değerlendirme birimlerinin risk derecelerine göre kümelenmelerini çeşitli mekansal istatistiksel analizler ile ortaya koyan araştırmacılar, PER'in mekansal olarak birbirleri ile etkileşime girme eğilimindeyken kümelenme potansiyellerinin azaldığını etmiştir. Bu da peyzajın zamanla heterojenleşen yapısının bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Ju et al. (2021) ise PER değerinin, ekolojik kırılganlıkları yüksek olarak değerlendirilen kullanılmayan arazi ve su kütlelerinin yoğun dağılımının olduğu alanlarda yüksek olduğunu saptamış, aynı zamanda riskin düzenliliğini tespit etmeye yönelik mekansal istatistiksel analizler gerçekleştirmiştir. Kümelenmenin, kompakt yerleşim alanı gibi yüksek direnç gösteren alanlarda yoğunlaştığı saptanmıştır. Sonuç olarak kıyı ekosistemlerindeki AK/AÖ değişimine dayalı PER değerlendirmelerinin, sürdürülebilir kıyı yönetimi için antropojenik etkenlerin, peyzaj yapısı ve işlevi üzerindeki potansiyel çevresel etkilerinin anlaşılmasında önemli olduğu, elde edilen sonuçların sulak alanların korunması ve sürdürülebilirliği için yönetim süreçlerine entegre edilebilecek bir altlık olarak hizmet ettiği ifade edilmektedir.

Tian et al. (2019) tarafından yapılan çalışmada, Çin'in Yongjiang Nehri Havzası'nın 1980-2015 yılları arasında AK/AÖ değişimine dayalı PER değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışma alanının risk değerlendirme birimlerine bölünmediği ve riskin, her bir AK/AÖ sınıfı üzerinden peyzaj desen indeksleri ile hesaplandığı, kentsel yerleşim alanlarının genişlemesiyle PER değerlerinin de o bölgelerde artış gösterdiği gözlemlenmiştir. Yerleşim alanlarının yayılmasının orman ve tarım alanlarının tahribatının arttığına sebep olduğu ifade edilmiş ve bu çalışmanın nehir havzasındaki AK/AÖ değişiklikleri ile PER arasındaki ilişkinin anlaşılması ve yönetimi için önemli olduğu vurgulanmıştır.

Bu zamana kadar yapılan çalışmaların, AK/AÖ değişimine güçlü bir şekilde yanıt veren ekolojik kırılgan alanlara ilişkin olarak kıyı bölgelerine, sulak alanlara ve tarım alanlarına yöneldiğini belirten Jin et al. (2019), yaptıkları çalışmada Tibetan Platosu'nu odak alarak Çin'in Delingha şehrini araştırmışlardır. Bu kapsamda çalışma alanının risk değerlendirme birimlerine

bölünerek farklı yıllardaki AK/AÖ değişimi ile PER değerleri arasındaki ilişkinin ölçülmesi amaçlanmıştır. PER'in hesaplanmasında peyzaj desen indekslerinden yararlanılmış, değerlendirme birimlerindeki risk değerlerinin çalışma alanı bütünü içindeki dağılımı jeostatistiksel analizler ile ortaya koyulmuştur. Çalışma alanındaki kentleşme faaliyetlerinin, tarım alanlarına doğru genişlemesi ve altyapı çalışmaları gibi antropojenik etkenlere bağlı değişikliklerin, platonun PER değerini arttırdığının saptandığı çalışmada, bölgedeki sürdürülebilir kentleşme ve ekosistemi korumaya yönelik stratejiler geliştirilmiştir.

Liu et al. (2020) tarafından yapılan çalışmada, AK/AÖ değişimine dayalı PER değeri, peyzaj desen indeksleri kullanılarak analiz edilmiştir. Çin'in Xiapu ilçesinde gerçekleştirilen çalışmada, yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü ile düşük çözünürlüklü uydu görüntülerinin AK/AÖ haritaları karşılaştırılarak, yüksek çözünürlüklü görüntünün kullanılmasının daha doğru sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada, birçok araştırmada uygulanan hücre tabanlı haritalamanın her risk değerlendirme birimi için nispeten eksiksiz bir ekolojik süreci sürdürmediği öne sürülmüştür. Bu nedenle çalışma alanı mikrohavzalara bölünerek değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar interpolasyon yöntemi ile mekansal olarak haritalandırılmış ve çalışma alanı bütününde mekansal otokorelasyon analizleri ile her bir risk değerlendirme biriminin, komşu birimlerdeki PER değerini nasıl etkilediği tespit edilmiştir. Sonuç olarak sürdürülebilir bölgesel alan kullanım ve ekosistem yönetimi için politikalar önerilmiş, bunun yanında ilerleyen çalışmalarda yaban hayatı popülasyon büyüklüğü, nüfus artış hızı, toprak erozyonu gibi bazı ekolojik göstergelerin, PER ile ilişkilendirilmesi ile peyzaj desenleri ve ekolojik süreçler arasındaki bağlantı ve entegrasyonun daha sağlıklı bir şekilde kurulabileceği belirtilmiştir.

Omar and Cabral (2020) ve Zhu et al. (2022) tarafından yapılan çalışmada, belirlenen çalışma yıllarına ait AK/AÖ değişimine dayalı PER hesaplanmıştır. Omar and Cabral (2020) tarafından Tanzanya'nın Zanzibar Adası'na ait risk değerlendirme birimlerinin oluşturulmasında, adanın idari sınırları referans alınmış; Zhu et al. (2022) ise Çin'in Chengdu-Chongqing Ekonomik Bölgesi hücre tabanlı haritalama yöntemiyle risk değerlendirme birimlerine

bölünmüştür. Araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda, geleceğe yönelik çeşitli kalkınma senaryoları kurgulayarak haritalandırmıştır. Sonuç olarak çalışma alanının mevcut eğilimi ile geleceğe yönelik farklı senaryolar altında üretilen haritaların, PER değerleri karşılaştırılarak çevre koruma politikalarının ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin desteklenmesi için önerilerde bulunulmuş, mevcut riskin azaltılması için ise en uygun AK/AÖ değişim senaryosunun belirlenmesi sağlanmıştır.

Liang et al. (2020) tarafından yapılan çalışmada, Çin'in Üç Boğaz Barajı Rezervuar Alanı'ndaki AK/AÖ değişimine dayalı PER hesaplaması yapılmıştır. Elde edilen PER değerleri, çalışma alanının yükseklik ve eğim haritaları ile üst üste bindirilerek değerlendirilmiştir. Bu kapsamda çalışma yıllarına ait 50-1000 m yükseklik bölgesindeki <25°'lik eğimli alanlarda tarım arazilerinin oluşum göstermeye başlamasıyla, PER değerinin düşüş gösterdiği saptanmıştır. Bunun yanında, PER değerlendirmesinin yalnızca AK/AÖ sınıflarının alansal büyüklükleri bazında değerlendirildiği, parçalanma derecesi gibi indekslere değinilmediği ifade edilmektedir. Sonuç olarak sürdürülebilir yönetim stratejilerinin geliştirilmesinde altlık olarak kullanılması öngörülen çalışmanın, gelecekte yapılacak olan araştırmalarda, barajın kültürel peyzaj, tür zenginliği ve diğer yönler üzerindeki etkilerinin değerlendirilerek geliştirilmesi gerektiği belirtilmektedir.

Karimian et al. (2022)'ın Çin'deki Dongjian Nehir Havzası'nı, Ai et al. (2022)'nin Çin'deki Haitan Adası'nı; Lin and Wang (2023)'in ise yine Çin'deki dağlık bir kentsel yerleşim alanı olan Guiyang kentini ele aldığı çalışmalarda, AK/AÖ değişimine dayalı PER değerleri ile bu değerleri etkileyen yönlendirici faktörlerin ortaya koyulması amaçlanmıştır. Yapılan çalışmalarda, belirlenen çalışma yılları içinde peyzaj yapısındaki değişimler, peyzaj desen indeksleri ile analiz edilerek PER değerleri elde edilmiştir. Çalışmalarda PER değerlerinin genellikle direnç kabiliyeti yoğun kentsel alanlarda yüksek olduğu saptanmıştır. Karimian et al. (2022) düşük risk değerine sahip alanların ise çoğunlukla engebeli orman alanları olduğunu belirtmiştir. Aynı zamanda çalışmada, havzanın risk değerlerinin yönlendirici faktörler ile analiz edilmesi sonucunda, insan faaliyetleri, AK/AÖ değişimleri, nüfus yoğunluğu, kentsel genişleme,

tarım uygulamaları, bitki örtüsü indeksi (NDVI) ve endüstriyel faaliyetlerin riskin artmasında önemli bir rol oynadığı tespit edilmiştir. Ai et al. (2022) tarafından, tarım ve orman alanlarına doğru genişleme gösteren yapay yüzeylerin, PER'in mekansal dağılımı üzerinde önemli ölçüde etkili olduğu, fakat yine de PER değerlerinin çalışma alanı üzerindeki genel tehdit düzeyinin azaldığı ve en düşük risk gösteren alanların kademeli olarak bölgede baskın risk sınıfı haline geldiği belirtilmiştir. Araştırmacılar, yaptıkları çalışmada ana yönlendirici faktörler olarak nüfus yoğunluğu ve kent merkezlerine uzaklığı değerlendirmiş, PER değerlerinin doğal çevresel değişimlerin yanında özellikle sosyoekonomik faaliyetlerden etkilendiğini saptamışlardır. Lin and Wang (2023) ise birincil yönlendirici faktörler olarak nüfus, nehirlere yakınlık, otoyollara yakınlık, GSYH (gayri safi yurt içi hasıla) ve yıllık yağış verilerini; ikincil olarak ise yükseklik, demiryollarına yakınlık, eğim ve yıllık sıcaklık verilerini kullanmıştır. Peyzaj yapısı kapsamında belirlenen yönlendirici faktörlerin, PER değerlerini etkilemesinin yanında sosyal faktörlerin risk değerleri üzerindeki etkisinin her geçen yıl arttığı tespit edilmiştir. Tüm bu çalışmalarda, yönlendirici faktörlerin belirlenmesinin etkili risk azaltma ve yönetim stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olacağı belirtilirken, mevcut durum için antropojenik faaliyetlerin en aza indirgenmesi ile PER'in nispeten iyileştirilebileceği öngörülmektedir.

Zhao et al. (2022) tarafından yapılan çalışmada Çin'in Urumqi kentinin PER değerlendirmesine dayalı olarak peyzaj ekolojik ağın inşası ve restorasyonu ele alınmıştır. Çalışmada, doğal yaşam alanlarının korunması, ekosistem bağlantılarının sağlanması ve biyoçeşitliliğin desteklenmesine yönelik ekolojik koridorlar ve yeşil kuşaklar gibi stratejilerin önerilmiştir. Bu kapsamda, ekolojik ağın kurgulanmasında gelecekteki AK/AÖ değişim eğilimleri belirlenmiş, bağlantı koridorları ise mevcut risk ile bu eğilimlerin üst üste bindirilmesiyle elde edilmiştir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

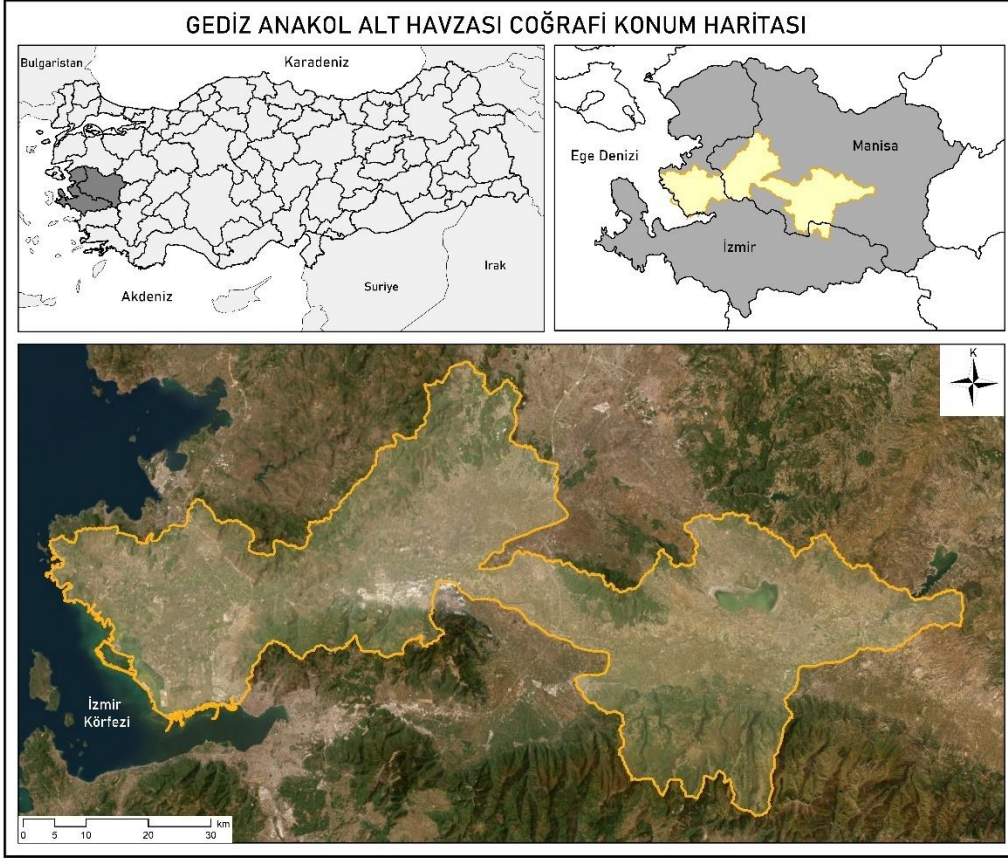
3.1. Gereç

Bu bölümde çalışma alanı ve çalışma kapsamında kullanılan veri setleri ile yazılımlar açıklanmıştır.

3.1.1. Çalışma Alanı

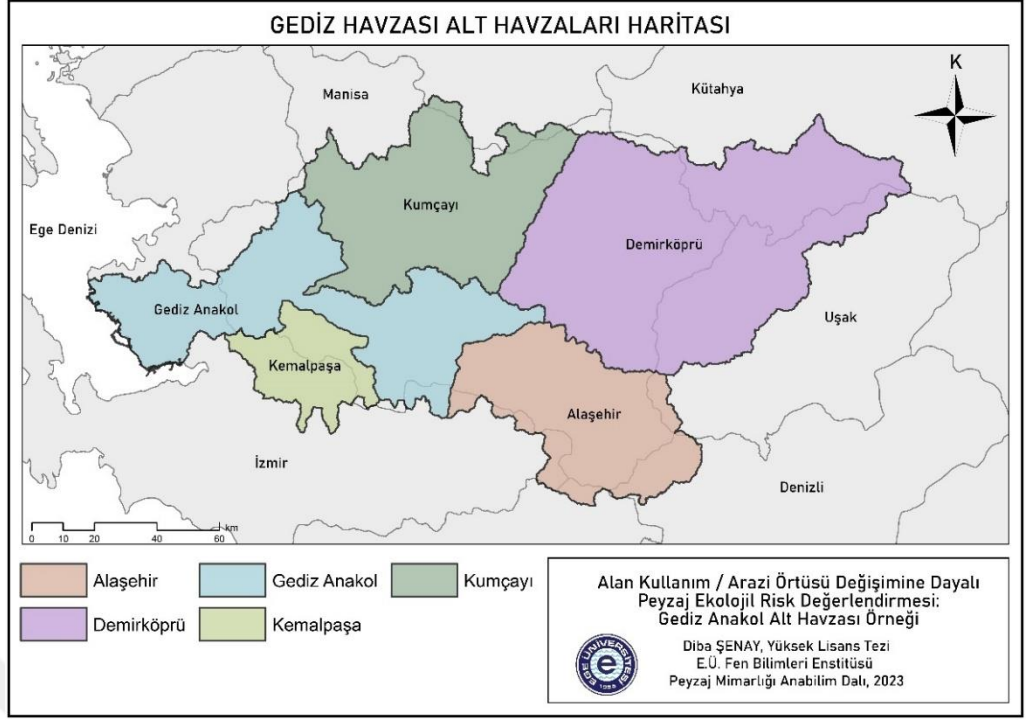
Tez çalışması kapsamında, çalışma alanı Gediz Anakol Alt Havzası olarak belirlenmiştir. Ege Bölgesi'nde $38^{\circ}18'$ - $38^{\circ}57'$ kuzey enlemleri, $26^{\circ}42'$ - $28^{\circ}24'$ doğu boylamları arasında toplam 3.590 km^2 alan kaplayan çalışma alanı, Gediz Havzası'nın temel su kaynağı olan Gediz Nehri'nin drenaj alanını oluşturmaktadır. Çalışma alanının 924 km^2 'si İzmir il sınırları içinde, 2.666 km^2 'si ise Manisa il sınırları içinde yer almaktadır. Çalışma alanının seçilmesinde, alanın 30 yıllık zaman süresince belirgin alan kullanım/arazi örtüsü (AK/AÖ) değişimi göstermesi ve başta delta olmak üzere göl ve nehir gibi sulak alan ekosistemlerinin yanında dağ, orman ve kent ekosistemlerini bir arada içeriyor olması rol oynamıştır. (Şekil 3.1).

Çalışma alanı, 17.034 km^2 yüzölçümü ile ülkemizin %2,2'sini kaplayan Gediz Havzası'nın bir alt havzasıdır. Gediz Havzası, Ege Denizi'ne dik uzanan Batı Anadolu Dağları arasında oluşum göstermekte; Kuzey Ege ile Susurluk havzalarının güney sınırı, Küçük Menderes havzasının ise kuzey sınırı arasındaki sahayı kaplamaktadır. Havza sınırları içinde İzmir, Manisa, Uşak ve Kütahya illeri bulunmaktadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018). Geçmişten günümüze birçok medeniyete ev sahipliği yapmış olan Gediz Havzası'nın kıyı kesiminin büyük bir bölümü, yerleşim alanları etkisinde kalmıştır. Sahip olduğu doğal ve kültürel peyzaj özellikleri sebebiyle, havza içinde antropojenik etkenlerin neden olduğu AK/AÖ değişimleri artarak kendini göstermeye devam etmektedir.



Şekil 3.1: Gediz Anakol Alt Havzası'nın coğrafi konumu

Bir havzanın sınırları, yükselti farkları, eğim dereceleri ve su toplama alanlarına göre belirlenmektedir. Havza içinde farklı topografik özellikler nedeniyle suyun hareketi farklılık gösterebilir. Bu nedenle havzalar, hidrolojik çalışmaların ve havza yönetiminin daha sağlıklı yürütülebilmesi için alt havzalara ayrılmaktadır. Gediz Havzası, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı (2018)'na ait Gediz Nehir Havzası Yönetim Planı ve Demir (2020) tarafından Üst, Sarıgöl-Alaşehir-Salihli, Turgutlu-Ahmetli, Gördes-Gölmarmara, Manisa-Saruhanlı, Kemalpaşa ve Menemen olmak üzere 7 alt havzaya; T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2015)'na ait Gediz Havzası Kirlilik Önleme Eylem Planı'na göre Yukarı Gediz, Gördes-Gürdük, Alaşehir Çayı ve Aşağı Gediz olmak üzere 4 alt havzaya ayrılmıştır. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı (2019)'na ait Gediz Havzası Kuraklık Yönetim Planı'na göre ve Devlet Su İşleri 2. Bölge Müdürlüğü Havza Yönetimi, İzleme ve Tahsisler Şube Müdürlüğü ile yapılan görüşmeler sonrası Gediz Havzası'nın Demirköprü Barajı, Alaşehir Çayı, Kemalpaşa (Nif) Çayı, Gediz Anakol ve Kum Çayı olmak üzere 5 alt havzaya ayrıldığı bilgisine ulaşılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Gediz Havzası'nın alt havzaları

Gediz Nehri, 275 km uzunluğa sahip olup, nehrin memba bölgesi Kütahya ilinde yer alan Gediz ilçesinin 26 km doğusundaki Murat Dağı'dır. Murat Dağı'ndan Murat Çayı adıyla doğan nehir, güzergahı boyunca Kocaçay, Demirci, Kum (Gördes), Alaşehir (Derbent) ve Kemalpaşa (Nif) dereleriyle birleşerek İzmir kent merkezinin 44 km batısında yer alan 380 km²'lik deltayı oluşturduktan sonra, Foça ilçesi ile Çamaltı Tuzlası arasındaki Gediz Deltası'ndan denize dökülmektedir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019).

Gediz Deltası, Gediz Nehri'nin taşıdığı alüvyonların birikmesiyle oluşan, Türkiye kıyılarındaki en büyük deltalardan biridir. Delta sınırları içinde tatlı ve tuzlu su bataklıkları, Çamaltı Tuzlası, Homa, Çilazmak, Kırdenez ve Taş olmak üzere dört dalyan bulunmaktadır. Aynı zamanda Çamaltı Tuzlası sınırları içinde bulunan İzmir Kuş Cenneti, Türkiye'de *Phoenicopterus roseus* (Flamingo) türünün ürediği iki alandan biridir ve nesli tehlike altında olan *Pelecanus cirspus* (Tepeli Pelikan) ile yaklaşık 289 kuş türüne ev sahipliği yapmaktadır (İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2022).

Ülkemizin 30.12.1993 tarihinde taraf olduğu (T.C. Resmî Gazete, 1994) “Özellikle Su Kuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanların Korunması Sözleşmesi” (Ramsar) ekolojik olarak önemli sulak alanların ve kaynaklarının korunması ile sürdürülebilir kullanımının amaçlandığı uluslararası bir sözleşmedir (Ramsar, 2023a). Gediz Deltası, sahip olduğu biyolojik çeşitliliği ve ekolojik önemi dolayısıyla 15.04.1998 tarihinde 945 referans numarasıyla Ramsar Alanı ilan edilerek koruma altına alınmıştır (Ramsar, 2023b). Delta, aynı zamanda Önemli Kuş Alanı (ÖKA) ve Önemli Doğa Alanı (ÖDA) statülerine sahiptir (Doğa Derneği, 2023). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Doğa Koruma ve Şube Müdürlüğü’nce Gediz Deltası’na ait sulak alan ve tampon bölge sınırı ile Ramsar Alanları Bilgi Servisi’nden (<https://rsis.ramsar.org/ris/945>) elde edilen Ramsar Alan sınırı Şekil 3.3’te verilmiştir.

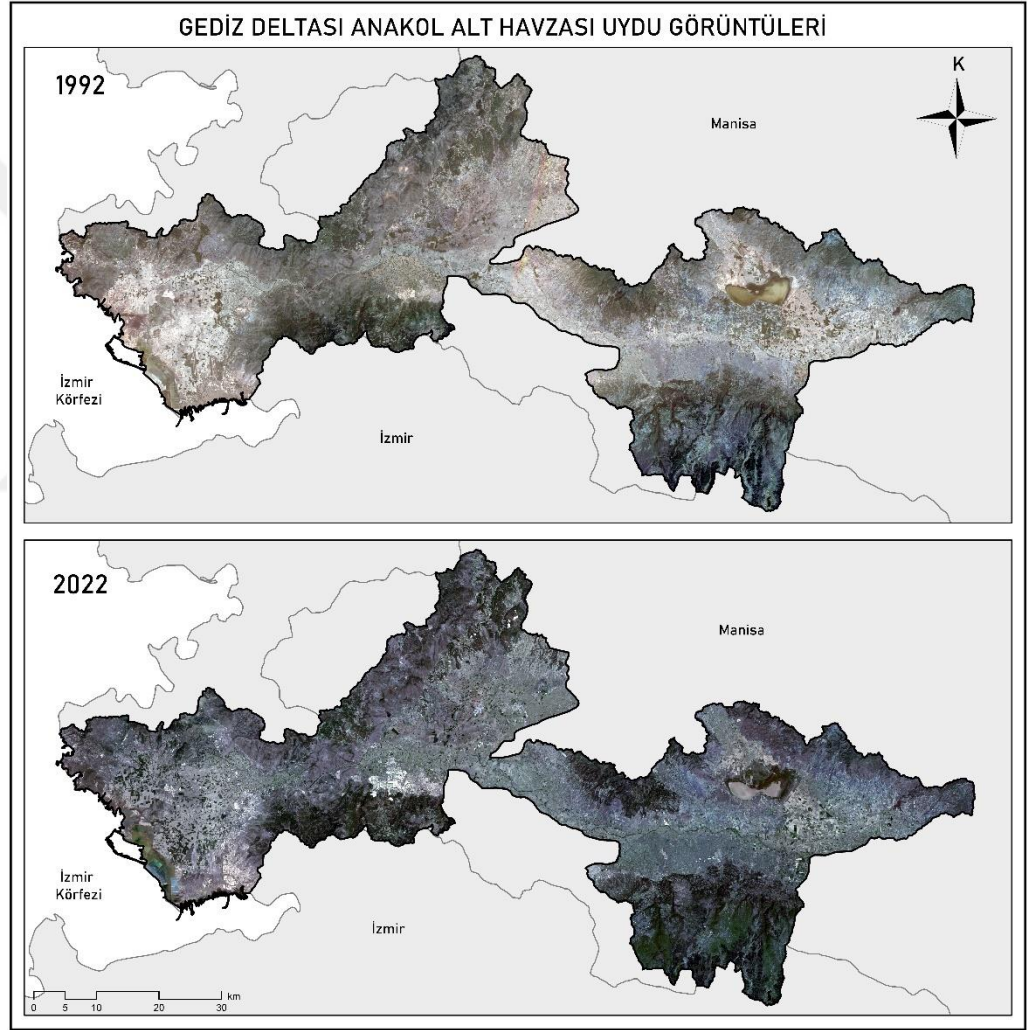


Şekil 3.3: Gediz Deltası koruma alan sınırları

3.1.2 Veri Setleri ve Yazılımlar

Çalışma materyalini, çalışma alanı ile çalışmaya dair araç ve gereçler oluşturmaktadır. Çalışma alanına ait uydu görüntüleri, uydu görüntülerinden elde edilen AK/AÖ haritaları, Gediz Havzası alt havzalarının haritası, meşcere haritası, Ramsar Alanı sayısal sınır verisi, yazılı-görsel belgeler, kurumlarla yapılan sözlü görüşmeler ve yazılımlar çalışma materyali olarak kullanılmıştır.

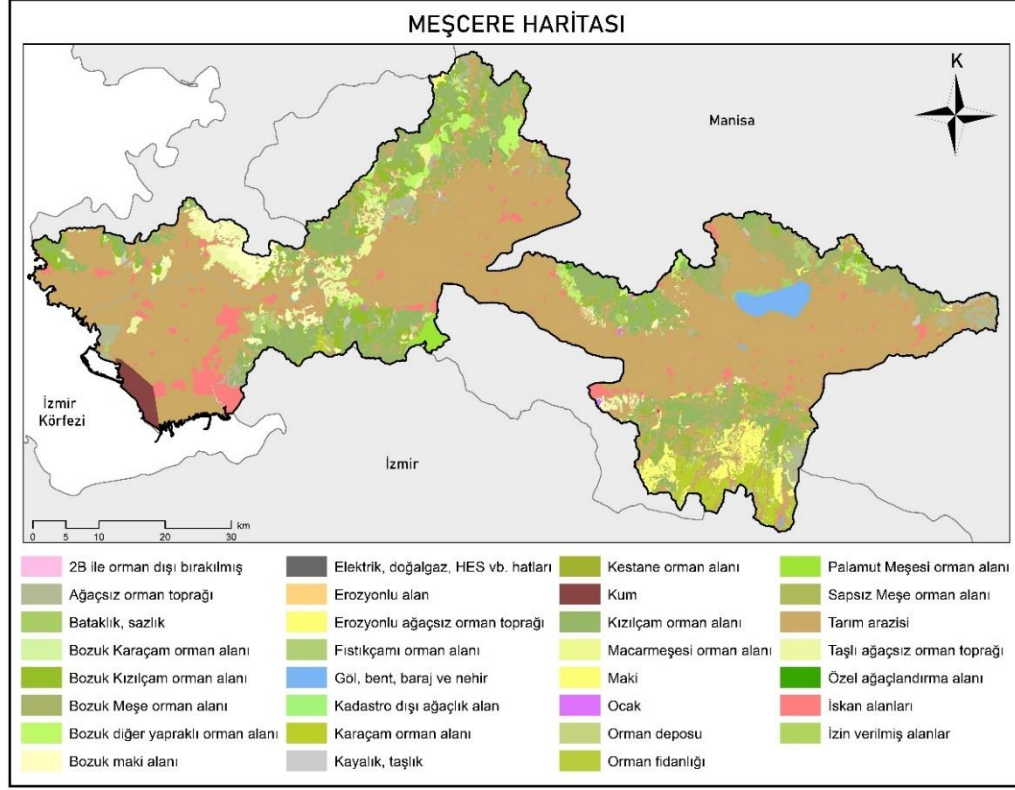
Çalışmada AK/AÖ değişiminin saptanmasında 30 metre mekansal çözünürlüğe sahip, 01.05.1992 ile 08.05.1992 tarihli Landsat 5 TM (Thematic Mapper) ve 11.05.2022 ve 20.05.2022 tarihli Landsat 8 OLI (Operational Land Imager) uydu görüntüleri kullanılmıştır (USGS, 2022). Uydu görüntülerinin seçilmesinde bulutluluk oranı 1992 yılı için %0-5 ve 2022 yılı için %0-1,5 olarak filtrelenmiştir. Elde edilen uydu görüntülerindeki mevsimsel farklılıkları en aza indirmek için görüntülerin aynı dönemsel aralıkta olmasına dikkat edilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4: Gediz Anakol Alt Havzası'nın 1992 ve 2022 yıllarına ait uydu görüntüleri

Gediz Havzası alt havzalarına ait sayısal sınır verileri Devlet Su İşleri 2. Bölge Müdürlüğü Havza Yönetimi İzleme ve Tahsisler Şube Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında yardımcı materyal olarak Google Earth Timelapse aracı, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı temin

edilen sayısal meşcere haritası ile Gediz Deltası Ramsar Alan sınırı verisi kullanılmıştır (Şekil 3.5).



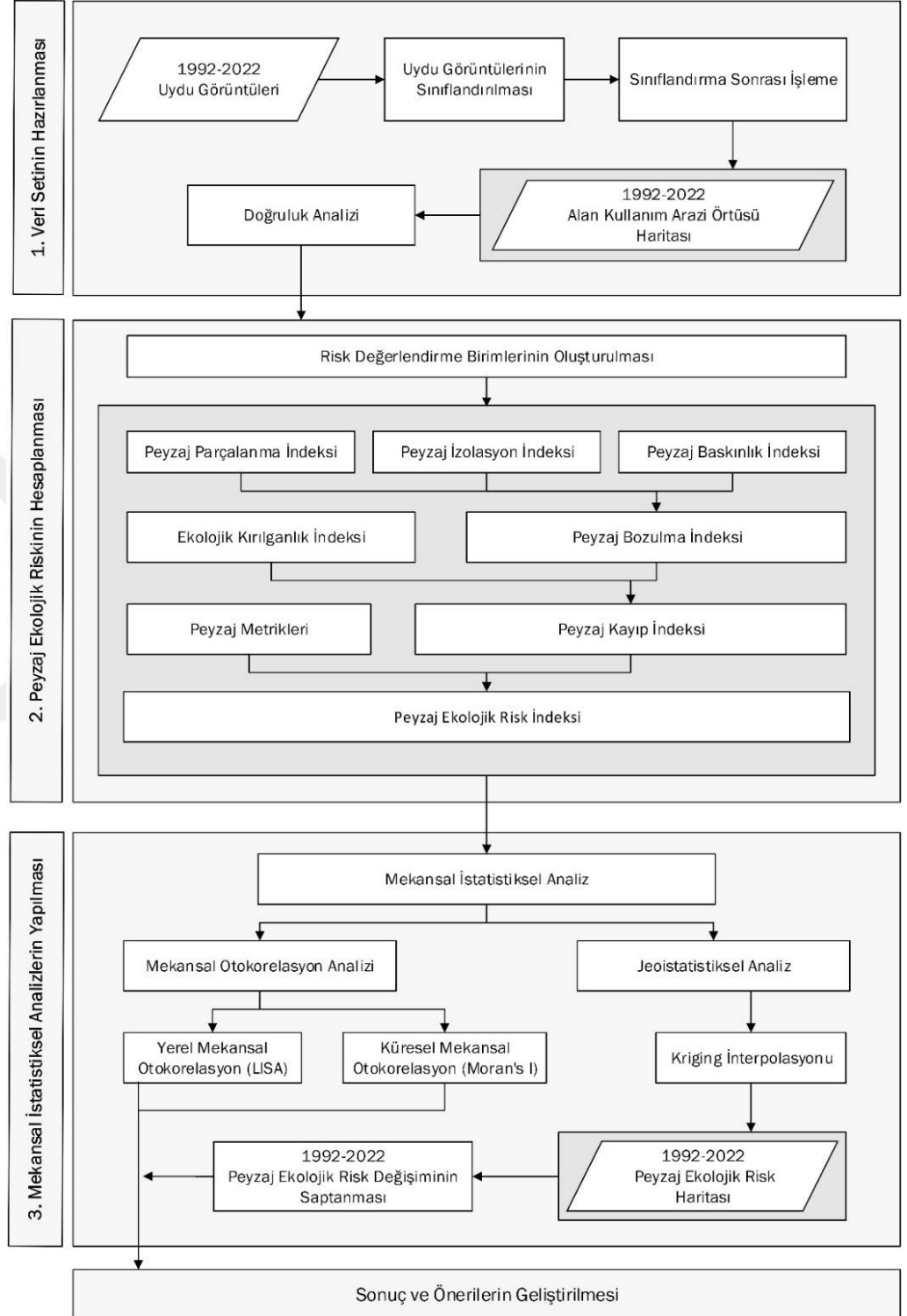
Şekil 3.5: Gediz Anakol Alt Havzası meşcere haritası

Tez çalışması süresince, uydu görüntülerinin tanımlanması, analizi ve sınıflandırılması aşamalarında ENVI 5.4 (L3Harris Geospatial, 2016) yazılımı, AK/AÖ değişiminin saptanması, doğruluk analizi ve mekansal istatistiksel analizlerin gerçekleştirilmesi ve peyzaj ekolojik risk (PER) değerlerinin hesaplanmasında ArcGIS 10.8 (ESRI, 2022) ve FRAGSTATS 4.2 (McGarigal et al., 2012) yazılımları kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Çalışmanın amacı, peyzaj desen indeksleri ve mekansal istatistiksel analizler ile alan kullanım/arazi örtüsü (AK/AÖ) değişimine dayalı olarak çalışma alanının 1992 ve 2022 yıllarına ait peyzaj ekolojik risk (PER) değerlendirmesinin gerçekleştirilmesidir. Çalışmanın yöntemi, veri setinin hazırlanması, peyzaj ekolojik riskin hesaplanması ve mekansal istatistiksel

analizlerin yapılması ve sonuç ve önerilerin geliştirilmesi olmak üzere dört aşamalı olarak kurgulanmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Çalışma yöntemi akış şeması

3.2.1. Veri Setinin Hazırlanması

Uydu görüntülerinin sınıflandırılması, görüntüyü oluşturan piksel değerlerinin diğer pikseller ile karşılaştırılması sonucu kullanıcının belirlediği kategoriler dahilinde sınıflara ayrılması işlemidir (Anderson, 1976). Çalışmanın amacına yönelik, uydu görüntülerinin sınıflandırılması veri hazırlığı aşamasının temelini oluşturmaktadır. Bu kapsamda çalışma alanına ait uydu görüntüleri, piksel tabanlı kontrollü sınıflandırma işleminin En Yüksek Olasılık Algoritması (Maximum Likelihood) uygulanarak sınıflandırılmıştır (Richards, 1999; NV5 Geospatial, 2023).

Piksel tabanlı kontrollü sınıflandırma, düşük veya orta mekansal çözünürlüğe sahip uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Ersoy Tonyaloğlu vd., 2021). Çalışma alanına ait uydu görüntülerinin 30 m mekansal çözünürlüğe sahip olması sebebiyle, piksel tabanlı sınıflandırma yönteminin kullanılması uygun bulunmuştur. Literatürde, piksel tabanlı kontrollü sınıflandırma işleminde En Yüksek Olasılık, En Düşük Mesafe, Mahalanobis Mesafesi ve Spektral Açık Eşleyici algoritmaları kullanılmaktadır (L3Harris, 2023). Söz konusu En Yüksek Olasılık Algoritması, uydu görüntülerinin piksel tabanlı kontrollü sınıflandırılmasında en yaygın kullanılan parametrik sınıflandırma algoritmasıdır. Çalışma alanı üzerinde belirlenen her bir AK/AÖ sınıfı için kullanıcı tarafından örnek alanlara piksel ataması yapılmakta, sınıflara atanan piksel değerlerinin istatistiksel olasılıklarının hesaplanması sonucu bilinmeyen piksellerin en çok benzer olduğu sınıfa atanması sağlanmaktadır (Manandhar et al., 2009).

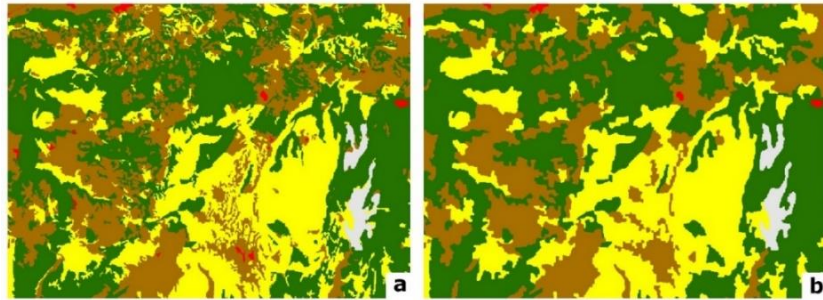
Piksel tabanlı kontrollü sınıflandırma yöntemi ile sınıflandırılmış görüntülerde yansıtıcı nesneler, gölgeleme, düşük çözünürlük ve yüzey özellikleri sebebiyle izole pikseller oluşabilmektedir. Görüntünün doğru bir şekilde yorumlanabilmesi için bu izole piksellerin, kendisini çevreleyen en yakın piksel değerlerine göre yeniden sınıflandırılması gerekmektedir (Mattupalli et al., 2018). Sınıflandırma sonrası işleme, sınıflandırılmış görüntünün iyileştirilmesi sürecini ifade etmektedir. Çalışma yöntemi kapsamında

sınıflandırma sonrası işleme ArcGIS 10.8 yazılımında gerçekleştirilmiş olup, sürecin işletilmesinde aşağıdaki adımlar izlenmiştir (ESRI, 2023).

1- Sınıflandırılmış görüntünün filtrelenmesi: Bu adımda küçük izole pikseller görüntü üzerinden kaldırılmaktadır. Bunun için “Majority Filter” aracı kullanılmıştır.

2- Sınıf sınırlarını yumuşatma ve sınıflandırılmış görüntüyü kümeleme: Mekansal tutarlılığın artırılması için sınıf sınırlarının kenarlarının yumuşatılması gerekmektedir. Bu adımda görüntüdeki aynı sınıfa ait olan bitişik bölgelerin birbirine bağlanması sağlanmaktadır. Bunun için “Boundary Clean” aracı kullanılmıştır.

3- Küçük izole bölgeleri kaldırarak sınıflandırılmış çıktının genelleştirilmesi: Bu adımda izole pikseller görüntü üzerinden kaldırılarak görüntüdeki tuz ve biber olarak nitelendirilen benekli görünüm giderilmektedir. Bunun için sırasıyla “Region Group”, “Set Null” ve “Nibble” araçları kullanılmıştır. “Region Group” aracı ile, oluşturulan çıktının öznitelik tablosundan, nispeten az sayıda piksel içeren bölgeler belirlenir. “Set Null” aracında, çıkarılması karar verilen piksel sayısı ifade kutusuna “Count<piksel sayısı” işlenir. Çalışma kapsamında piksel sayısı 90’dan düşük olan bölgelerin çıkarılması uygun görülmüştür. Ardından “Nibble” aracı çalıştırılarak, gruplanmış bölgelerin, belirlenen piksel sayısının altındaki bölgelerinin çıkarıldığı çıktı ile maskelenerek sınıflama sonrası işleme süreci tamamlanmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: a) Çıktı genelleştirme işlemi öncesi, b) Çıktı genelleştirme işlemi sonrası

2022 yılına ait uydu görüntülerinin sınıflandırılması işleminde sayısallaştırılmış uydu görüntülerinin yanında, sayısal meşcere haritasından yararlanılmıştır. AK/AÖ sınıfları, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 2006 kılavuzunda yer alan sınıflandırma baz alınarak, Yerleşim Alanı, Tarım Alanı, Orman Alanı, Maki Alanı, Sulak Alan ve Diğer olmak üzere 6 sınıf olarak belirlenmiştir (IPCC, 2006).

Doğruluk Analizi

Doğruluk analizi, uydu görüntülerinin sınıflandırılması sonucunda elde edilen haritaların doğruluk ve güvenilirliğinin değerlendirilmesi için önemli bir adımdır. Doğruluk analizinin amacı, yapılan piksel tabanlı sınıflandırma sonrasında piksellere atanan örnekleme noktalarının sınıf kodları ile gerçek yer sınıfı arasındaki uygunluğu nicel olarak belirlemektir (Foody, 2002; Rwanga and Ndambuki, 2017).

Çalışmada, sınıflandırma sonucunda elde edilen haritaların genel doğruluklarının belirlenmesinde hata matrisi ve Kappa (κ) istatistiği kullanılmıştır. Hata matrisi, sınıflandırma sonuçlarının gerçek yer sınıflarıyla karşılaştırılarak aralarındaki ilişkinin ölçüldüğü bir matristir. Hata matrisinde sütunlar gerçek yer verilerini, satırlar ise sınıflandırılmış verileri temsil etmektedir. Matrisin oluşturulması ile sınıflandırma sonrası her bir sınıfa atanan örnekleme noktalarının, gerçek yer sınıfına göre doğruluklarını yansıtan çeşitli doğruluk kriterleri elde edilmektedir. Çalışmada, genel doğruluk, kullanıcı doğruluğu, üretici doğruluğu ve Kappa (κ) istatistiği kriterlerinden yararlanılmıştır. Genel doğruluk, sınıflandırma sonrası elde edilen AK/AÖ haritası ile yer gerçeği verisinin karşılaştırılması ile aralarındaki ilişkiyi gösteren bir ölçüttür. Kullanıcı doğruluğu, AK/AÖ haritası üzerindeki örnekleme noktalarının ne kadarının yer gerçeği verilerini yansıttığını ifade etmektedir ve belirli bir sütun için doğru olarak sınıflandırılan örnekleme noktalarının, o sütunun toplamına bölünmesi ile hesaplanmaktadır. Üretici doğruluğu ise bir AK/AÖ sınıfının örnekleme noktaları ile ne kadar doğru sınıflandırıldığını göstermekte ve belirli bir satır için doğru olarak sınıflandırılan örnek sayısının, o satırın tamamına bölünmesi ile elde edilmektedir (Morissette ve Khorram,

2000). Kappa (κ) istatistiği, sınıflandırılmış AK/AÖ haritası ile gerçek yer verileri arasındaki uyum ve rastgele uyum arasındaki farkı göstermek için kullanılan ve 0-1 arasında değerlendirilen istatistiksel bir ölçüdür. “1” hatasız sınıflandırma performansını ifade ederken, “0” ise en kötü sınıflandırma performansını ifade etmektedir (Congalton and Green, 1999; Foody, 2002).

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen doğruluk analizinde, 1992 ve 2022 yıllarına ait uydu görüntülerinin yanında, Google Earth, Google Maps ve ArcGIS Online altlık haritasından (Basemap) yararlanılmıştır. Sınıflandırma doğrulukları, ArcGIS 10.8 yazılımı üzerinden, her AK/AÖ sınıfının büyüklüğü ile doğru orantılı olarak rastgele örneklem noktaları üzerinden değerlendirilmiştir.

1992-2022 Yılları Arasında Alan Kullanım/Arazi Örtüsü Değişimlerinin Saptanması

1992 ve 2022 yıllarına ait AK/AÖ değişimlerinin saptanmasında Sınıflandırma Sonrası Karşılaştırma yaklaşımı uygulanmıştır (Singh, 1988). ArcGIS 10.8 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilen bu yaklaşım ile AK/AÖ sınıfları arasında “-den, -e” (from, to) dönüşüm bilgisi elde edilmiştir. Böylelikle 30 yıllık zaman süresince AK/AÖ sınıflarında meydana gelen değişimleri alan bazlı hesaplamanın yanında, bir sınıftan diğer sınıflara olan dönüşüm matrisi elde edilmiştir.

3.2.2. Peyzaj Ekolojik Riskin Hesaplanması

Bu aşamada, çalışma alanı içinde risk değerlendirme birimleri oluşturulmuş, ardından her bir risk değerlendirme birimi için peyzaj desen indeksleri hesaplanarak peyzaj ekolojik risk (PER) değerleri saptanmıştır.

Risk değerlendirme birimlerinin oluşturulması

Peyzaj ekolojik riskin mekansal dağılımının analiz edilebilmesi için çalışma alanı risk değerlendirme birimlerine bölünmüştür. Bunun için kullanılan

hücre tabanlı haritalama, ekolojik risk indeksinin doğruluğunu ve mekansal görsel ifadesini arttırmak için önemli bir adımdır (Fan et al., 2016). Hücre tabanlı haritalama, büyük alanlar üzerindeki küçük lekelerin mekansal dağılımlarını belirleyebilmek için kullanılan coğrafi bilgi sistemi tabanlı bir yöntemdir (Ramsdale et al., 2017). Literatürde (Xie et al., 2013; Liang et al., 2020; Gao ve Song, 2022; Karimian et al., 2022; Liang et al., 2022; Liu et al., 2022) hücre boyutunun, ortalama leke alanının 2-5 katı olarak belirlendiği ifade edilmektedir. Çalışmada yıllara ait ortalama leke alanlarının hesaplanmasında FRAGSTATS 4.2 yazılımında Ortalama Leke Büyüklüğü (AREA_MN) metriği, çalışma alanının risk değerlendirme birimlerine bölünmesinde ise ArcGIS 10.8 yazılımının “Fishnet” aracı kullanılmıştır. Bu doğrultuda her bir risk değerlendirme birimi için peyzaj ekolojik risk değeri hesaplanmış ve elde edilen değerlerin her biri, risk değerlendirme birimlerinin merkez noktalarına atanmıştır.

Peyzaj Ekolojik Risk (PER) İndeksi

Peyzaj ekolojik risk (PER) indeksi, doğal veya antropojenik etkenler nedeniyle ekosistemde meydana gelebilecek ya da gelmekte olan çevresel etkilerin nicel göstergesidir ve sonucu, peyzaj ekolojik risk değerini ifade etmektedir (Peng et al., 2015; Zhang et al., 2020; Ji et al., 2021). Peyzaj ekolojik sisteminin yapısından yola çıkarak PER, ekolojik kırılganlık indeksi, peyzaj kayıp indeksi, peyzaj parçalanma indeksi, peyzaj izolasyon indeksi ve peyzaj baskınlık indeksi ile ilişkili olarak aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$PER_i = \sum_{i=1}^n \frac{Ak_i}{Ak} \times Ri \quad 1$$

Burada Ak tüm peyzajın alanını; Ak_i , i sınıfının alanını, R_i peyzaj kayıp indeksini ifade etmektedir.

Peyzaj kayıp indeksi (R_i)

Peyzaj kayıp indeksi (R_i), bir veya birden fazla dış etkenden kaynaklanan etkiler sonucu ekolojik sistemin doğal niteliklerindeki kayıp derecesini ölçen bir indekstir (Fan et al., 2016; Liu et al., 2018; Zhang et al., 2018; Tian et al., 2019; Liu et al., 2020; Xu et al., 2021). R_i , ekolojik kırılganlık ve peyzaj bozulma indeksi ile ilişkili olarak aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$R_i = F_i \times S_i$$

2

Burada F_i ekolojik kırılganlık indeksini; S_i peyzaj bozulma indeksini temsil etmektedir.

Ekolojik kırılganlık indeksi (F_i)

Ekolojik kırılganlık (F_i), farklı AK/AÖ sınıflarının dış etkenlerden kaynaklanan stres faktörü tarafından bozulmaya karşı gösterdiği direnç kabiliyetini ifade etmektedir (Song et al., 2015; Zhang et al., 2013; Li et al., 2020). Direnç kabiliyeti yüksek olan AK/AÖ sınıflarında, ekosistem daha sağlam ve istikrarlı olacağından ekolojik kırılganlık indeks değeri daha düşüktür (Zhang et al., 2018). Direnç yeteneğine ve dış etkenlere karşı hassasiyete dayalı olarak çalışma alanında belirlenen altı AK/AÖ sınıfının her birine, yerleşim alanı=1, orman alanı=2, maki alanı=3, tarım alanı=4, sulak alan=5 ve diğer=6 olmak üzere değer atanmıştır. Buna göre direnç yeteneği en zayıf olan sınıf diğer; en fazla olan sınıf ise yerleşim alanı olarak kabul edilmiştir (Xie et al., 2013; Zhang et al., 2013; Peng et al., 2015; Fan et al., 2016; Mo et al., 2017; Li et al., 2018; Liu et al., 2018; Zhang et al., 2018; Tian et al., 2019; Omar ve Cabral, 2020; Ju et al., 2021; Zhao et al., 2022; Zhu et al., 2022). Ekolojik kırılganlık indeks değerinin hesaplamasında, atanan değerlerin “0” ile “1” arasında boyutsuz değerlere dönüştürülerek standardize edilmesi gerekmektedir (Liu et al., 2017). Bu nedenle, AK/AÖ sınıflarına atanan değerler normalize edilerek, her bir sınıfın ekolojik kırılganlık indeks değerleri elde edilmiştir.

Peyzaj bozulma indeksi (Si)

Peyzaj bozulma indeksi (S_i), peyzaj düzeyinde doğal ve antropojenik etkenlerden kaynaklanan ve ekosistem işleyişinin değişmesine sebep olan bozulmaların nicel bir karakterizasyonudur (Zhang et al., 2018; Liang et al., 2022). Daha yüksek peyzaj bozulma indeks değeri, daha yüksek peyzaj ekolojik risk değerine işaret etmektedir (Fan et al., 2016). İndeks değeri, peyzaj desen indeksleri temelinde aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$S_i = aC_i + bN_i + cD_i \quad 3$$

Burada C_i peyzaj parçalanma indeksi; N_i peyzaj izolasyon indeksi ve D_i peyzaj baskınlık indeksini temsil etmektedir. a , b ve c katsayıları ise bu değişkenlerin ağırlıklarını ifade etmekte ve $a+b+c=1$ eşitliğini sağlamaktadır. Ağırlık değerleri, söz konusu indekslerin gözlemlenen peyzajda ekolojik çevre üzerindeki bozulma etkisine olan derecesini yansıtmaktadır. Yapılan literatür taramasına göre (Zhang et al., 2013; Li et al., 2018; Liu et al., 2018; Liang et al., 2022) parametrelere verilen ağırlıklar; $a=0,5$; $b=0,3$ ve $c=0,2$ olarak belirlenmiştir.

Peyzaj parçalanma indeksi (Ci)

Peyzaj parçalanması peyzajın, doğal ve antropojenik etkenler nedeniyle tek, homojen ve sürekli halinden; karmaşık, heterojen ve süreksiz lekelerden oluşan mozaığe dönüştürüldüğü fiziksel bir süreçtir (Llausas ve Nogue, 2012; Fan et al., 2016; Cui et al., 2018). Daha küçük lekeler bölünme derecesini yansıtan peyzaj parçalanma indeks değeri aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$C_i = \frac{N_i}{Ak_i} \quad 4$$

Burada N_i , i sınıfına ait leke sayısını, Ak_i , i sınıfına ait alansal büyüklüğü ifade etmektedir.

Peyzaj izolasyon indeksi (N_i)

Peyzaj izolasyon indeksi (N_i), peyzajdaki farklı lekelerin birbirlerinden ayrılma derecesini ifade etmektedir. Bu değer ne kadar büyük olursa, peyzajdaki mekansal dağılımın o kadar dağınık ve parçalı olduğu anlaşılmaktadır (Cui et al., 2018; Jin et al., 2019; Omar ve Cabral, 2020). Peyzaj izolasyon indeks değeri aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$N_i = \frac{A_k}{2A_{k_i}} \sqrt{\frac{N_i}{A_k}} \quad 5$$

Burada A_k tüm peyzajın alanını; A_{k_i} , i sınıfının alanını; N_i , i sınıfına ait leke sayısını ifade etmektedir.

Peyzaj baskınlık indeksi (D_i)

Peyzaj baskınlık indeksi (D_i), peyzajdaki lekelerin baskınlığını tanımlamak için kullanılan bir terimdir ve alansal büyüklük oranları açısından, bir veya birkaç sınıfın peyzaja hâkim olma derecesini ifade etmektedir (Dale ve Kline, 2013; Peng et al., 2015; Liang et al., 2022). Peyzaj baskınlık indeks değeri aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$D_i = \frac{Q_i + M_i}{4} + \frac{L_i}{2} \quad 6$$

Burada Q_i , değerlendirme birimindeki i sınıfına ait piksel sayısının, tüm risk değerlendirme birimindeki toplam piksel sayısına oranını; M_i , i sınıfına ait leke sayısının, risk değerlendirme birimindeki toplam leke sayısına oranını; L_i , i sınıfının alansal büyüklüğünün, risk değerlendirme biriminin alanına oranını ifade etmektedir.

3.2.3. Mekansal İstatistiksel Analiz

Mekansal istatistiksel analiz, her bir risk değerlendirme birimi için elde edilen peyzaj ekolojik risk (PER) değerlerinin çalışma alanı içinde birbirleriyle

olan ilişkilerinin saptanması amacıyla mekansal otokorelasyon analizi ve jeoistatistiksel analiz olmak üzere iki başlık altında gerçekleştirilmiştir.

Mekansal Otokorelasyon Analizi

Mekansal otokorelasyon analizi, bir risk değerlendirme birimindeki değişkenlerin, komşu risk değerlendirme birimlerindeki değişkenlerle ilişkili olup olmadığını test etmeye yarayan istatistiksel bir yöntemdir (Martin, 1996; Liu et al., 2012; Yang et al., 2020). Analiz sonucunda, değişkenlerin birim alanlarda incelenerek mekansal olarak birbirleriyle nasıl bir ilişki gösterdikleri ve bu karşılıklı ilişkinin, değişkenlerin mekansal dağılımını etkileyip etkilemedikleri belirlenmektedir (Fan et al., 2016; Xiang et al., 2021). Çalışma alanındaki peyzaj ekolojik risk (PER) değerlerinin mekansal dağılımını tanımlamak için küresel ve yerel olmak üzere iki seviyede mekansal otokorelasyon analizleri gerçekleştirilmiştir.

Küresel mekansal otokorelasyon, çalışma alanı içinde bir değişkenin mekansal özelliklerini tanımlamakta ve bunların dağınıklık, rastlantısallık ve kümelenme derecesini ifade etmektedir (Liu et al., 2020). Çalışmada, PER değerlerinin küresel mekansal otokorelasyonunu saptamak için Moran's indeksi (Moran's I) kullanılmıştır. Moran's I, bitişik mekansal birimlerdeki (risk değerlendirme birimleri) değişkenlerin korelasyonunu ele almakta ve tüm çalışma alanının peyzaj ekolojik riskini karakterize etmektedir. Moran's I "-1" ile "1" arasında değer almaktadır. Moran's indeksinin 0'dan büyük olması (pozitif korelasyon) birbirine yakın konumdaki birimlerin benzer değişken derecesine sahip ve kümelenme eğilimde olduğunu gösterirken, değer 0'dan küçük olması (negatif korelasyon) birimlerin nispeten daha farklı değişken derecelerine sahip ve dağınık olduğunu ifade etmektedir. Değerin 0'a eşit olduğu ve birimlerin birbirleri ile herhangi bir mekansal ilişki göstermediği durumda ise, dağılımın rastlantısal olduğu kabul edilmektedir (Ghulam et al., 2015; Aktaş vd., 2019; Çerçi, 2019).

Yerel mekansal otokorelasyon analizi, çalışma alanı içerisinde yerel heterojenliğin dağılım durumu ile risk değerlendirme birimlerinin birimlerin

özniteliklerinin (peyzaj ekolojik risk değerleri) komşu birimler ile benzerlik veya farklılığını yansıtmaktadır (Anselin, 1995; Zhang et al., 2018). Küresel mekansal otokorelasyon analizinde tüm özniteliklerin çalışma alanının bütünü kapsamında oluşturduğu desene dair fikir elde edilirken; yerel mekansal otokorelasyon analizi ile her bir risk değerlendirme birimi, çevresindeki komşu risk değerlendirme birimleri ile değerlendirilerek mekansal kümelenme ya da yayılma potansiyellerini ifade etmektedir (Çerçi, 2019). Yerel mekansal otokorelasyon analizleri sonucunun görsel olarak temsil etmek için yerel mekansal ilişki göstergeleri (local indicators of spatial association – LISA) yöntemi kullanılmaktadır. LISA haritaları; Yüksek-Yüksek (YY), Yüksek-Düşük (YD), Düşük-Yüksek (DY) ve Düşük-Düşük (DD) olmak üzere beş sınıfa ayrılmaktadır. Analiz sonucu elde edilen sınıflara ait açıklamalar Tablo 3.1’de belirtilmiştir.

Tablo 3.1: Yerel Mekansal Otokorelasyon sonuçlarının sınıflandırma tanımları (Çerçi, 2019; Kaveloğlu, 2022)

Otokorelasyon türü	Sonuç
Yüksek-Yüksek (YY)	Yüksek değişken değerine sahip birimin, yüksek değişken değerine sahip birimler ile komşu olması durumu (yüksek kümelenme)
Yüksek-Düşük (YD)	Yüksek değişken değerine sahip birimin, düşük değişken değerine sahip birimler ile komşu olması durumu (düşük aykırı değer)
Düşük-Yüksek (DY)	Düşük değişken değerine sahip birimin, yüksek değişken değerine sahip birimler ile komşu olması durumu (yüksek aykırı değer)
Düşük-Düşük (DD)	Düşük değişken değerine sahip birimin, düşük değişken değerine sahip birimler ile komşu olması durumu (düşük kümelenme)

Çalışma kapsamında küresel ve yerel seviyede mekansal otokorelasyon analizleri ArcGIS 10.8 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Küresel mekansal otokorelasyon için kullanılan Moran’s I; Mekansal İstatistik Aracı, Desen Analizi altındaki Mekansal Otokorelasyon (Morans I) aracı çalıştırılarak, çalışma alanının büyüklüğü ile oluşturulan risk değerlendirme birimlerinin boyutları dikkate alınarak farklı mesafe seviyelerinde gerçekleştirilmiştir. Yıllara ait yerel mekansal otokorelasyon çıktıları ise Mekansal İstatistik Aracı, Kümeleme Haritalaması altındaki Kümeleme ve Aykırı Değer Analizi, 9999 rastgele permütasyon sayısı (güvenilir nokta sayısı) ile çalıştırılarak elde edilmiştir.

Jeoistatistiksel analiz

Jeoistatistiksel analiz, çalışma alanındaki değişkenlerin mekansal dağılımlarının saptanmasında ve modellenmesinde kullanılan istatistiksel bir yöntemdir (Dai et al., 2019). Çalışma alanının peyzaj ekolojik risk (PER) haritası, jeoistatistiksel analiz yöntemlerinden Kriging interpolasyonu ile üretilmiştir. Kriging, belirli bir noktadaki değer ile komşu noktadaki değerler arasında kovaryans ve uzaklık bilgilerinin kullanılarak, PER değerlerinin tahmin edilmesine olanak tanıyan interpolasyon yöntemidir (Petrişor et al., 2010).

Çalışma alanının 1992 ve 2022 yıllarına ait PER değerleri peyzaj ekolojik risk indeksi formülüne (1) göre her bir risk değerlendirme birimi için hesaplanmış ve elde edilen değerler risk değerlendirme birimlerinin merkez noktalarına atanmıştır. Çalışma alanının her iki yıl için de PER değerlerinin analizinde ArcGIS 10.8 yazılımından yararlanılmış olup, Mekansal Analiz Aracı, İnterpolasyon altındaki Kriging çalıştırılmıştır. Programın varsayılan parametreleri kullanılmış ve her tahmin için en az 4 komşu veri noktası dahil edilerek ölçülmemiş alanların bilinmeyen değerleri, komşu birimlerdeki değerler kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplanan PER değerlerinin sınıflandırılmasında, Doğal Kırılım yöntemi kullanılmıştır (Peng et al., 2015; Mo et al., 2017; Liu et al., 2018; Zhao et al., 2022).

1992-2022 Yılları Arasında Peyzaj Ekolojik Risk Değişiminin Saptanması

1992 ve 2022 yıllarına ait PER sınıflarının değişim ve dönüşümleri Sınıflandırma Sonrası Karşılaştırma yaklaşımı, ArcGIS 10.8 yazılımında “-den, -e” (from, to) tekniği uygulanarak elde edilmiştir. Böylece çalışma yılları içinde meydana gelen peyzaj ekolojik risk sınıflarının alan bazlı değişimlerinin tespit edilmesinin yanında, sınıfların birbirleri arasında dönüşümleri de matris şeklinde elde edilmiştir.

4. BULGULAR

Çalışmada, Gediz Anakol Alt Havzası'nın 1992 ve 2022 yıllarına ait alan kullanım/arazi örtüsü (AK/AÖ) değişimine dayalı peyzaj ekolojik risk (PER) değerleri hesaplanmış olup, istatistiksel analizler ile mekânsal olarak ortaya konarak 30 yıl süre içindeki peyzaj ekolojik risk değişimi saptanmıştır. Bu kapsamda çalışma bulguları, alan kullanım/arazi örtüsü değişiminin belirlenmesi, peyzaj ekolojik risk değerlerinin hesaplanması ve mekansal istatistiksel analizlerinin yapılması başlıkları altında açıklanmıştır.

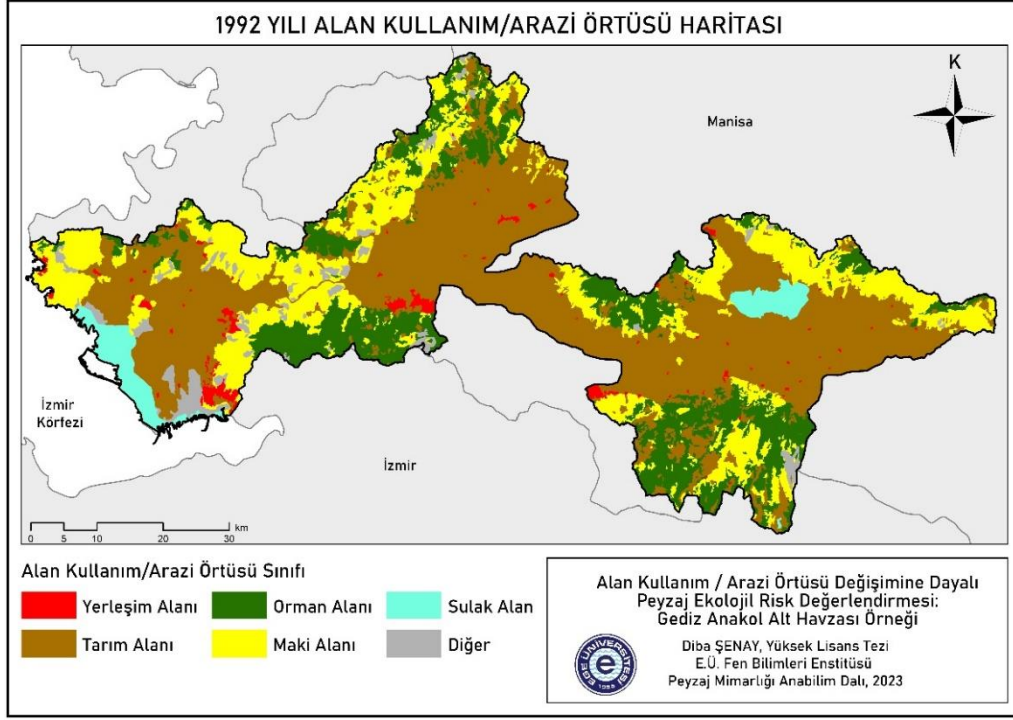
4.1. Alan Kullanım/Arazi Örtüsü Değişiminin Belirlenmesi

Çalışma alanında alan kullanım/arazi örtüsünde meydana gelen değişimler 1992 ve 2022 yılları arasında 30 yıllık zaman süresince incelenmiştir.

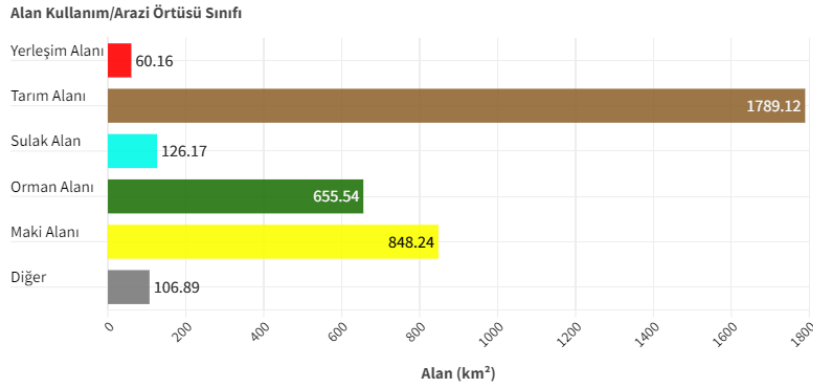
4.1.1. Alan Kullanım/Arazi Örtüsü Sınıfları ve Özellikleri

Çalışmada, alan kullanım/arazi örtüsü sınıfları Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) AK/AÖ sınıflamasına göre yerleşim alanı, tarım alanı, orman alanı, maki alanı, sulak alan ve diğer olmak üzere altı başlık olarak belirlenmiştir.

1992 yılına ait AK/AÖ haritası, Landsat 5 TM (Thematic Mapper) uydu görüntüsünün kontrollü sınıflandırma yöntemi ile oluşturulmuştur (Şekil 4.1). Piksel tabanlı kontrollü sınıflandırma ile sınıflandırılmış görüntülerin çeşitli sebepler ile benekli görünüme sahip olması sebebiyle üretilen çıktı, üç adımlı sınıflandırma sonrası işleme ile iyileştirilmiştir. 1992 yılında, tarım alanının 1.789,12 km² ile çalışma alanının %49,9'unu oluşturan en geniş AK/AÖ sınıfı olduğu görülmektedir. Tarım alanını sırasıyla, 848,24 km² ile maki alanı, 655,54 km² ile orman alanı, 126,17 km² ile sulak alan ve 106,89 km² ile diğer sınıfları izlemektedir. Yerleşim alanı ise 60,16 km² ile çalışma alanı bütününe %1,7'sini oluşturan en az büyüklüğe sahip sınıftır. AK/AÖ sınıflarının çalışma alanı içindeki alansal büyüklüklerine göre dağılımı Şekil 4.2'de verilmiştir.



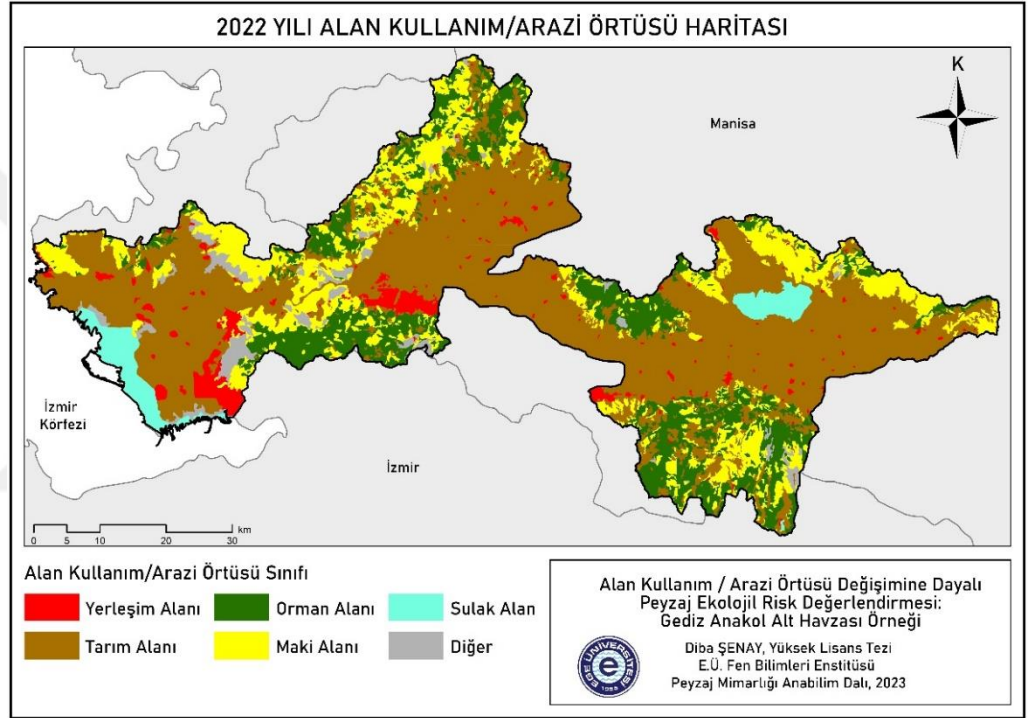
Şekil 4.1: Çalışma alanının 1992 yılına ait alan kullanım/arazi örtüsü haritası



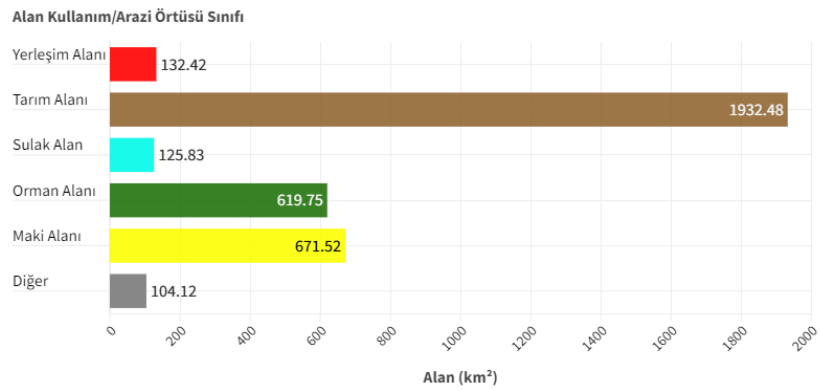
Şekil 4.2: 1992 yılı alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının alansal dağılımı

2022 yılına ait AK/AÖ haritası, Landsat 8 OLI (Operational Land Imager) uydu görüntüsünün kontrollü sınıflandırma yöntemi ile oluşturulmuştur (Şekil 4.3). 2022 yılına ait sınıflandırma işlemi sırasında uydu görüntülerinin yanında, sayısal meşcere haritasından yararlanılmıştır. Piksel tabanlı kontrollü sınıflandırma yöntemi ile sınıflandırılmış görüntülerin çeşitli sebepler ile benekli görünüme sahip olması sebebiyle üretilen çıktı, üç adımlı sınıflandırma sonrası işleme ile iyileştirilmiştir. Ayrıca 15.04.1998 tarihinde Ramsar Alanı ilan edilerek koruma altına alınan Gediz Deltası'nın sınırlarına ait sayısal veri, harita

üzerine sonradan eklenerek sulak alan sınırının hata olasılığı en aza indirilmiştir. 2022 yılında tarım alanının 1.932,48 km² ile çalışma alanının %53,89'unu oluşturan en geniş AK/AÖ sınıfı olduğu belirlenmiştir. Tarım alanını takiben, 671,52 km² ile maki alanı, 619,75 km² ile orman alanı, 132,42 km² ile yerleşim alanı ve 125,83 km² ile sulak alan, sırayla en yüksek dağılımı gösteren AK/AÖ sınıflarıdır. Diğer sınıfı ise 104,12 km² ile çalışma alanının %2,9'unu oluşturarak en az alansal büyüklüğe sahip olan sınıftır. AK/AÖ sınıflarının çalışma alanı içindeki alansal büyüklüklerine göre dağılımı Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.3: Çalışma alanının 2022 yılına ait alan kullanım/arazi örtüsü haritası



Şekil 4.4: 2022 yılı alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının alansal dağılımı

4.1.2. Doğruluk Analizi

Çalışmada, yöntem kurgusunun veri seti hazırlığı aşamasında uydu görüntülerinin sınıflandırılması ile elde edilen AK/AÖ haritalarının, doğruluk ve güvenilirliğini test etmeye yönelik doğruluk analizi gerçekleştirilmiştir. Örnekleme stratejisi, AK/AÖ sınıflarının alansal büyüklükleri ile doğru orantılı olarak taraflı rastgele belirlenmiştir.

1992 yılına ait AK/AÖ sınıflandırmasının doğruluk analizi işleminde, yerleşim alanı sınıfına 14; tarım alanı sınıfına 347; orman alanı sınıfına 126; maki alanı sınıfına 169; sulak alan sınıfına 16 ve diğer sınıfına ise 17 olmak üzere toplam 689 rastgele nokta atanmıştır. Analiz sonucu, 1992 yılına ait AK/AÖ haritasının ortalama doğruluğu %0,91 (κ : 0,86) olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: 1992 yılı alan kullanım/arazi örtüsü sınıflandırması doğruluk analizi sonucu

AK/AÖ Sınıfı	1	2	3	4	5	6	Satır T.	Kullanıcı D.	Kappa
1	12	1	0	1	0	0	14	0,86	
2	4	321	3	14	0	5	347	0,93	
3	0	5	116	5	0	0	126	0,92	
4	4	11	4	146	0	4	169	0,86	
5	0	0	0	0	16	0	16	1,00	
6	0	1	0	3	0	13	17	0,76	
Sütun T.	20	339	123	169	16	22	624	689	
Üretici D.	0,60	0,95	0,94	0,86	1,00	0,59	689	0,91	
Kappa									0,86

1: Yerleşim Alanı, 2: Tarım Alanı, 3: Orman Alanı, 4: Maki Alanı, 5: Sulak Alan, 6: Diğer

2022 yılı AK/AÖ sınıflandırmasının doğruluk analizi işleminde, yerleşim alanı sınıfına 28; tarım alanı sınıfına 371; orman alanı sınıfına 120; maki alanı sınıfına 127; sulak alan sınıfına 11 ve diğer sınıfına ise 19 olmak üzere toplam 676 rastgele nokta atanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucu 2022 yılına ait sınıflandırmanın ortalama doğruluğu %0,92 (κ : 0,88) olarak belirlenmiştir (Tablo 4.2).

Tablo 4.2: 2022 yılı alan kullanım/arazi örtüsü sınıflandırması doğruluk analizi sonucu

AK/AÖ Sınıfı	1	2	3	4	5	6	Satır T.	Kullanıcı D.	Kappa
1	23	1	0	1	0	3	28	0,82	
2	2	351	4	9	1	4	371	0,95	
3	0	2	115	3	0	0	120	0,96	
4	1	4	8	110	0	4	127	0,87	
5	0	0	0	0	11	0	11	1,00	
6	0	1	0	5	0	13	19	0,68	
Sütun T.	26	359	127	128	12	24	623	676	
Üretici D.	0,88	0,98	0,91	0,86	0,92	0,54	676	0,92	
Kappa									0,88
1: Yerleşim Alanı, 2: Tarım Alanı, 3: Orman Alanı, 4: Maki Alanı, 5: Sulak Alan, 6: Diğer									

Her iki yıla ait AK/AÖ haritalarının doğruluk analizi sonucu elde edilen ortalama doğruluk değerleri ile Kappa (κ) istatistikleri, yapılan sınıflandırma işleminin kabul edilebilir bir doğrulukta olduğunu göstermektedir.

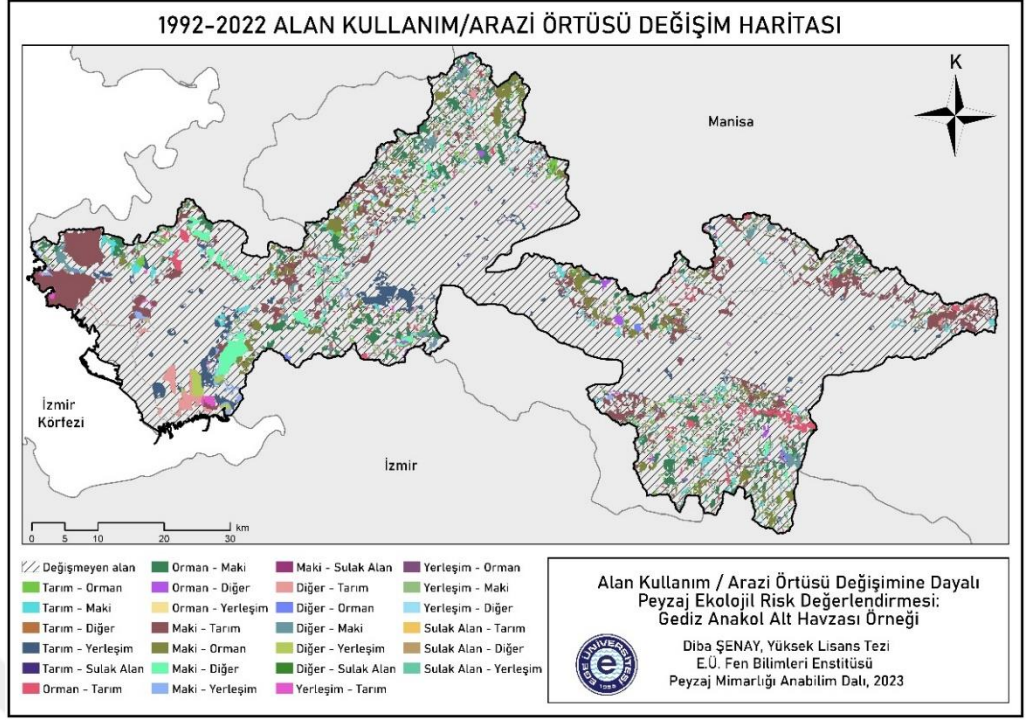
4.1.3. Alan Kullanım/Arazi Örtüsü Değişim Analizi

Çalışma alanının 1992 ve 2022 yıllarına ait AK/AÖ sınıflarının değişiminin saptanabilmesi için sınıflandırılmış görüntüler karşılaştırılarak analiz edilmiştir. AK/AÖ sınıfları 30 yıllık zaman süresince 760,14 km² değişime uğramıştır. En çok değişime uğrayan AK/AÖ sınıfı %120,18 oranında toplam 72,3 km² artış gösteren yerleşim alanı iken, en az değişime uğrayan sınıf 0,3 km² ile %0,24 oranında azalış gösteren sulak alandır. Yıllara ilişkin AK/AÖ sınıflarının alansal değişimleri Tablo 4.3'te verilmiştir.

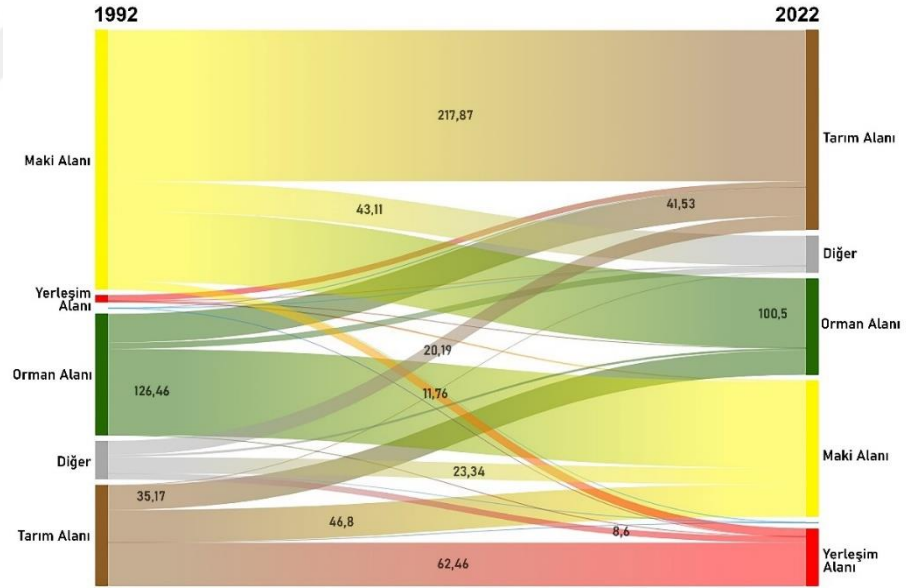
Tablo 4.3: 1992-2022 yıllarına ait alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının alansal değişimi

AK/AÖ Sınıfı	1992 Alan (km ²)	2022 Alan (km ²)	Değişim (km ²)	%
Yerleşim alanı	60,16	132,41	72,3	120,18
Tarım alanı	1.789,12	1.932,48	143,4	8,02
Orman alanı	655,54	619,75	-35,8	-5,46
Maki alanı	848,24	671,52	-176,7	-20,83
Sulak alan	126,17	125,83	-0,3	-0,24
Diğer	106,88	104,12	-2,8	-2,62

Çalışma alanına ait AK/AÖ sınıflarının, 1992 ve 2022 yılları arasında meydana gelen dönüşümleri Şekil 4.5'te verilmiştir. Çalışma yılları arasında mevcut AK/AÖ sınıflarından en fazla dönüşüm 287,98 km² ile tarım alanına yönelik olmuştur. Maki alanından 217,87 km², orman alanından 41,53 km², diğer sınıfından ise 20,19 km², yerleşim alanından 8,11 km² ve sulak alandan 0,29 km²'lik alan, tarım alanına dönüşmüştür. Tarım alanından sonra en fazla dönüşüm gösteren bir diğer AK/AÖ sınıfı maki alanıdır. 1992 yılından itibaren yerleşim alanının 2,09 km²'si, tarım alanının 46,8 km²'si, orman alanının 124,26 km²'si ve diğer sınıfının ise 23,34 km²'si maki alanına dönüşmüştür. Sulak alandan maki alanına herhangi bir dönüşüm saptanmamıştır. Maki alanına en fazla dönüşümün orman alanından gerçekleşmesi, bu alanların doğal ya da antropojenik etkenlere bağlı parçalanarak işlevsiz kalan orman içi açıklıklarda zamanla maki oluşumunun meydana geldiğini ifade etmektedir. Çalışma alanında 138,92 km²'lik alan, yıllar içinde orman alana dönüşmüştür. Özellikle en fazla alansal değişime sahip maki alanından 100,5 km²'lik alanın orman alanına dönüşmesi, bu alanların ağaçlandırılmış orman sahası olduğunu düşündürmektedir. Maki alanını takiben tarım alanından 35,17 km², diğer sınıfından 3,2 km² ve yerleşim alanından ise 0,06 km²'lik alanın maki alanına dönüştüğü görülmektedir. En az değişim ve dönüşüm gösteren AK/AÖ sınıfı ise sulak alandır. 30 yıllık zaman süresince tarım alanının 0,25 km²'si, maki alanının 0,18 km²'si ve diğer sınıfının ise 0,09 km²'si sulak alana dönüşüm göstermiştir. 1992 ve 2022 yıllarına ait AK/AÖ sınıflarına ilişkin dönüşüm grafiği Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.5: Çalışma alanının 1992-2022 yılları arası alan kullanım/arazi örtüsü değişimi



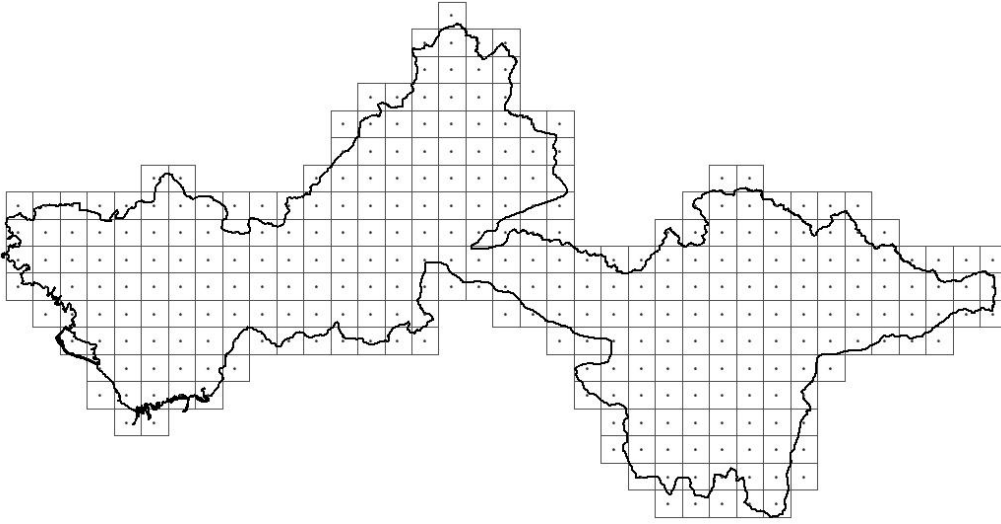
Şekil 4.6: 1992-2022 yıllarına ait alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarına ilişkin dönüşüm grafiği

4.2. Peyzaj Ekolojik Risk Değerlerinin Hesaplanması

Çalışma alanının 1992 ve 2022 yıllarına ait peyzaj ekolojik risk (PER) değerleri, peyzaj parçalanma, peyzaj izolasyon ve peyzaj baskınlık indeksleri ile

elde edilen peyzaj bozulma indeksi; peyzaj bozulma ve ekolojik kırılganlık indeksleri ile elde edilen peyzaj kayıp indeksi; peyzaj kayıp indeksi ile risk değerlendirme birimlerindeki AK/AÖ sınıflarının alansal büyüklüklerinin bir arada değerlendirilmesi ile elde edilen PER indeksinin hesaplanması sonucunda elde edilmiştir. Peyzaj desen indekslerinin çalışma alanındaki her bir risk değerlendirme birimi için ayrı ayrı hesaplanması, PER değerlerinin doğruluğunun ve mekansal görsel ifadesinin artırılması için önemlidir.

Çalışma alanının risk değerlendirme birimlerine bölünmesinde, AK/AÖ sınıflarının ortalama alansal büyüklükleri baz alınmıştır. Bunlar, 1992 yılı için 5,88 km² ve 2022 yılı için 3,71 km²'dir. Yapılan literatür taramasına göre, risk değerlendirme birimlerinin alansal büyüklüğü, yıllara ait AK/AÖ sınıflarının ortalama alansal büyüklüklerinin 2-5 katı olması gerekmektedir. Bu doğrultuda, oluşturulan risk değerlendirme birimlerinin her iki yıl için de aynı boyutta olması için 1992 yılının ortalama alansal büyüklüğünün 2,7; 2022 yılının ise ortalama alansal büyüklüğünün ise 4,3 katı alınarak çalışma alanı, 4 x 4 km olmak üzere toplam 302 hücreye bölünmüştür (Şekil 4.7).



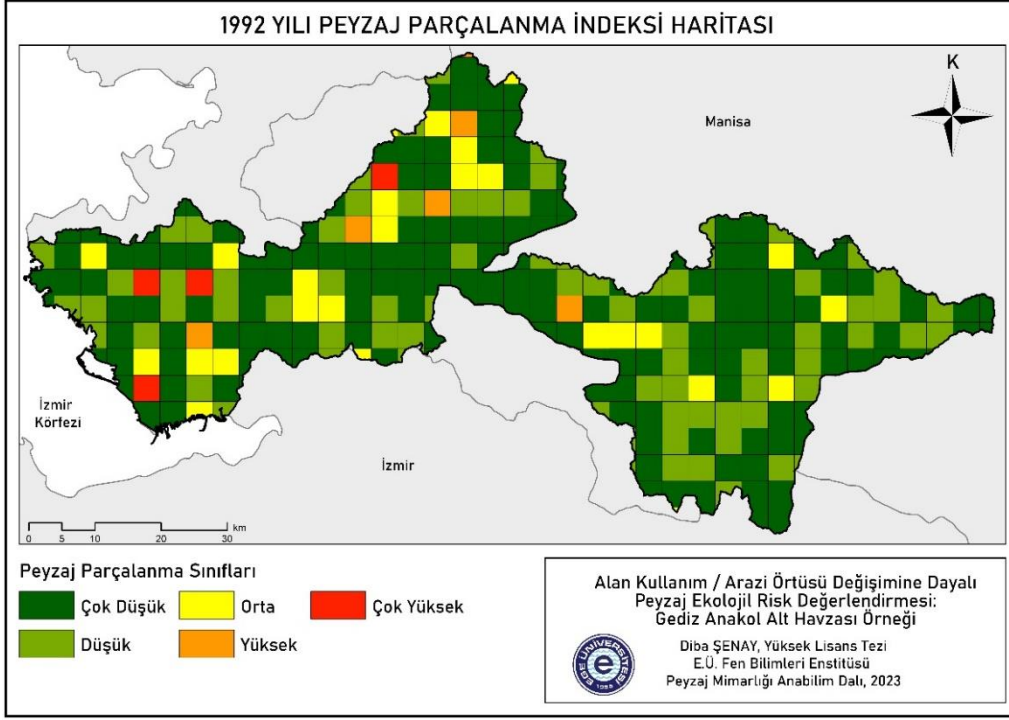
Şekil 4.7: Çalışma alanı peyzaj ekolojik risk değerlendirme birimleri

Çalışmanın bu bölümünde, peyzaj ekolojik değerlerinin hesaplanmasında kullanılan peyzaj desen indeksleri açıklanmıştır.

4.2.1. Peyzaj parçalanma indeksi (C_i)

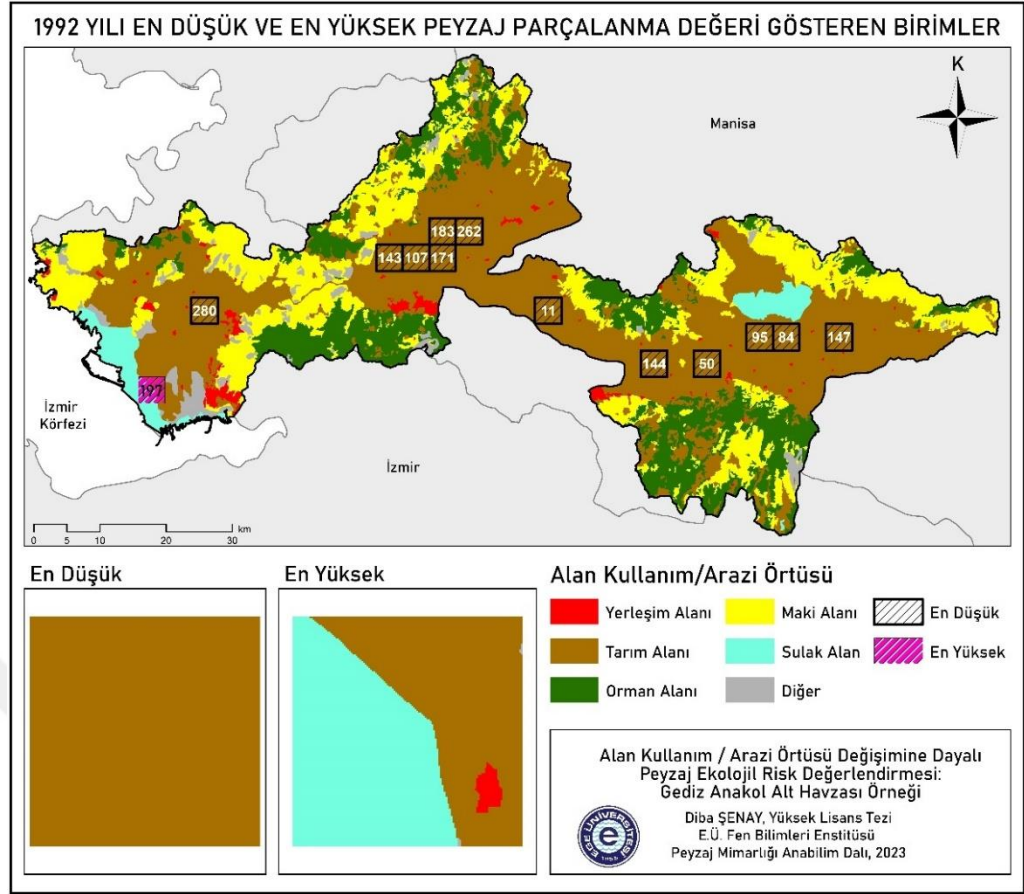
Peyzaj parçalanma indeksi (C_i), peyzajın doğal ve antropojenik etkenlere bağlı olarak heterojen lekelerden oluşan mozaığe dönüştürüldüğü sürecin nicel yansımasıdır ve peyzaj ekolojik risk (PER) değerlerinin hesaplanmasında kullanılan peyzaj bozulma indeksinin en yüksek ağırlığa sahip değişkenidir. Çalışma alanının 1992 ve 2022 yıllarına ait peyzaj parçalanma indeksi formüle (4) göre her iki yıl için tüm risk değerlendirme birimlerinde hesaplanmıştır. Peyzaj parçalanma indeksi, risk değerlendirme birimlerinde bulunan AK/AÖ sınıflarının sahip oldukları leke sayısı ve alansal büyüklükleri ile hesaplanmaktadır. Dolayısıyla bir risk değerlendirme birimindeki alansal büyüklük az, leke sayısı fazla ise parçalanma indeksi büyük bir değere; alansal büyüklük fazla, leke sayısı az ise sınıfa ait peyzaj parçalanma indeksi küçük bir değere sahip olacaktır.

1992 yılı için risk değerlendirme birimlerinde hesaplanan peyzaj parçalanma indeks değerleri, çok düşük ($<7,11$), düşük (7,12-18,81), orta (18,82-40,04), yüksek (40,05-83,63) ve çok yüksek ($83,64<$) olmak üzere doğal kırımlım yöntemi ile beş sınıf altında sınıflandırılmıştır. Buna göre çalışma alanının %58,28'ini çok düşük peyzaj parçalanma sınıfı oluşturmaktadır. Bunu takiben alanın %27,15'i düşük, %9,6'sı orta, %3,31'i yüksek ve %1,66'lık kısmı ise çok yüksek derecede parçalanma göstermektedir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8: 1992 yılına ait peyzaj parçalanma indeksi haritası

Çalışma alanı içinde tek AK/AÖ sınıfının hâkim olduğu 13 risk değerlendirme birimi (32, 11, 50, 84, 95, 107, 143, 144, 147, 171, 183, 262, 280) peyzaj parçalanma indeksi bakımından en küçük değere sahiptir. Çalışma alanı içinde çok yüksek sınıfında ise beş değerlendirme birimi (sırayla 197, 156, 74, 293, 232) bulunmaktadır. Şekil 4.9’da peyzaj parçalanma indeks değerleri en yüksek (134,62) ve en düşük (0,06) olan risk değerlendirme birimlerinin mekansal konumları ve AK/AÖ haritaları verilmiştir.



Şekil 4.9: 1992 yılı en yüksek ve en düşük peyzaj parçalanma değeri gösteren risk değerlendirme birimlerinin alan kullanım/arazi örtüsü haritası

En yüksek peyzaj parçalanma indeks değerine sahip risk değerlendirme birimi (197) içinde 0,27 km² yerleşim alanı, 7,58 km² tarım alanı, 8,29 km² sulak alan ve 0,02 km² diğer sınıfları bulunmaktadır. Yerleşim alanı, tarım alanı ve sulak alan sınıfları 1 lekeden oluşurken, diğer sınıfına ait 2 leke bulunmaktadır. Dolayısıyla diğer sınıfının alansal büyüklük olarak en küçük değere sahipken 2 farklı lekeden oluşması, yüksek parçalanma değeri göstermesine neden olmaktadır. Sulak alanın ise risk değerlendirme birimi içinde en büyük alansal büyüklüğe sahip ve 1 lekeden oluşan sınıf olması nedeniyle peyzaj parçalanma indeks değeri en düşüktür. Tablo 4.4'te en yüksek parçalanma değerine sahip risk değerlendirme birimine ait AK/AÖ sınıflarının peyzaj parçalanma indeks değerleri verilmiştir.

Tablo 4.4: 1992 yılına ait en yüksek parçalanma değerine sahip risk değerlendirme birimi alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj parçalanma indeks değerleri

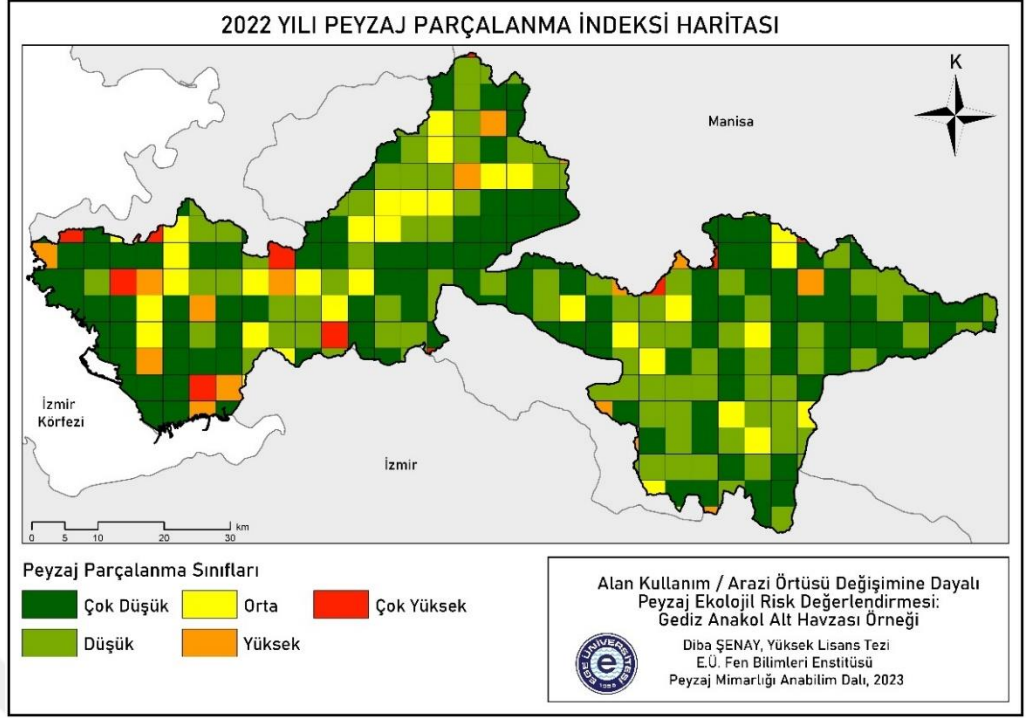
AK/AÖ Sınıfı	Leke sayısı	Alan (km ²)	Ci
Yerleşim alanı	1	0,27	3,65
Tarım alanı	1	7,58	0,13
Sulak Alan	1	8,29	0,12
Diğer	2	0,02	130,72

Çalışma alanında en düşük parçalanma değerine sahip 13 risk değerlendirme biriminde hâkim alan kullanım sınıfı tarım alanıdır (Şekil 4.9). Tek AK/AÖ sınıfının hâkim olduğu risk değerlendirme birimleri, sınıfı parçalayan herhangi bir başka sınıf olmadığı için, peyzaj parçalanma indeks değeri en düşük birimlerdir. Bu değer artması yalnızca farklı AK/AÖ sınıfının, hâkim sınıfı parçalayarak leke sayısının arttığı ve alansal büyüklüğün azaldığı durumlarda mümkündür. Tablo 4.5'te tek AK/AÖ sınıfının hâkim olduğu bir risk değerlendirme birimine ait peyzaj parçalanma indeks değeri verilmiştir.

Tablo 4.5: Tek alan kullanım/arazi örtüsü sınıfının hâkim olduğu risk değerlendirme birimine ait peyzaj parçalanma indeks değeri

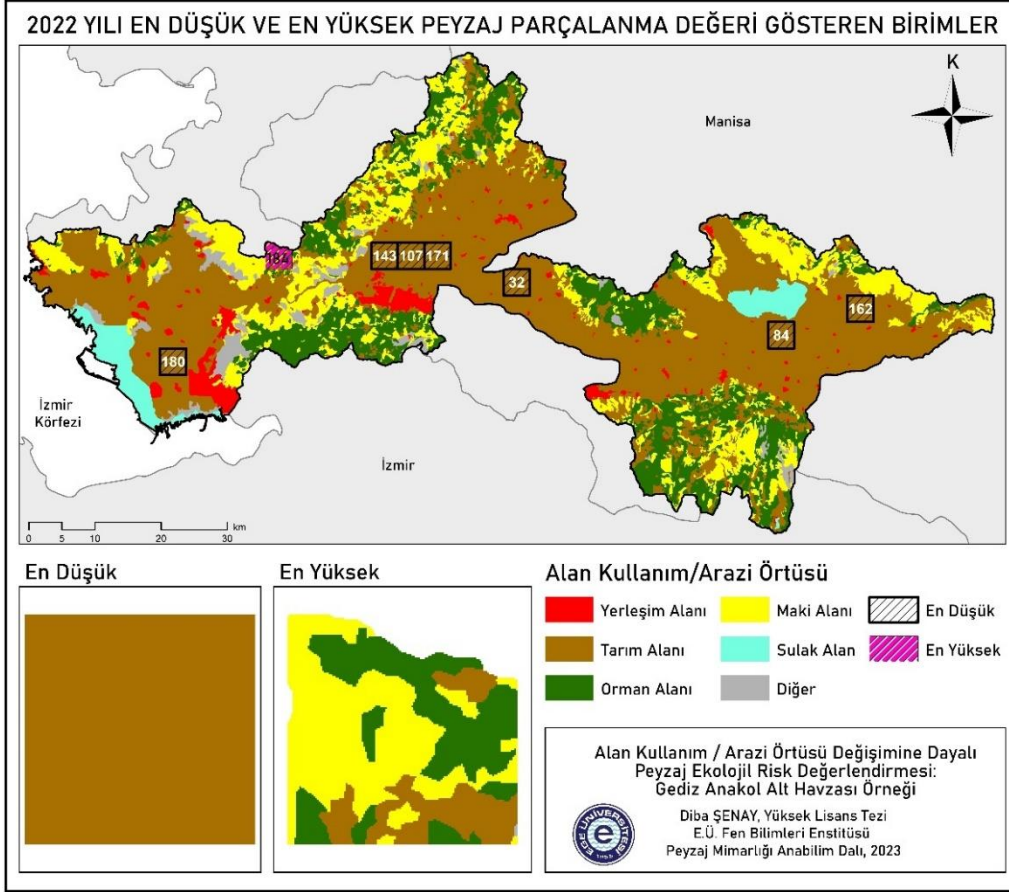
AK/AÖ Sınıfı	Leke sayısı	Alan (km ²)	Ci
Tarım alanı	1	16	0,06

2022 yılı için risk değerlendirme birimlerinde hesaplanan peyzaj parçalanma indeks değerleri, çok düşük (<6,97), düşük (6,98-15,76), orta (17,77-28,19), yüksek (28,20-52,73) ve çok yüksek (52,74<) olmak üzere doğal kırılım yöntemi ile beş sınıf altında sınıflandırılmıştır. Buna göre çalışma alanının %45,03'ü çok düşük, %31,46'sı düşük, %12,91'i orta, %5,96'sı yüksek ve %4,64'ü çok yüksek peyzaj parçalanma sınıfına sahip olduğu görülmektedir. (Şekil 4.10).



Şekil 4.10: 2022 yılına ait peyzaj parçalanma indeksi haritası

2022 yılında çalışma alanı içinde tek AK/AÖ sınıfının hâkim olduğu yedi risk değerlendirme biriminin (32, 84, 107, 143, 162, 171,180), peyzaj parçalanma indeks değeri en düşüktür. Çok yüksek sınıfında ise 14 değerlendirme birimi (sırayla 184, 86, 35, 7, 252, 25, 196, 227, 74, 242, 281, 223, 77, 268) bulunmaktadır. Şekil 4.11’de indeks değerleri en yüksek (82,65) ve en düşük (0,06) olan risk değerlendirme birimlerinin mekansal konumları ve AK/AÖ haritaları verilmiştir.



Şekil 4.11: 2022 yılı en yüksek ve en düşük peyzaj parçalanma değeri gösteren risk değerlendirme birimlerinin alan kullanım/arazi örtüsü haritası

En yüksek parçalanma değerine sahip risk değerlendirme birimi (184) içinde 2,65 km² tarım alanı, 4,79 km² orman alanı, 6,66 km² maki alanı ve 0,01 km² diğer sınıfı bulunmaktadır. Orman ve maki alanları, birbirleri ve tarım alanları tarafından parçalanarak 6 lekeye; tarım alanları maki ve orman alanları ile parçalanarak 3 lekeye ayrılmıştır. Diğer sınıfına ait 1 leke bulunmaktadır. Dolayısıyla 1 lekeden oluşan ve alansal olarak en küçük değere sahip diğer sınıfının parçalanma değeri en yüksek; leke sayısı ve alansal büyüklük bakımından en fazla değere sahip maki alanının parçalanma değeri en düşüktür. Maki alanı gibi 6 lekeden oluşan orman alanı ise, alansal olarak daha küçük olması nedeniyle peyzaj parçalanma indeks değeri bakımından maki alanından daha yüksektir. Tablo 4.6’da en yüksek peyzaj parçalanma değerine sahip risk değerlendirme birimine ait AK/AÖ sınıflarının, peyzaj parçalanma indeks değerleri verilmiştir.

Tablo 4.6: 2022 yılına ait en yüksek parçalanma değerine sahip risk değerlendirme birimi alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj parçalanma indeks değerleri

AK/AÖ Sınıfı	Leke sayısı	Alan (km ²)	Ci
Tarım alanı	3	2,65	1,13
Orman alanı	6	4,79	1,25
Maki alanı	6	6,66	0,90
Diğer	1	0,01	79,37

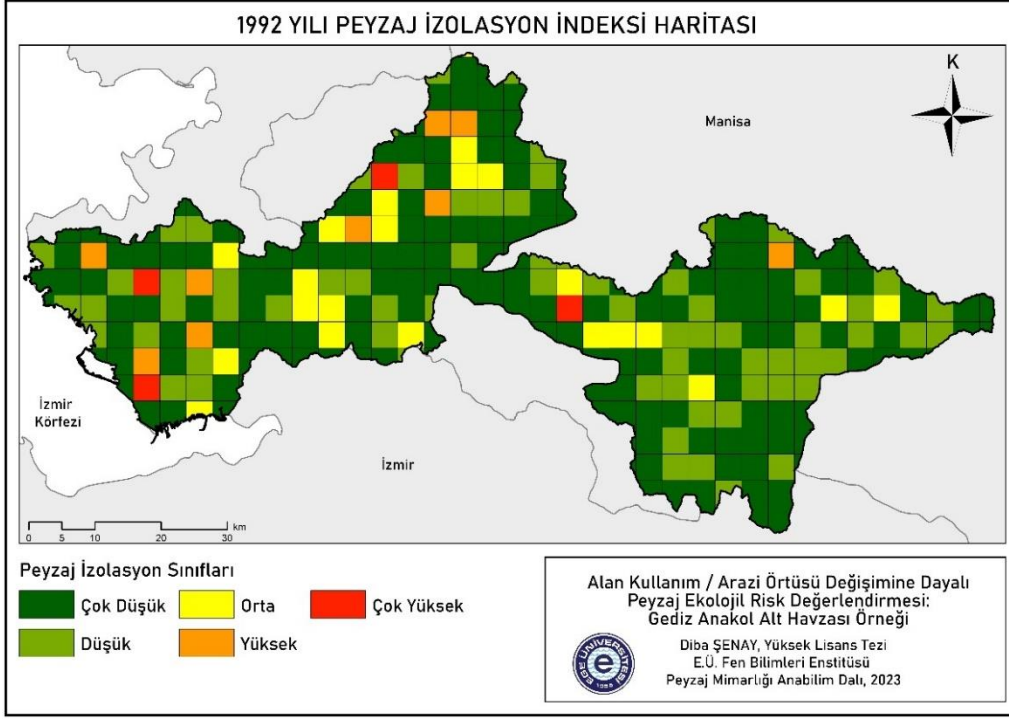
1992 ve 2022 yıllarına ait peyzaj parçalanma indeks değerleri karşılaştırıldığında, özellikle tarım alanı içinde artan yerleşim alanları dağılımlarının tarım alanında parçalanmaya neden olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte maki alanlarının parçalanarak tarım alanları tarafından domine edilmesi, orman alanlarının genellikle maki alanı ve maki alanların ise diğer alanlar tarafından parçalanarak peyzaj parçalanma indeks değerlerini arttırması sonucu, çalışma alanı bütününde parçalanma değerlerinin 1992 ve 2022 yılları arasında artış göstermesine neden olmuştur.

4.2.2. Peyzaj izolasyon indeksi (N_i)

Peyzaj izolasyon indeksi (N_i), peyzaj ekolojik riskin hesaplanmasında en yüksek ağırlığa sahip ikinci peyzaj desen indeksidir ve peyzajdaki lekelerin mekansal dağılımlarının parçalı ve dağınık oluşunun nicel bir yansımasıdır. Çalışma alanının 1992 ve 2022 yıllarına ait peyzaj izolasyon indeksi Formül (5)'e göre her iki yıl için tüm risk değerlendirme birimlerinde hesaplanmıştır. Peyzaj izolasyon indeksi, risk değerlendirme biriminde bulunan AK/AÖ sınıflarının alansal büyüklük ve leke sayılarının yanında risk değerlendirme birimlerinin alansal büyüklüklerini de hesaplamaya dahil etmektedir. Dolayısıyla peyzaj izolasyon indeksinin hesaplanmasında, risk değerlendirme birimi bütününde herhangi bir sınıfa ait leke sayısı fazla, alansal büyüklük az ise peyzaj izolasyonu o kadar küçük; leke sayısı az ve alansal büyüklüğü fazla ise peyzaj izolasyonu o kadar büyük değere sahip olacaktır.

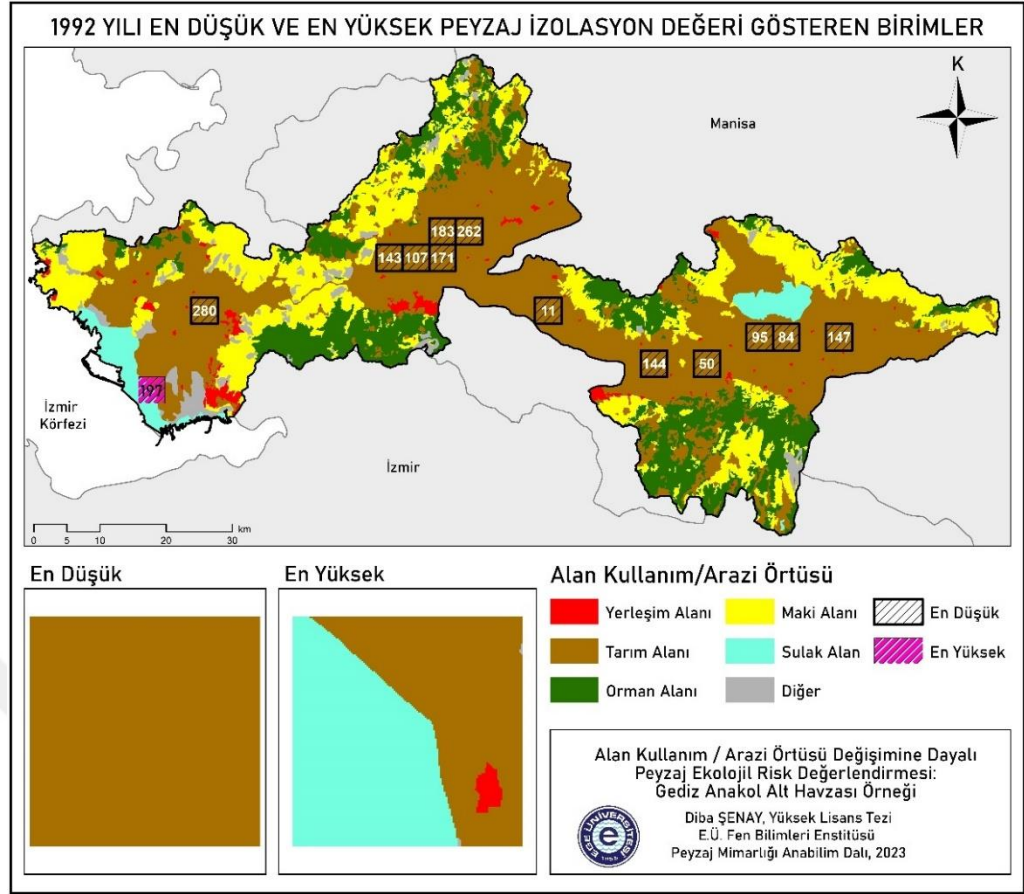
1992 yılı için risk değerlendirme birimlerinde hesaplanan peyzaj izolasyon indeks değerleri, çok düşük (<5,84), düşük (5,85-15,11), orta (15,12-35,27),

yüksek (35,28-67,80) ve çok yüksek (67,81<) olmak üzere doğal kırılım yöntemi ile beş sınıf altında sınıflandırılmıştır. Buna göre çalışma alanının %64,9'luk kısmını çok düşük peyzaj izolasyon sınıfı oluşturmaktadır. Bu sınıfı takiben alanın %23,51'i düşük, %7,28'i orta, %2,98'i yüksek ve %1,32'si çok yüksek sınıflarındaki peyzaj izolasyon değerine sahiptir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12: 1992 yılına ait peyzaj izolasyon indeksi mekansal dağılımı

Peyzaj izolasyon indeksi, peyzaj parçalanma indeksiyle doğru orantılı bir ilişki göstermektedir. Dolayısıyla en yüksek peyzaj parçalanma değeri gösteren değerlendirme birimi (197), aynı zamanda en yüksek izolasyon değerine sahiptir. Çalışma alanı içinde tek AK/AÖ sınıfının hâkim olduğu 13 risk değerlendirme birimi (11, 32, 50, 84, 95, 107, 143, 144, 147, 171, 183, 262, 280) peyzaj izolasyon indeksi bakımından en küçük değere sahiptir. Şekil 13'te indeks değerleri en yüksek (193,65) ve en düşük (0,12) olan risk değerlendirme birimlerinin mekansal konumları ve AK/AÖ haritası verilmiştir.



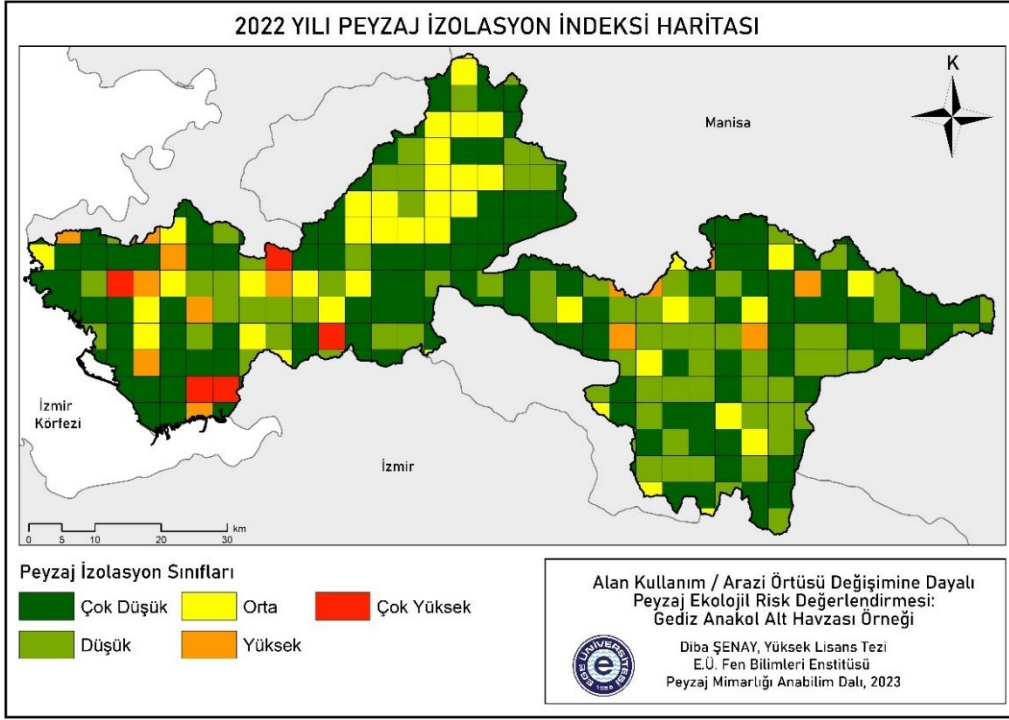
Şekil 4.13: 1992 yılı en yüksek ve en düşük peyzaj izolasyon değeri gösteren risk değerlendirme birimlerinin alan kullanım/arazi örtüsü haritası

En düşük peyzaj izolasyon indeks değerine sahip risk değerlendirme birimlerinde hâkim alan kullanım sınıfının peyzaj parçalanma indeksinde olduğu gibi yine tarım alanı olduğu saptanmıştır. En yüksek izolasyon değerine sahip risk değerlendirme birimi içinde bulunan AK/AÖ sınıflarına ait peyzaj izolasyon indeks değerleri Tablo 4.7’de verilmiştir.

Tablo 4.7: 1992 yılına ait en yüksek peyzaj parçalanma indeks değerine sahip risk değerlendirme birimi (197) alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj izolasyon indeks değerleri

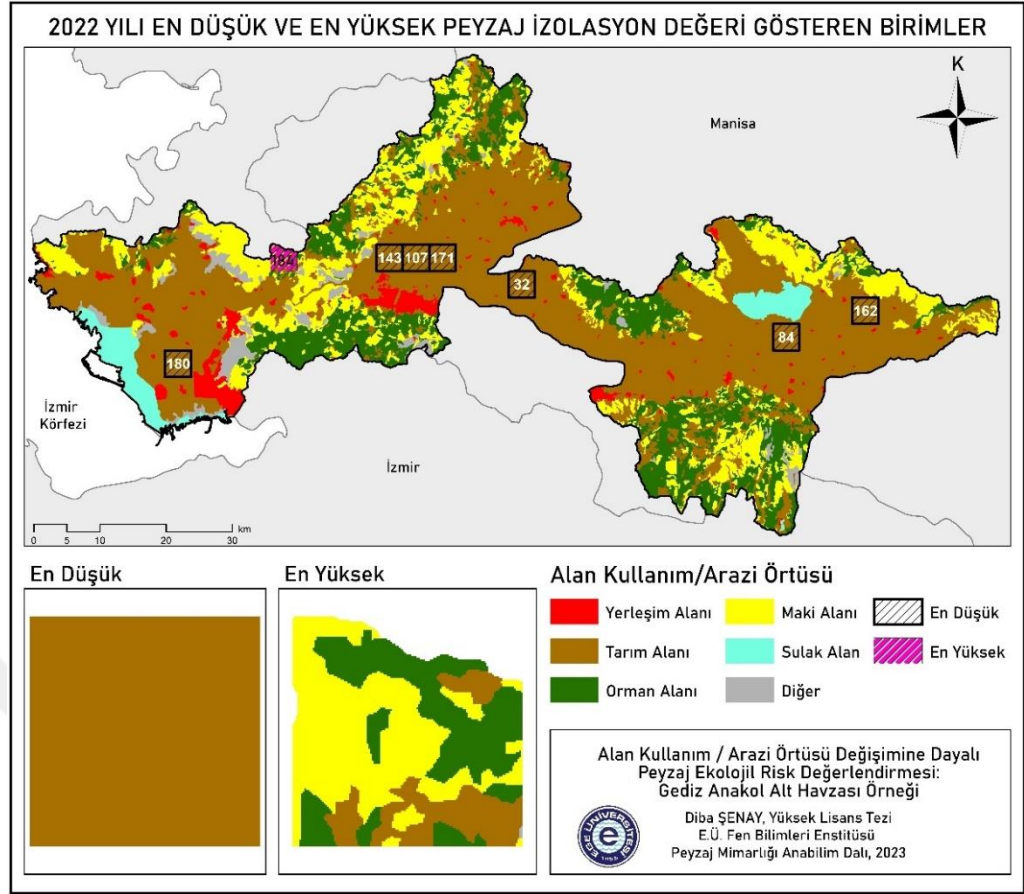
AK/AÖ Sınıfı	Leke sayısı	Alan (km ²)	Ni
Yerleşim alanı	1	0,27	7,35
Tarım alanı	1	7,58	0,27
Sulak alan	1	8,29	0,24
Diğer	2	0,02	185,79

2022 yılı için risk değerlendirme birimlerinde hesaplanan peyzaj izolasyon indeks değerleri, çok düşük (<9,31), düşük (9,32-22,50), orta (22,51-46,74), yüksek (46,75-87,95) ve çok yüksek (46,75<) olmak üzere doğal kırılım yöntemi ile beş sınıf altında sınıflandırılmıştır. Buna göre risk değerlendirme birimleri bazında çalışma alanının %53,97'si çok düşük, %25,83'ü düşük, %13,91'i orta, %4,64'ü yüksek ve %1,66'sı çok yüksek sınıflarına ait peyzaj izolasyon sınıflarından oluşmaktadır (Şekil 4.14).



Şekil 4.14: 2022 yılına ait peyzaj izolasyon indeksi haritası

2022 yılına ait çalışma alanı içinde peyzaj izolasyon indeksi çok yüksek sınıfında beş (sırayla 184, 196, 252, 214, 268), çok düşük sınıfında ise yedi (32, 84, 107, 143, 162, 171, 180) risk değerlendirme birimi bulunmaktadır (Şekil 4.15). Çok düşük sınıfındaki risk değerlendirme birimlerinde tek AK/AÖ sınıfı hakimdir ve hâkim AK/AÖ sınıfı ise 1992 yılında olduğu gibi yine tarım alanıdır. Dolayısıyla bu risk değerlendirme birimlerinde peyzaj izolasyon indeksi en düşük (0,12) değere sahiptir. Tablo 4.8'de, en yüksek peyzaj izolasyon indeks değerine sahip risk değerlendirme birimine ait AK/AÖ sınıflarının indeks değerleri verilmiştir.



Şekil 4.15: 2022 yılı en yüksek ve en düşük peyzaj izolasyon değeri gösteren risk değerlendirme birimlerinin alan kullanım/arazi örtüsü haritası

Tablo 4.8: 2022 yılına ait en yüksek peyzaj parçalanma indeks değerine sahip risk değerlendirme birimi (184) alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj izolasyon indeks değerleri

AK/AÖ Sınıfı	Leke sayısı	Alan (km ²)	Ni
Tarım alanı	3	2,65	1,32
Orman alanı	6	4,79	1,03
Maki alanı	6	6,66	0,74
Diğer	1	0,01	159,52

1992 ve 2022 yıllarına ait peyzaj izolasyon indeks değerleri karşılaştırıldığında, 1992 yılında çok düşük sınıfına ait risk değerlendirme birimlerinin, 30 yıllık zaman süresince düşük, orta, yüksek ve çok yüksek sınıflarına doğru dönüşüm gösterdiği tespit edilmiştir. Tüm risk değerlendirme birimlerinin aynı alansal büyüklüğe sahip olduğu göz önünde bulundurularak, bu dağılımın başta tarım alanlarının yerleşim alanları tarafından; orman

alanlarının ise maki alanları tarafından parçalanmasından kaynaklı olduğu saptanmıştır.

4.2.3. Peyzaj baskınlık indeksi (D_i)

Peyzaj baskınlık indeksi (D_i), risk değerlendirme birimlerindeki AK/AÖ sınıflarının alansal büyüklüklerine göre diğer sınıflara olan baskınlığının nicel olarak ifade edilmesini sağlayan ve peyzaj ekolojik risk indeksi hesaplamasında kullanılan peyzaj bozulma indeksinin bir değişkenidir. Çalışma alanının 1992 ve 2022 yıllarına ait peyzaj baskınlık indeksi Formül (6)'e göre her iki yıl için tüm risk değerlendirme birimlerinde hesaplanmıştır. Peyzaj baskınlık indeksi, Q_i (i sınıfının piksel sayısının, değerlendirme birimindeki piksel sayısına oranı), M_i (i sınıfına ait leke sayısının, değerlendirme birimindeki leke sayısına oranı) ve L_i (i sınıfının alanının, değerlendirme biriminin alanına oranı) değişkenlerinin bir arada değerlendirilmesi ile hesaplanmaktadır. Buna göre Q_i ile L_i değişkenleri doğru orantılı bir ilişki gösterirken, M_i alansal büyüklüğe bağlı olmaksızın bağımsız değişken olarak değerlendirilmekte ve peyzaj metriklerinden Leke Sayısı (Number of Patches - NP) ile hesaplanmaktadır. Peyzaj baskınlık indeksi hesaplamasında kullanılan değişkenlerin her biri eşit alansal büyüklüğe sahip olan risk değerlendirme birimleri ile oranlandığı için, çalışma alanı genelinde birbirinden farklı bir sonuç elde edilmemekte olup (tüm risk değerlendirme birimleri için $D_i=1$), yalnızca hesaplanan risk değerlendirme birimlerindeki baskın AK/AÖ sınıfının belirlenmesini sağlamaktadır.

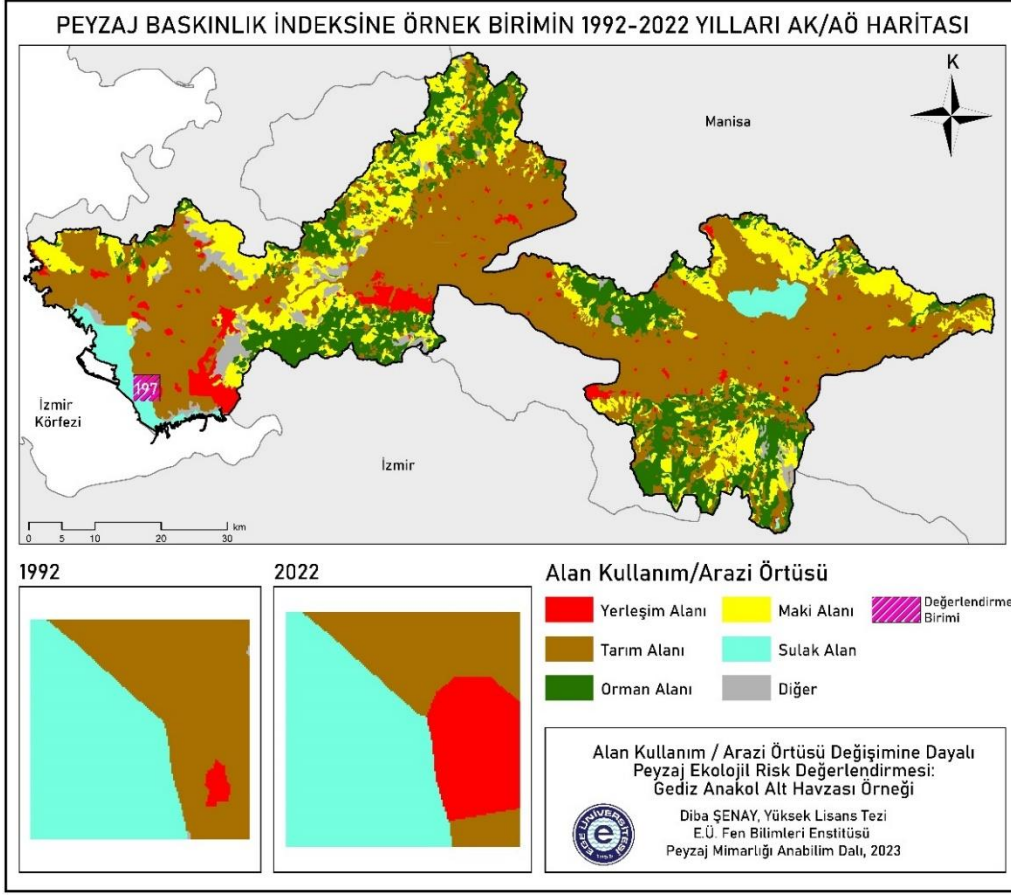
Peyzaj baskınlık indeksinin hesaplanmasının örneklendirilmesine dair 1992 yılına ait peyzaj parçalanma ve peyzaj izolasyon indeks hesaplamalarında en yüksek değere sahip olan risk değerlendirme biriminden (197) yararlanılmıştır. Söz konusu değerlendirme biriminin 1992 yılına ait AK/AÖ sınıflarının peyzaj baskınlık indeksleri hesaplandığında, alansal büyüklükleri dolayısıyla en yüksek Q_i ve L_i değerlerine sahip olan sınıflar sırasıyla sulak alan, tarım alanı, yerleşim alanı ve diğer olarak belirlenmiştir. Leke sayısının baz alındığı M_i değişkeninde ise, en fazla lekeye sahip olan diğer sınıfı en yüksek; leke sayıları aynı olan sulak alan, tarım alanı ve yerleşim alanı sınıfları ise eşit değere sahiptir. Risk değerlendirme birimindeki her bir AK/AÖ sınıfının peyzaj

baskınlık indeksi Q_i , M_i ve L_i değişkenlerine göre hesaplandığında, baskın sınıfın sulak alan olduğu saptanmıştır. Risk değerlendirme birimindeki AK/AÖ sınıflarının 1992 yılına ait peyzaj baskınlık indeks değerleri Tablo 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4.9: 1992 yılına ait 197 numaralı risk değerlendirme birimi alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj baskınlık indeks değerleri

AK/AÖ Sınıfı	Piksel sayısı	Q_i	Leke sayısı	M_i	Alan (km ²)	L_i	Di
Yerleşim alanı	304	0,02	1	0,2	0,27	0,02	0,06
Tarım alanı	8423	0,47	1	0,2	7,58	0,47	0,40
Sulak alan	9212	0,51	1	0,2	8,29	0,51	0,44
Diğer	17	0,01	2	0,4	0,01	0,01	0,10

Zaman içinde AK/AÖ sınıflarında meydana gelen değişimlerin, peyzaj baskınlık indeksi üzerindeki etkisinin saptanabilmesi için 2022 yılına ait aynı numaralı risk değerlendirme birimi (197) değerlendirilmiştir. Buna göre 2022 yılına ait 197 numaralı risk değerlendirme birimi sınırları içinde 3,3 km² yerleşim alanı, 4,63 km² tarım alanı ve 8,23 km² sulak alan sınıfları bulunmaktadır (Şekil 4.16). 1992 yılından farklı olarak 2022 yılında diğer sınıfının tarım alanına dönüşüm gösterdiği ve yerleşim alanı sınıfının alansal büyüklüğünün arttığı belirlenmiştir. 1992 yılında 1 lekeye sahip olan tarım alanı, yerleşim alanı tarafından parçalanmıştır. Yerleşim alanı ve sulak alan ise 1992 yılında olduğu gibi 1 lekeden oluşmaktadır. 2022 yılına ait risk değerlendirme birimine hâkim AK/AÖ 1992 yılında olduğu gibi yine sulak alan olduğu görülmektedir. Bunun sebebi ise sulak alanın alansal büyüklük bakımından azalan tarım alanı ve artan yerleşim alanı büyüklüklerinden fazla olmasıdır. Sulak alanı takiben sırasıyla tarım alanı ve yerleşim alanı gelmektedir. Tablo 4.10'da, risk değerlendirme biriminin 2022 yılına ait AK/AÖ sınıflarının peyzaj baskınlık indeks değerleri verilmiştir.



Şekil 4.16: 197 numaralı risk değerlendirme biriminin 1992 ve 2022 yılına ait alan kullanım/arazi örtüsü haritası

Tablo 4.10: 2022 yılına ait 197 numaralı risk değerlendirme birimi alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj baskınlık indeks değerleri

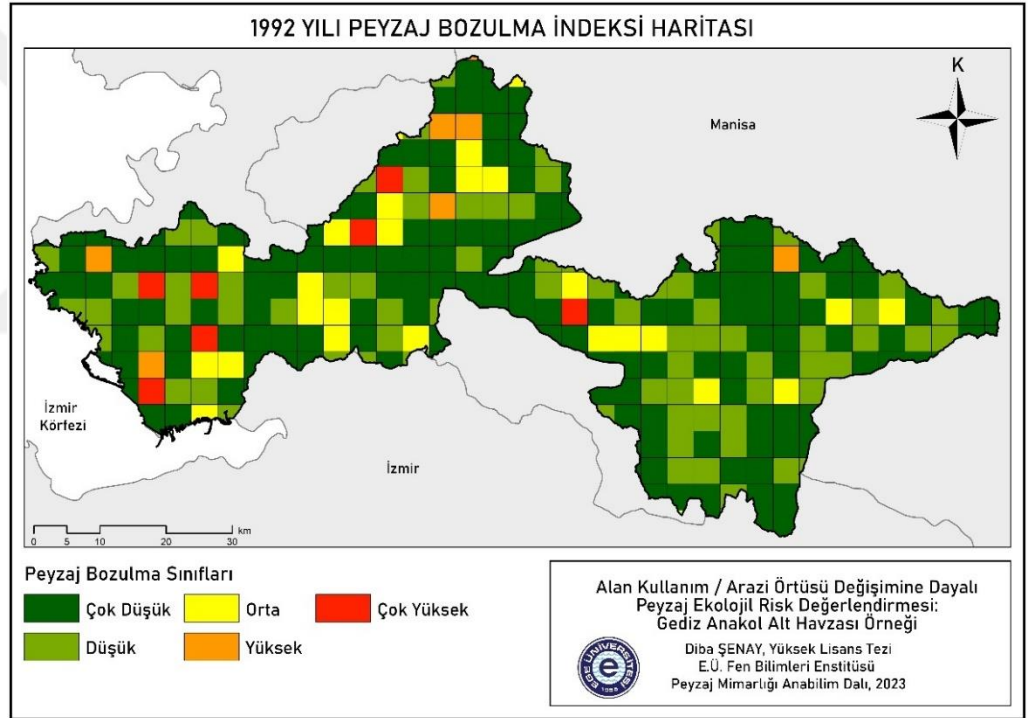
AK/AÖ Sınıfı	Piksel sayısı	Q_i	Leke sayısı	M_i	Alan (km ²)	L_i	D_i
Yerleşim alanı	3668	0,20	1	0,25	3,30	0,20	0,22
Tarım alanı	5139	0,29	2	0,50	4,63	0,29	0,33
Sulak alan	9149	0,51	1	0,25	8,23	0,51	0,45

4.2.4. Peyzaj bozulma indeksi (S_i)

Peyzaj bozulma indeksi (S_i), doğal ve antropojenik faktörlerden kaynaklanan AK/AÖ değişimlerinin, ekosistem işleyişi üzerindeki olumsuz etkisinin nicel bir karakterizasyonudur. Peyzaj ekolojik risk indeksi ile doğru orantılı bir ilişki gösteren peyzaj bozulma indeksi, peyzaj parçalanma, peyzaj izolasyon ve peyzaj baskınlık indeks değerlerinin ağırlıklandırılması ile

hesaplanmaktadır. Yapılan literatür taraması ile belirlenen ağırlıklar peyzaj parçalanma indeksi için 0,5; peyzaj izolasyon indeksi için 0,3 ve peyzaj baskınlık indeksi için ise 0,2 olarak belirlenmiştir.

1992 yılı için her bir risk değerlendirme biriminde hesaplanan peyzaj bozulma indeks değerleri, çok düşük (<6,20), düşük (6,21-15,61), orta (15,62-31,65), yüksek (31,66-59,93) ve çok yüksek (59,94<) olmak üzere doğal kırılım yöntemi ile beş sınıf altında sınıflandırılmıştır. Buna göre çalışma alanının %58,28'i çok düşük, %26,49'u düşük, %9,93'ü orta, %2,98'i yüksek ve %2,32'si çok yüksek sınıflarında peyzaj bozulma indeks değerine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17: 1992 yılına ait peyzaj bozulma indeksi haritası

Çalışma alanı içinde 1992 yılına ait peyzaj bozulma indeks değeri çok yüksek sınıfında yedi risk değerlendirme birimi (sırasıyla 197, 156, 293, 65, 232, 178, 108) bulunmaktadır. En yüksek değer (125,61) gösteren risk değerlendirme birimine (197) ait AK/AÖ sınıflarının peyzaj bozulma indeks değerleri Tablo 4.11'de verilmiştir.

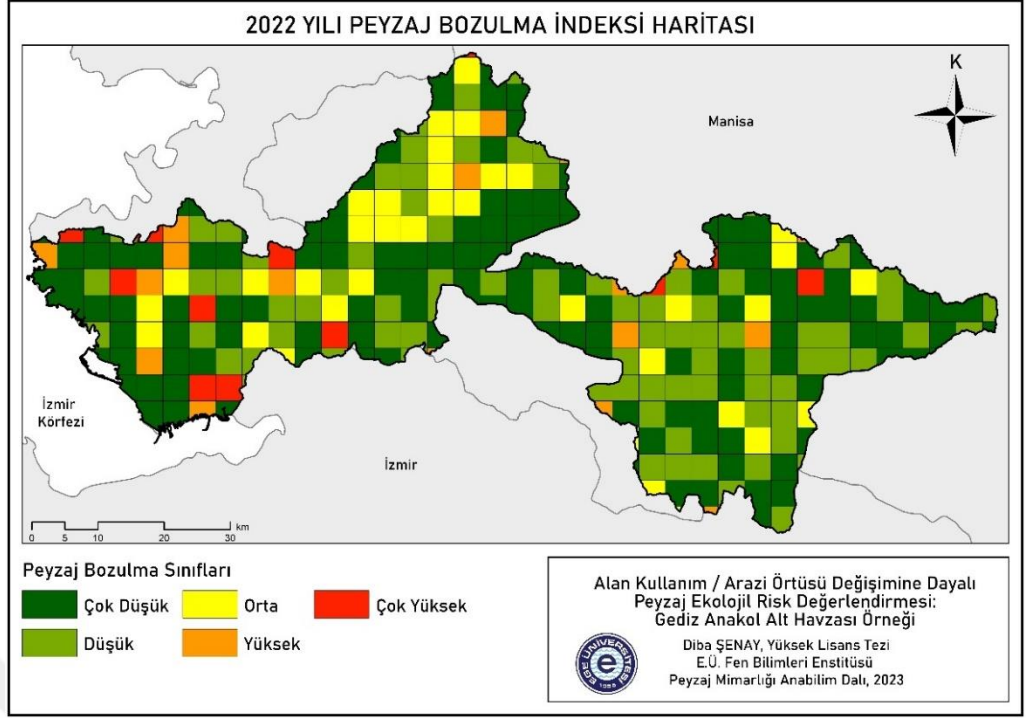
Tablo 4.11: 1992 yılına ait en yüksek bozulma değerine sahip risk değerlendirme birimi (197) alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj bozulma indeks değerleri

AK/AÖ Sınıfı	<i>Ci</i>	<i>Ni</i>	<i>Di</i>	<i>Si</i>
Yerleşim alanı	3,66	7,35	0,06	4,04
Tarım alanı	0,13	0,27	0,40	0,23
Sulak alan	0,12	0,24	0,44	0,22
Diğer	130,72	185,79	0,10	121,12

Tablo 4.11'e göre, risk değerlendirme biriminde en fazla parçalanma ve izolasyon değeri gösteren sınıfın diğer olduğu görülmektedir. Parçalanma ve izolasyon değeri en düşük olan sulak alan ise peyzaj baskınlık indeks değeri daha yüksek olduğu için risk değerlendirme birimine hâkim sınıftır. AK/AÖ sınıflarının peyzaj bozulma indeks değerleri sırasıyla; diğer, yerleşim alanı, tarım alanı ve sulak alan olarak saptanmıştır.

Çalışma alanı içinde en düşük peyzaj bozulma indeks değerine (0,26725) sahip 13 risk değerlendirme birimi (32, 11, 50, 84, 95, 107, 143, 144, 147, 171, 183, 262, 280) bulunmaktadır. Bu alanların en düşük değere sahip olması, risk değerlendirme biriminde bulunan AK/AÖ sınıflarının parçalanma ve izolasyon indeks değerleri ile doğru orantılıdır.

2022 yılı için risk değerlendirme birimlerinde hesaplanan peyzaj bozulma indeks değerleri, çok düşük (<3,26), düşük (3,27-8,33), orta (8,34-18,45), yüksek (18,46-40,58) ve çok yüksek (40,59<) olmak üzere doğal kırılım yöntemi ile beş sınıf altında sınıflandırılmıştır. Buna göre çalışma alanının %48,62'si çok düşük, %29,47'si düşük, %11,26'sı orta, %7,62'si yüksek ve %3,97'si çok yüksek sınıflarında peyzaj bozulma indeks değerine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18: 2022 yılına ait peyzaj bozulma indeksi haritası

Çalışma alanı içinde peyzaj bozulma indeksi en küçük değere (0,26725) sahip olan yedi risk değerlendirme birimi (32, 84, 107, 143, 162, 171, 180) tek AK/AÖ sınıfına sahiptir. 2022 yılında çok yüksek sınıfına ait ise 11 değerlendirme birimi (sırasıyla 184, 196, 252, 268, 214, 86, 223, 242, 257, 25, 77) bulunmaktadır. En yüksek peyzaj bozulma indeks değeri (87,09) gösteren risk değerlendirme birimine (184) ait AK/AÖ sınıflarının peyzaj bozulma indeks değerleri Tablo 4.12’de verilmiştir.

Tablo 4.12: 2022 yılına ait en yüksek bozulma değerine sahip risk değerlendirme birimi (184) alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj bozulma indeks değerleri

AK/AÖ Sınıfı	<i>Ci</i>	<i>Ni</i>	<i>Di</i>	<i>Si</i>
Tarım alanı	1,13	1,32	0,19	0,97
Orman alanı	1,25	1,03	0,35	0,98
Maki alanı	0,90	0,74	0,45	0,75
Diğer	79,37	159,52	0,02	84,39

Tablo 4.12’ye göre, risk değerlendirme biriminde en fazla parçalanma ve izolasyon indeks değerine sahip diğer sınıfının, en az peyzaj baskınlık indeks değerine sahip olduğu görülmektedir. Parçalanma ve izolasyon değeri en düşük

olan maki alanı ise en yüksek baskınlığa sahip ve risk değerlendirme birimine hâkim sınıftır. Peyzaj bozulma indeksinin hesaplanmasında kullanılan parçalanma ve izolasyon indekslerinin daha yüksek ağırlığa sahip olması, peyzaj bozulma indeks değerinin artmasına daha çok etki ederken, peyzaj baskınlık indeksi en düşük ağırlığa sahip olması nedeniyle bozulmaya daha az etki etmektedir. Risk değerlendirme biriminde bulunan AK/AÖ sınıflarının peyzaj bozulma indeks değerleri sırasıyla, diğer, orman alanı, yerleşim alanı ve maki alanıdır.

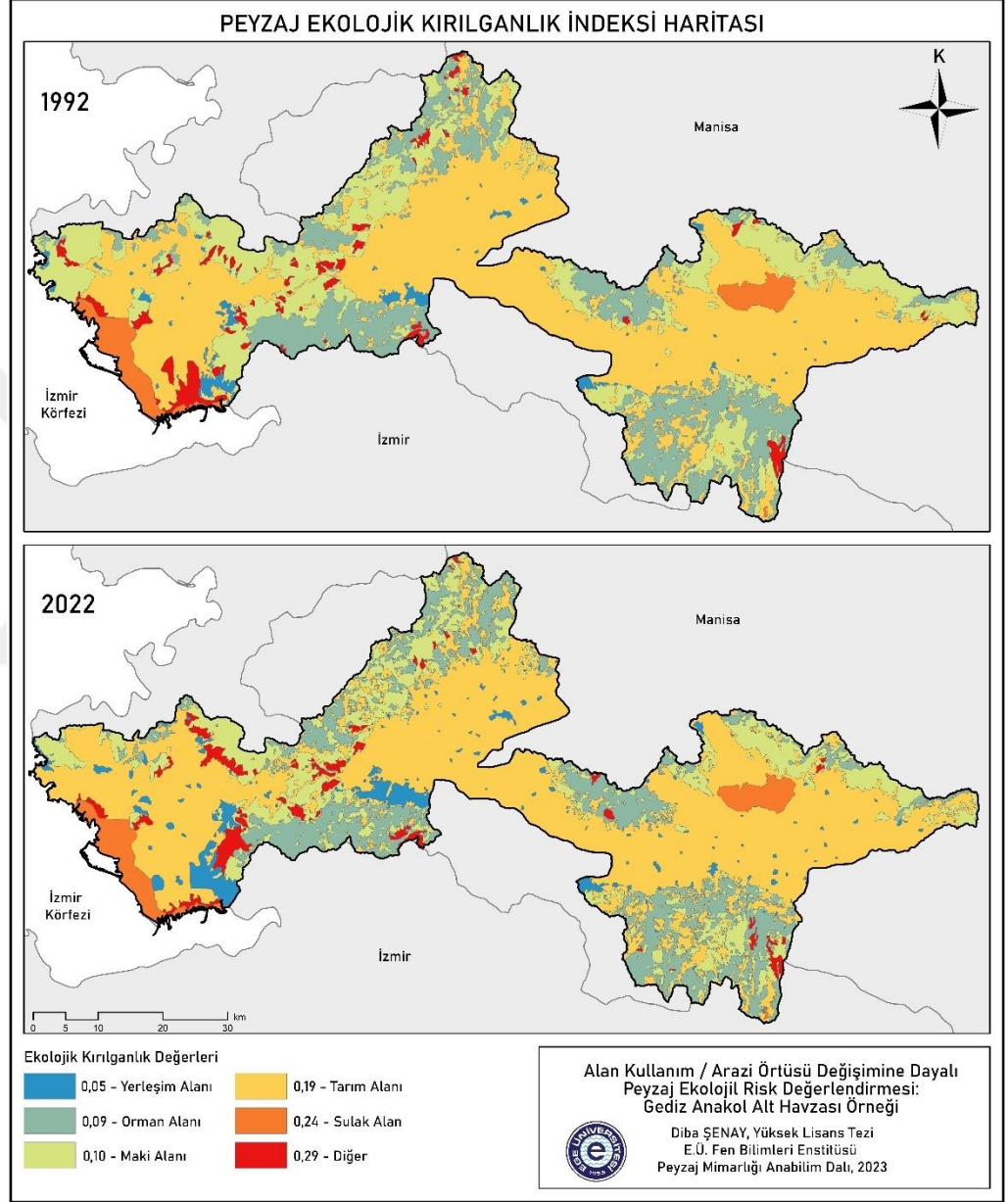
4.2.5. Ekolojik kırılganlık indeksi (F_i)

Ekolojik kırılganlık indeksi (F_i), AK/AÖ sınıflarının direnç kabiliyetini ifade etmektedir. Bir AK/AÖ sınıfının ekolojik kırılganlık indeksi, belirlenen sınıf sayısına bağlı olarak her bir sınıfa atanan değerlerin normalizasyonu ile elde edilmektedir. Bu nedenle belirlenen AK/AÖ sınıflarının, dış etkenlere karşı hassasiyetine dayalı olarak yerleşim alanına 1, orman alanına 2, maki alanına 3, tarım alanına 4, sulak alana 5 ve diğer sınıfına 6 değeri atanmıştır. Atanan değerler arttıkça, AK/AÖ sınıfının direnç kabiliyetinin azaldığı kabul edilmektedir. Yerleşim alanı, antropojenik etkenler olmak üzere çoğunlukla dış müdahaleler sonucu şekillenmiş olan AK/AÖ sınıfıdır. Bu alanların ekolojik olarak direnç kabiliyetinin yüksek olduğu ve dış müdahalelere karşı daha az hassasiyet gösterdiği kabul edilmektedir. Bu nedenle yerleşim alanı, ekolojik kırılganlık indeksinin hesaplanmasında en az değere sahip sınıf olarak belirlenmiştir. Diğer sınıfının ise boş ve kullanılmayan alanlar olduğu kabul edilerek dış müdahalelere açık olması nedeniyle en yüksek değer bu sınıfa atanmıştır.

Ekolojik kırılganlık indeksi (F_i), her bir sınıfa atanan değerlerin normalizasyonu ile elde edildiğinden dolayı 1992 ve 2022 yıllarında aynı AK/AÖ sınıfları, aynı kırılganlık değerleri ile değerlendirilmiştir (Şekil 4.19). Tablo 4.13'te AK/AÖ sınıflarının ekolojik kırılganlık indeks değerleri verilmiştir.

Tablo 4.13: Alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının ekolojik kırılganlık değerleri

AK/AÖ Sınıfı	Yerleşim Alanı	Tarım Alanı	Orman Alanı	Maki Alanı	Sulak Alan	Diğer
Fi	0,05	0,19	0,09	0,10	0,24	0,29

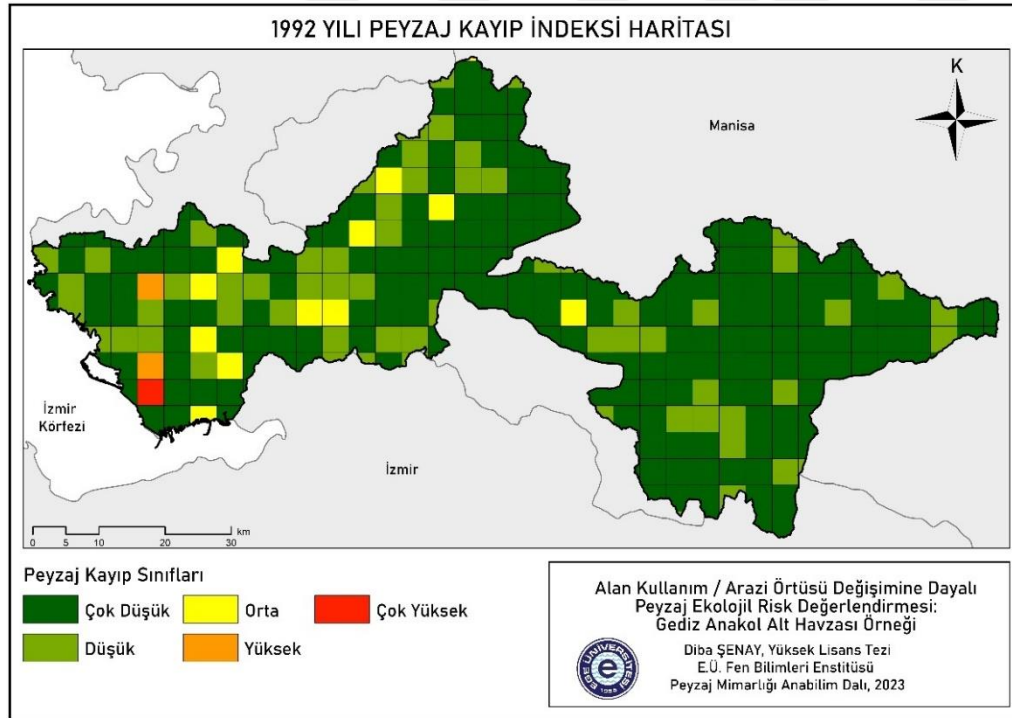


Şekil 4.19: 1992 ve 2022 yıllarına ait ekolojik kırılganlık indeksi haritaları

4.2.6. Peyzaj kayıp indeksi (R_i)

Peyzaj kayıp indeksi (R_i), ekolojik kırılganlık ve peyzaj bozulma indeksleri ile elde edilen, peyzaj ekolojik riskinin saptanmasında hesaplanan son indekstir. Peyzaj kayıp indeksi, peyzajın ekolojik sistem üzerindeki doğal niteliklerini, peyzajdaki AK/AÖ sınıflarının kırılganlıkları ile peyzaj parçalanma, izolasyon ve baskınlık indeks değerlerinin oluşturduğu peyzaj bozulma indeksinin bir arada değerlendirilmesi ile ölçülmektedir.

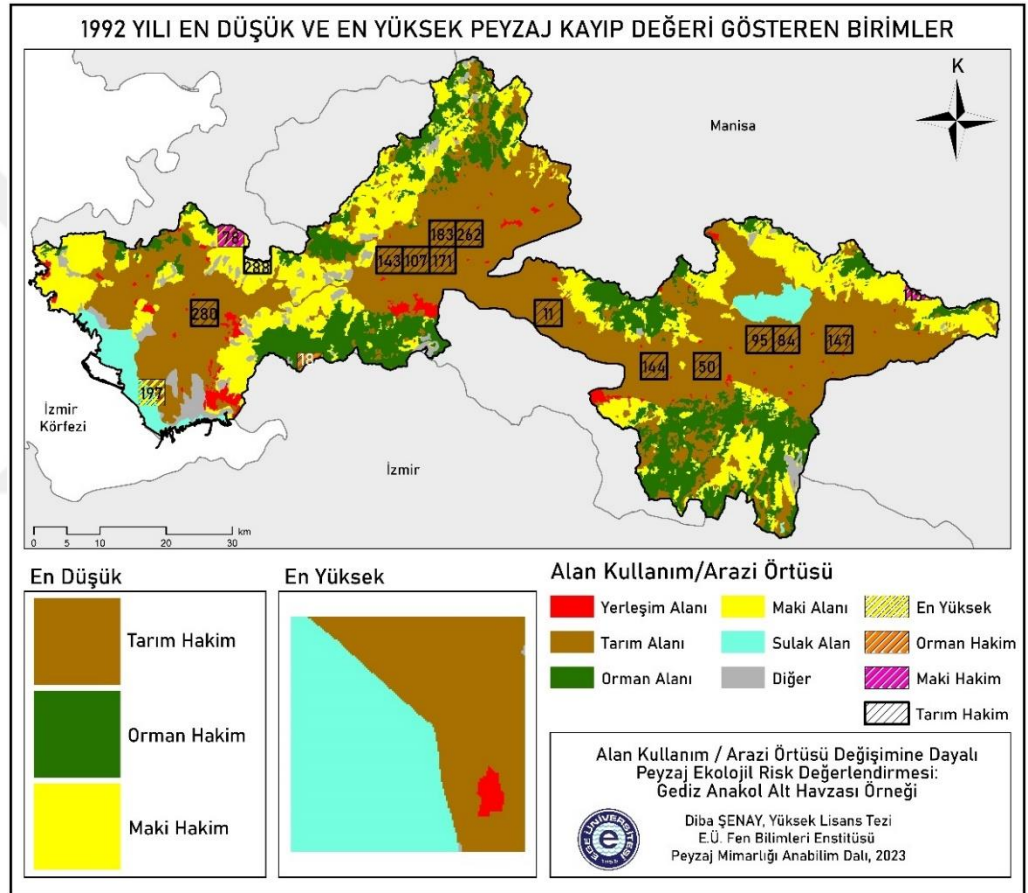
1992 yılı için risk değerlendirme birimlerinde hesaplanan peyzaj kayıp indeks değerleri, çok düşük (<0,78), düşük (0,79-1,91), orta (1,92-4,01), yüksek (4,02-7,35) ve çok yüksek (7,36<) olmak üzere doğal kırılım yöntemi ile beş sınıf altında sınıflandırılmıştır. Buna göre çalışma alanının %71,19'u çok düşük, %22,52'si düşük, %4,97'si orta, %0,99'u yüksek ve %0,33'ü ise çok yüksek sınıflarına ait peyzaj kayıp indeks değeri göstermektedir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20: 1992 yılına ait peyzaj kayıp indeksi haritası

1992 yılında peyzaj kayıp indeksi çok düşük sınıfında 16 risk değerlendirme birimi (11, 18, 50, 78, 84, 95, 107, 115, 143, 144, 147, 171, 183,

262, 280, 288); çok yüksek sınıfında ise 1 risk değerlendirme birimi (197) bulunmaktadır (Şekil 4.21). En düşük kayıp değerine (0,05) sahip olan risk değerlendirme birimlerinin her biri tarım, orman ya da maki alanı olmak üzere tek AK/AÖ sınıflarından oluşmaktadır. Her bir hâkim sınıfın, ekolojik kırılgenlik değeri değışse de parçalanma ve izolasyon değeri düşük olduğu için, kayıp indeksleri en küçük değere sahiptir. En yüksek peyzaj kayıp indeks değeri (34,89) sahip olan risk değerlendirme biriminde bulunan AK/AÖ sınıflarının peyzaj kayıp indeks değeri Tablo 4.14'te verilmiştir.

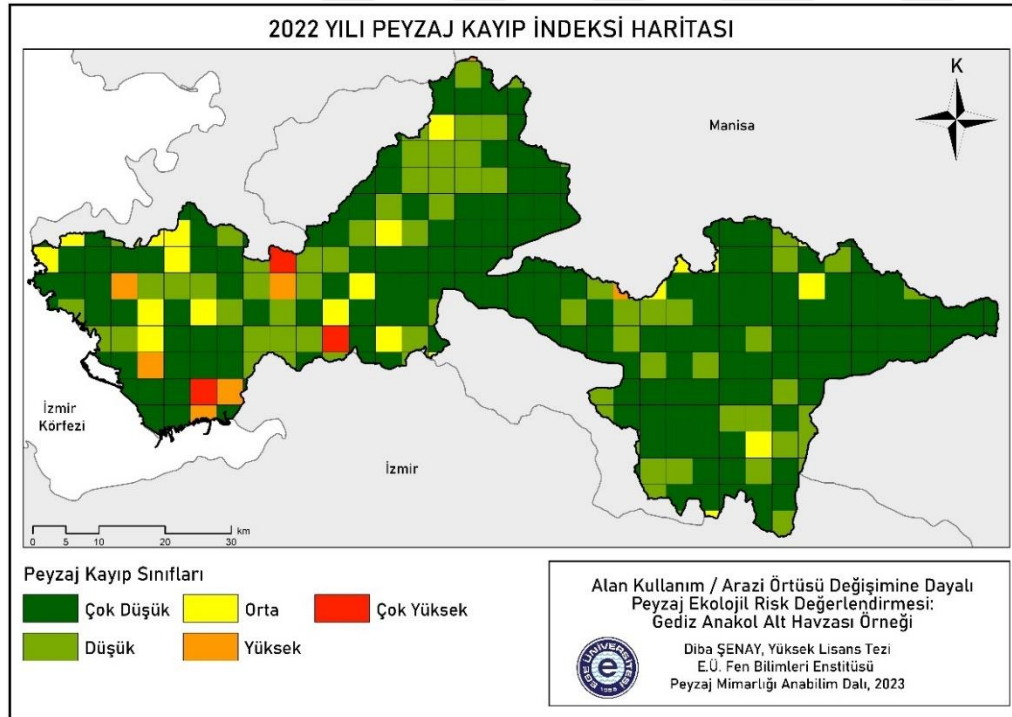


Şekil 4.21: 1992 yılı peyzaj kayıp indeksi çok yüksek ve çok düşük sınıflarına ait risk değerlendirme birimlerinin alan kullanım/arazi örtüsü haritası

Tablo 4.14: 1992 yılına ait en yüksek kayıp değerine sahip risk değerlendirme birimi (197) alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj kayıp indeks değerleri

AK/AÖ Sınıfı	<i>Si</i>	<i>Fi</i>	<i>Ri</i>
Yerleşim alanı	4,04	0,05	0,19
Tarım alanı	0,23	0,19	0,04
Sulak alan	0,22	0,24	0,05
Diğer	121,12	0,29	34,60

2022 yılı için her bir risk değerlendirme biriminde hesaplanan peyzaj kayıp indeks değerleri, çok düşük (<1,03) düşük (1,04-2,68), orta (2,69-5,84), yüksek (5,85-12,03) ve çok yüksek (12,03<) olmak üzere doğal kırılım yöntemi ile beş sınıf altında sınıflandırılmıştır. Buna göre çalışma alanının %63,91'i çok düşük, %24,83'ü düşük, %7,95'i orta, %2,32'si yüksek ve %0,99'u çok yüksek peyzaj kayıp indeks değerine sahip sınıflardan oluştuğu görülmektedir (Şekil 4.22).



Şekil 4.22: 2022 yılına ait peyzaj kayıp indeksi haritası

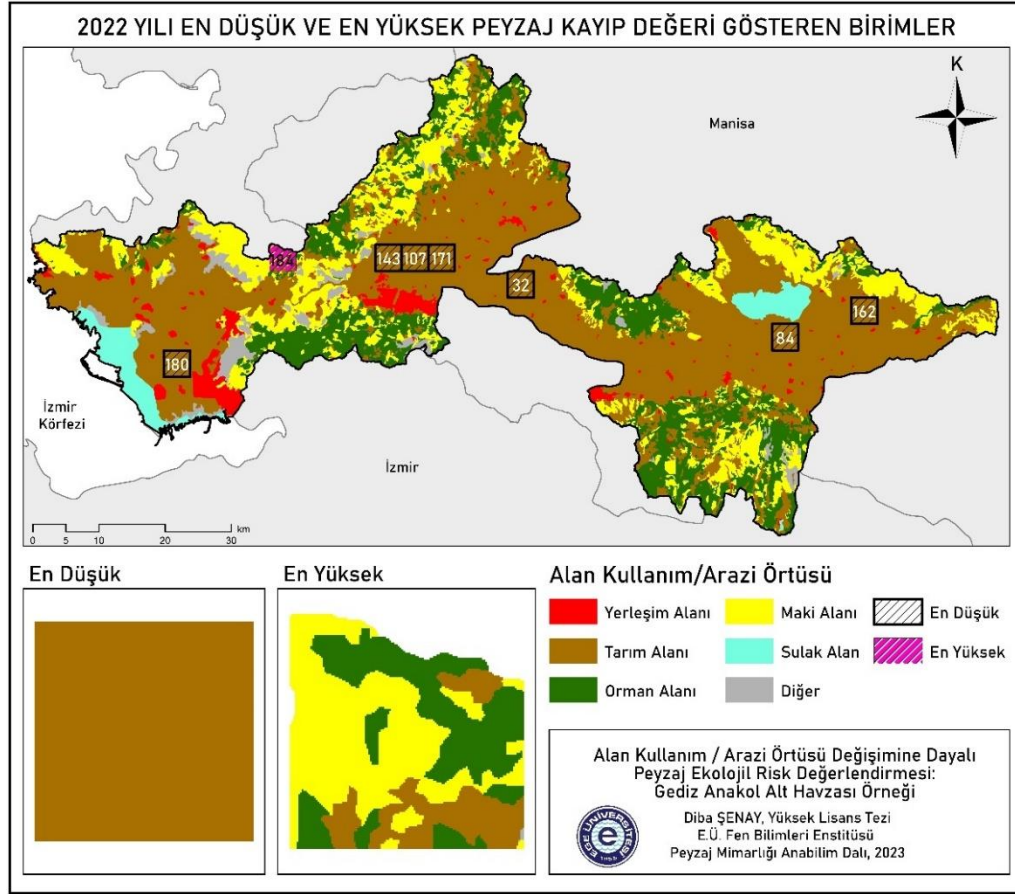
Çalışma alanı içinde peyzaj kayıp indeksi çok yüksek sınıfında dört risk değerlendirme birimi (sırasıyla 184, 252, 268, 214) bulunmaktadır. En yüksek

kayıp değerine (24,46) sahip değerlendirme birimi (184) içinde bulunan AK/AÖ sınıflarının peyzaj kayıp indeks değerleri Tablo 4.15'te verilmiştir.

Tablo 4.15: 2022 yılına ait en yüksek kayıp değerine sahip risk değerlendirme birimi (184) alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj kayıp indeks değerleri

AK/AÖ Sınıfı	<i>Si</i>	<i>Fi</i>	<i>Ri</i>
Tarım alanı	0,97	0,19	0,19
Orman alanı	0,98	0,10	0,09
Maki alanı	0,75	0,10	0,07
Diğer	84,39	0,29	24,11

Çalışma alanında, tek AK/AÖ sınıfının hâkim olduğu yedi değerlendirme birimi (32, 84, 107, 143, 162, 171, 180) ise en düşük peyzaj kayıp indeks değerine (0,05) sahiptir. 1992 ve 2022 yılları arasında söz konusu yedi değerlendirme biriminde de AK/AÖ değişmemiş olup, hâkim AK/AÖ sınıfının tarım alanı olduğu görülmektedir. En yüksek ve en düşük değere sahip risk değerlendirme birimlerin AK/AÖ haritası üzerindeki mekansal konumları Şekil 4.23'te verilmiştir.

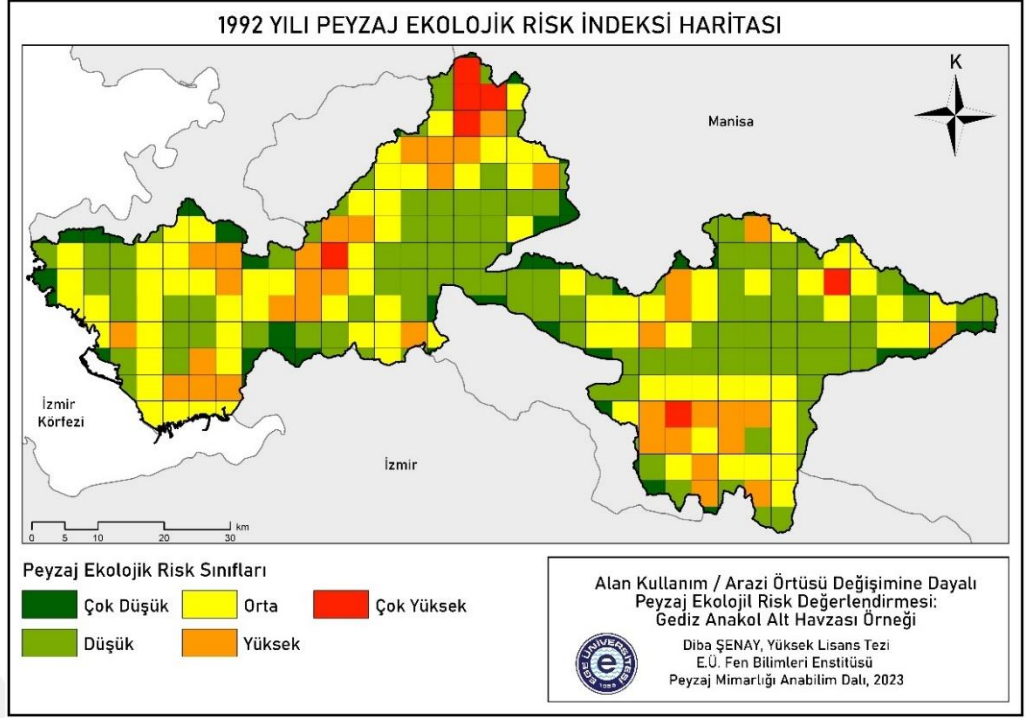


Şekil 4.23: 2022 yılı en yüksek ve en düşük peyzaj kayıp indeksine sahip risk değerlendirme birimlerinin alan kullanım/arazi örtüsü haritası

4.2.7. Peyzaj ekolojik risk (PER) indeksi

Peyzaj ekolojik risk (PER) indeksi, dış müdahaleler sebebiyle ekosistemde meydana gelen çevresel etkilerin nicel bir göstergesidir. Söz konusu indeks, peyzaj kayıp indeksi ile risk değerlendirme birimlerinde bulunan AK/AÖ sınıflarının alansal büyüklüğünün bir arada değerlendirilmesiyle hesaplanmaktadır.

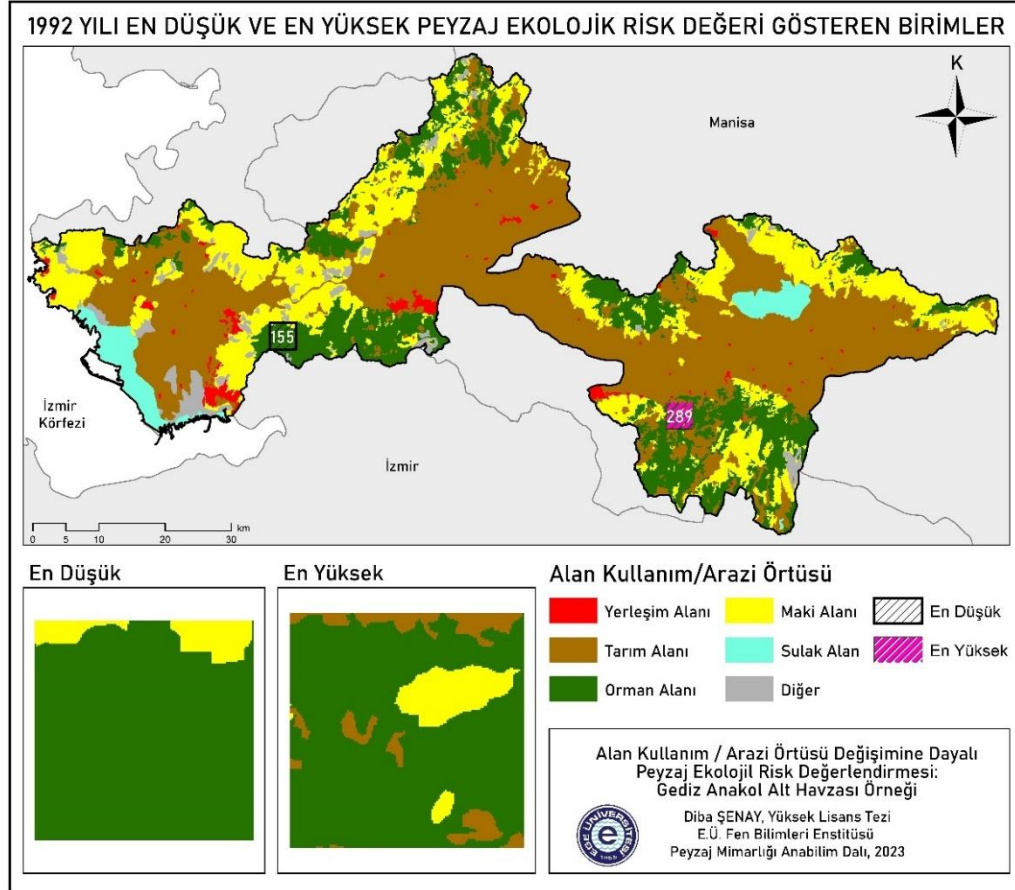
1992 yılı için risk değerlendirme birimlerinde hesaplanan PER indeks değerleri, çok düşük ($<0,02$), düşük ($0,03-0,04$), orta ($0,05-0,06$), yüksek ($0,07-0,09$) ve çok yüksek ($0,10<$) olmak üzere doğal kırılım yöntemi ile beş sınıf altında sınıflandırılmıştır. Buna göre çalışma alanının %22,19'unun çok düşük, %35,76'sının düşük, %27,48'i orta, %12,25'inin yüksek ve %2,32'sinin çok yüksek PER indeks sınıflarından oluştuğu görülmektedir (Şekil 4.24).



Şekil 4.24: 1992 yılına ait peyzaj ekolojik risk indeksi haritası

Çalışma alanı içinde 1992 yılına ait PER indeksi çok yüksek sınıfında değere sahip yedi risk değerlendirme birimi (sırasıyla 289, 265, 224, 102, 246, 175, 1) bulunmaktadır (Şekil 4.25). En yüksek PER indeks değerine (0,13) sahip risk değerlendirme birimi (289) içinde 1,59 km² tarım alanı, 13,04 km² orman alanı ve 1,53 km² maki alanı bulunmaktadır. En düşük alansal büyüklüğe sahip olan maki alanı, orman alanını 3 farklı konumda; tarım alanı ise yine orman alanını 11 farklı konumda parçalamıştır. Orman alanı içindeki açıklıklarda oluşum gösteren bu sınıfların alansal büyüklükleri ile leke sayıları ilişkilendirildiğinde, en fazla peyzaj parçalanma indeks değerine sahip olan AK/AÖ sınıfının en fazla lekeye sahip tarım alanı olduğu saptanmıştır. En az peyzaj parçalanma indeks değerine sahip olan sınıf ise, 1 lekeden oluşan orman alanıdır. Risk değerlendirme birimi kapsamında en fazla parçalanma gösteren tarım alanının, toplam alansal büyüklüğünün az ve leke sayısının fazla olması nedeniyle peyzaj izolasyon indeksi en yüksek değere sahiptir. Sahip olduğu alansal büyüklük ve leke sayısı ile risk değerlendirme birimine hâkim AK/AÖ sınıfı orman alanıdır ve dolayısıyla peyzaj baskınlık indeksi, parçalanma ve izolasyon indeks değerlerine ters orantılı olarak en yüksek değere sahiptir. Peyzaj parçalanma, izolasyon ve baskınlık indeks değerlerinin

ağırlıklandırılması ile elde edilen peyzaj bozulma indeksi ise tarım alanında en fazla iken, orman alanında en düşük değere sahiptir. En yüksek peyzaj bozulma indeks değeri gösteren tarım alanının, peyzaj kayıp indeksi en yüksek; en yüksek peyzaj baskınlık indeks değeri gösteren orman alanının ise, peyzaj kayıp indeksi değeri en düşüktür. Peyzaj kayıp indeksi ve alansal büyüklük değerleri göz önünde bulundurulduğunda, orman alanının PER değeri en düşüktür. En fazla peyzaj bozulma indeks değeri gösterirken, risk değerlendirme birimleri içindeki diğer AK/AÖ sınıflarına kıyasla en yüksek ekolojik kırılganlık indeks değerine sahip olan tarım alanının ise PER indeks değerinin en yüksek olduğu belirlenmiştir. Tablo 4.16’da en yüksek PER değerine sahip risk değerlendirme biriminde (289) bulunan AK/AÖ sınıflarına ait PER indeks değerleri verilmiştir.



Şekil 4.25: 1992 yılı en yüksek ve en düşük peyzaj ekolojik risk indeksine sahip risk değerlendirme birimlerinin alan kullanım/arazi örtüsü haritası

Tablo 4.16: 1992 yılına ait en yüksek risk değeri gösteren risk değerlendirme birimi (289) alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj ekolojik risk indeks değerleri

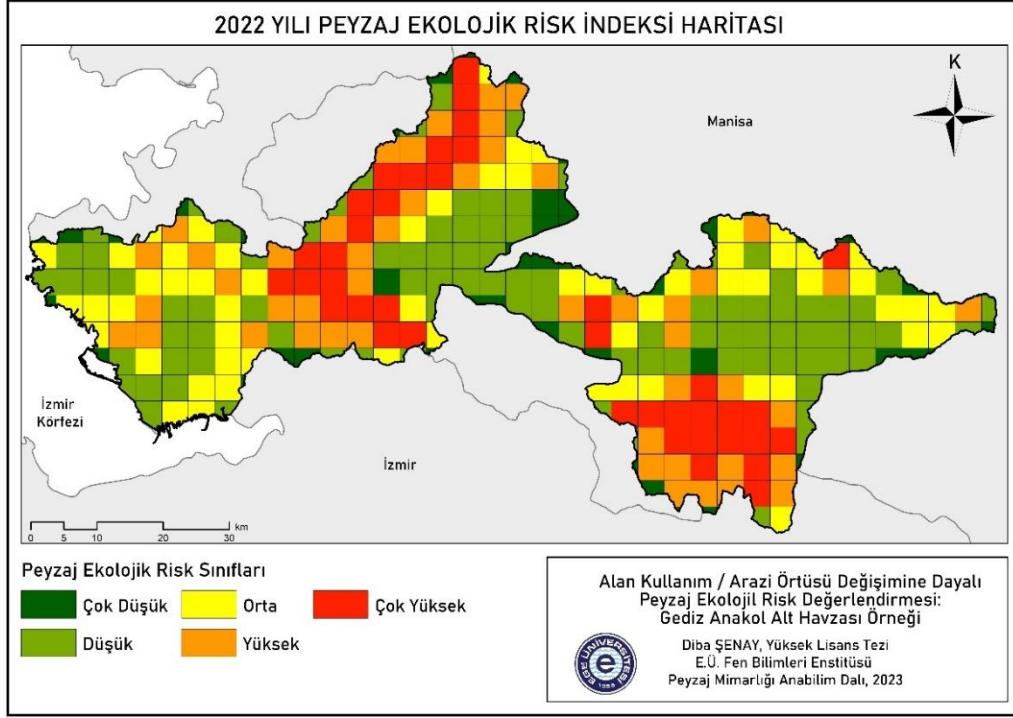
AK/AÖ Sınıfı	Alan (km ²)	Leke sayısı	Ci	Ni	Di	Si	Fi	Ri	PERi
Tarım alanı	1,59	11	6,92	4,19	0,25	4,77	0,19	0,91	0,09
Orman alanı	13,04	1	0,08	0,15	0,62	0,10	0,09	0,02	0,02
Maki alanı	1,53	3	2,62	2,63	0,13	0,10	0,10	0,02	0,02

En düşük PER indeks değeri (0,03) gösteren risk değerlendirme birimi (155) içinde 14,82 km² orman alanı ve 1,34 km² maki alanı bulunmaktadır. Orman alanı 1 lekeden, maki alanı ise orman alanı tarafından parçalanarak 2 lekeden oluşmaktadır. Alansal büyüklük ve leke sayısı göz önünde bulundurulduğunda, maki alanının peyzaj parçalanma ve izolasyon indeks değerlerinin, orman alanından büyük olduğu saptanmıştır. Peyzaj bozulma indeks değerleri yüksek olan AK/AÖ sınıfının, belirlenen indeks katsayılarına bağlı olarak maki alanı olduğu saptanmıştır. Ekolojik kırılganlık ve peyzaj bozulma indekslerine paralel olarak, orman alanı en düşük peyzaj kayıp indeks değerine sahiptir. Dolayısıyla hem düşük peyzaj kayıp indeks değerine hem de yüksek alansal büyüklüğe sahip olması ile orman alanının PER indeks değeri, maki alanından daha düşüktür. Tablo 4.17’de söz konusu risk değerlendirme birimi içinde bulunan AK/AÖ sınıflarının PER indeks değerleri verilmiştir.

Tablo 4.17: 1992 yılı en düşük risk değeri gösteren risk değerlendirme birimi (155) alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj ekolojik risk indeks değerleri

AK/AÖ Sınıfı	Alan (km ²)	Leke sayısı	Ci	Ni	Di	Si	Fi	Ri	PERi
Orman alanı	14,82	1	0,07	0,14	0,77	0,23	0,09	0,02	0,02
Maki alanı	1,34	2	1,49	2,12	0,23	1,43	0,10	0,14	0,01

2022 yılı için risk değerlendirme birimlerinde hesaplanan peyzaj ekolojik risk indeks değerleri, çok düşük (<0,03), düşük (0,04-0,06), orta (0,07-0,09), yüksek (0,10-0,12) ve çok yüksek (0,12-0,15) olmak üzere doğal kırım yöntemi ile beş sınıf altında sınıflandırılmıştır. Buna göre çalışma alanının %20,2’sinin çok düşük, %31,46’sının düşük, %19,54’ünün orta, %15,89’unun yüksek ve %12,91’inin çok yüksek PER sınıflarından oluştuğu tespit edilmiştir (Şekil 4.26).



Şekil 4.26: 2022 yılına ait peyzaj ekolojik risk indeksi haritası

Çalışma alanı içinde çok yüksek sınıfta değere sahip 39 risk değerlendirme birimi (sırasıyla 3, 111, 286, 289, 150, 138, 150, 138, 207, 178, 23, 27, 271, 151, 58, 67, 93, 102, 127, 265, 277, 167, 168, 212, 300, 106, 94, 175, 52, 120, 156, 274, 224, 24, 164, 21, 186, 216, 31, 217, 166) bulunmaktadır. En yüksek PER indeks değerine sahip risk değerlendirme birimi (3) içinde 4,8 km² tarım alanı, 9,24 km² orman alanı ve 2,12 km² maki alanı bulunmaktadır. Hâkim AK/AÖ sınıfı olan orman alanı 5; maki alanı 9 ve tarım alanı 13 lekeden oluşmaktadır. Alansal büyüklük ve leke sayısı göz önünde bulundurulduğunda, peyzaj parçalanma ve izolasyon indeks değeri en büyük olan AK/AÖ sınıfının maki alanı olduğu saptanmıştır. Peyzaj baskınlık indeksi ise risk değerlendirme biriminde hâkim AK/AÖ sınıfı olan orman alanlarında en fazla değere sahiptir. Peyzaj parçalanma, izolasyon ve baskınlık indekslerinin ağırlıklandırılmasına dayanan peyzaj bozulma indeks değerlerinde ise sıralama büyükten küçüğe doğru, maki alanı, tarım alanı ve orman alanı şeklindedir. Tarım alanlarının direnç kabiliyeti, orman ve maki alanlarına göre daha düşük olduğundan dolayı, ekolojik kırılganlık indeksi en yüksek değere sahiptir. Peyzaj bozulma ve ekolojik kırılganlık indeksleri ile hesaplanan peyzaj kayıp indeksi, tarım alanında en yüksek değere sahiptir. Tüm indeks hesaplamaları sonucu, alansal

büyüklik ve peyzaj kayıp indeks değerlerinin birlikte değerlendirilmesi ile risk değerlendirme birimi içinde en yüksek PER indeks değerine sahip olan AK/AÖ sınıfı tarım alanı, en düşük PER indeks değerine sahip olan ise orman alanı olarak saptanmıştır. Tablo 4.18’de en yüksek PER değeri gösteren risk değerlendirme birimine (3) ait AK/AÖ sınıflarının PER indeks değerleri verilmiştir.

Tablo 4.18: 2022 yılına ait en yüksek risk değeri gösteren risk değerlendirme birimi (3) alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj ekolojik risk indeks değerleri

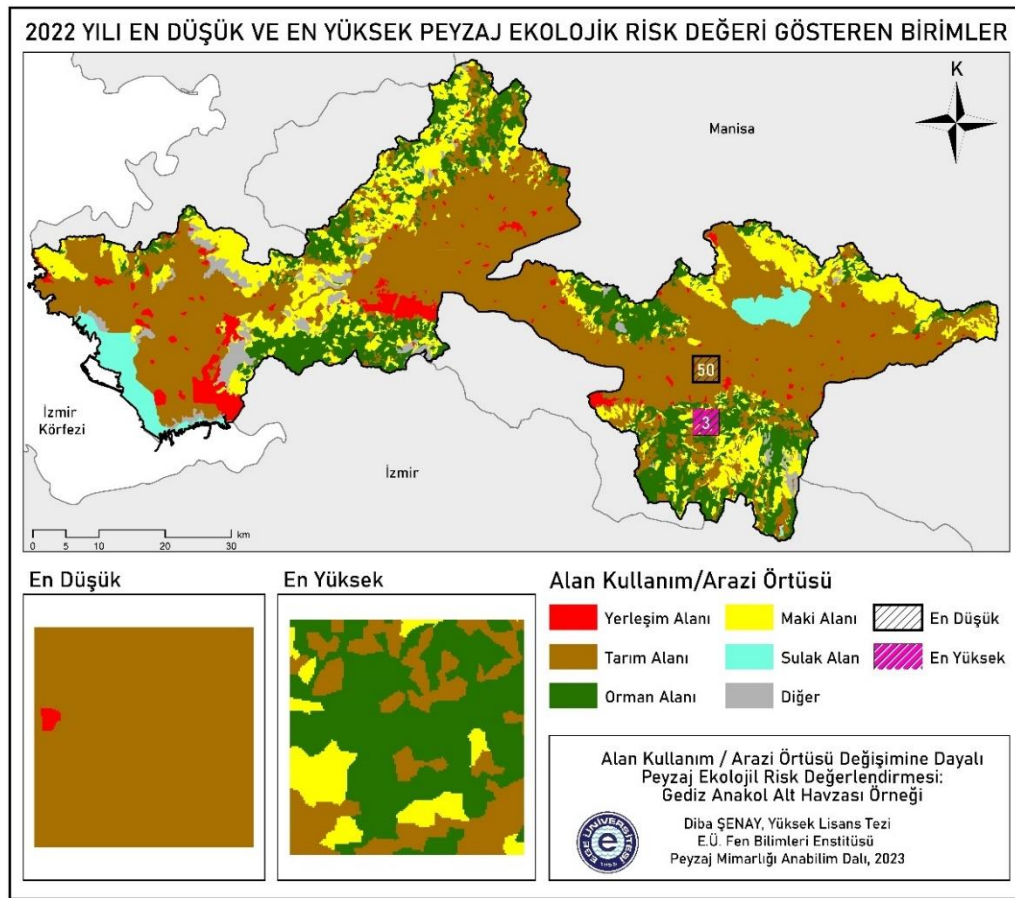
AK/AÖ Sınıfı	Alan (km ²)	Leke sayısı	<i>Ci</i>	<i>Ni</i>	<i>Di</i>	<i>Si</i>	<i>Fi</i>	<i>Ri</i>	<i>PERi</i>
Tarım alanı	4,80	13	2,29	1,39	0,34	1,63	0,19	0,31	0,09
Orman alanı	9,24	5	0,54	0,49	0,48	0,51	0,09	0,05	0,03
Maki alanı	2,12	9	3,77	2,68	0,18	2,72	0,10	0,26	0,04

En düşük PER indeks değerine (0,02) sahip risk değerlendirme birimi (50) içinde 1’er lekeden oluşan 16,04 km² tarım alanı ve 0,12 km² yerleşim alanı bulunmaktadır. Mevcut AK/AÖ sınıflarına ait peyzaj parçalanma ve izolasyon indeks değerleri, alansal büyüklükleriyle birlikte değerlendirildiğinde, daha küçük alansal büyüklükteki yerleşim alanının daha büyük peyzaj parçalanma ve izolasyon indeks değerlerine sahip olduğu saptanmıştır. Yine sınıfların alansal büyüklükleri, risk değerlendirme biriminin toplam alanı ve leke sayıları bir arada hesaplandığında, hâkim sınıfın tarım alanı olduğu ve dolayısıyla peyzaj baskınlık indeksinin de yerleşim alanına göre daha yüksek değere sahip olduğu hesaplanmıştır. Bu indekslerin ağırlıklandırılması ile yerleşim alanı sınıfının tarım alanına göre daha çok peyzaj bozulma indeks değeri gösterdiği saptanmıştır. Tarım alanı, dış müdahalelere karşı daha az dirençli olmasından dolayı ekolojik kırılganlık indeks değeri daha düşüktür. Yerleşim alanı ise özellikle antropojenik etkenlere bağlı olarak oluştuğu için, diğer tüm AK/AÖ sınıflarından daha yüksek ekolojik kırılganlık indeks değerine sahiptir. Dolayısıyla hem peyzaj bozulma hem de ekolojik kırılganlık indeksinin daha yüksek değere sahip olması, yerleşim alanının PER indeks değerini arttırmaktadır. Tarım alanı ise yerleşim alanından daha düşük değere sahiptir. Tablo 4.19’da söz konusu risk değerlendirme birimi (50) içinde bulunan AK/AÖ

sınıflarının PER indeks değeri verilmiştir. PER indeksinin 2022 yılına ait en yüksek (3) ve en düşük (50) değer gösteren risk değerlendirme birimlerinin mekansal konumları ve AK/AÖ haritası Şekil 4.27’de verilmiştir.

Tablo 4.19: 2022 yılına ait en düşük risk değeri gösteren risk değerlendirme birimi (50) alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj ekolojik risk indeks değeri

AK/AÖ Sınıfı	Alan (km ²)	Leke sayısı	Ci	Ni	Di	Si	Fi	Ri	PERi
Yerleşim alanı	0,12	1	8,61	17,31	0,38	9,58	0,05	1,82	0,01
Tarım alanı	16,04	1	0,06	0,13	0,62	0,19	0,19	0,01	0,01



Şekil 4.27: 2022 yılı en yüksek ve en düşük peyzaj ekolojik risk indeksine sahip risk değerlendirme birimlerinin alan kullanım/arazi örtüsü haritası

1992 ve 2022 yıllarına ait risk değerlendirme birimlerinin PER indeks değeri karşılaştırıldığında, en az değişimin %0,33 ile çok düşük sınıftan orta sınıfına; en yüksek değişimin ise %7,62 ile orta sınıftan yüksek sınıfa olduğu saptanmıştır. 1992 yılında çok düşük PER indeks değerine sınıfındaki

risk değerlendirme birimlerinin %17,88'i; düşük sınıftaki risk değerlendirme birimlerinin %23,18'i; orta sınıftaki risk değerlendirme birimlerinin %11,26'sı; yüksek sınıftaki risk değerlendirme birimlerinin %4,3'ü ve çok yüksek sınıftaki risk değerlendirme birimlerinin ise %1,66'sı 2022 yılında değişim göstermemiştir. 30 yıllık zaman süresince düşük ve çok yüksek sınıfları arasında meydana gelen en fazla değişimin 164 numaralı risk değerlendirme biriminde gerçekleştiği belirlenmiştir (Şekil 4.29). 1992 yılında söz konusu risk değerlendirme birimi içinde 4,14 km² tarım alanı, 7,06 km² orman alanı ve 4,96 km² maki alanı bulunmaktadır. Maki alanının orman alanı içinde parçalı bir yapıya sahip olduğu ve 4 lekeden oluştuğu saptanmıştır. Tarım alanı 1 lekeye sahipken, maki alanının parçaladığı orman alanı ise 2 lekeye sahiptir. Leke sayısı ve alansal büyüklükler incelendiğinde peyzaj parçalanma ve izolasyon indeks değeri en yüksek olan AK/AÖ sınıfı maki alanı, en düşük olan sınıf ise tarım alanı olarak saptanmıştır. Risk değerlendirme birimi içinde orman alanı daha fazla alansal büyüklüğe sahip olduğu için risk değerlendirme birimine hakim AK/AÖ sınıfı olarak peyzaj baskınlık indeks değeri en yüksektir. Peyzaj parçalanma, izolasyon ve baskınlık indekslerinin bir arada değerlendirildiği peyzaj bozulma indeks değerleri büyükten küçüğe; maki alanı, orman alanı ve tarım alanı olarak saptanmıştır. Direnç kabiliyetleri göz önünde bulundurulduğunda, en yüksek ekolojik kırılganlığa sahip AK/AÖ sınıfı tarım alanıdır. Dolayısıyla maki alanı en fazla; orman alanı ise en düşük peyzaj kayıp indeks değerine sahiptir. Peyzaj kayıp indeksinin, alansal büyüklükler ile birlikte hesaplanması sonucu PER indeks değerlerinin küçükten büyüğe sırayla orman alanı, tarım alanı ve maki alanı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Tablo 4.20'de söz konusu risk değerlendirme biriminin (164) 1992 yılına ait PER indeks değerleri verilmiştir.

Tablo 4.20: 1992-2022 yılları arasında düşük sınıftan çok düşük sınıfa dönüşüm gösteren risk değerlendirme biriminin (164) 1992 yılına ait alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj ekolojik risk indeks değerleri

AK/AÖ Sınıfı	Alan (km ²)	Leke sayısı	<i>Ci</i>	<i>Ni</i>	<i>Di</i>	<i>Si</i>	<i>Fi</i>	<i>Ri</i>	<i>PERi</i>
Tarım alanı	4,14	1	0,24	0,49	0,23	0,31	0,19	0,06	0,02
Orman alanı	7,06	2	0,28	0,40	0,40	0,34	0,09	0,03	0,01
Maki alanı	4,96	4	0,81	0,81	0,37	0,72	0,10	0,07	0,02

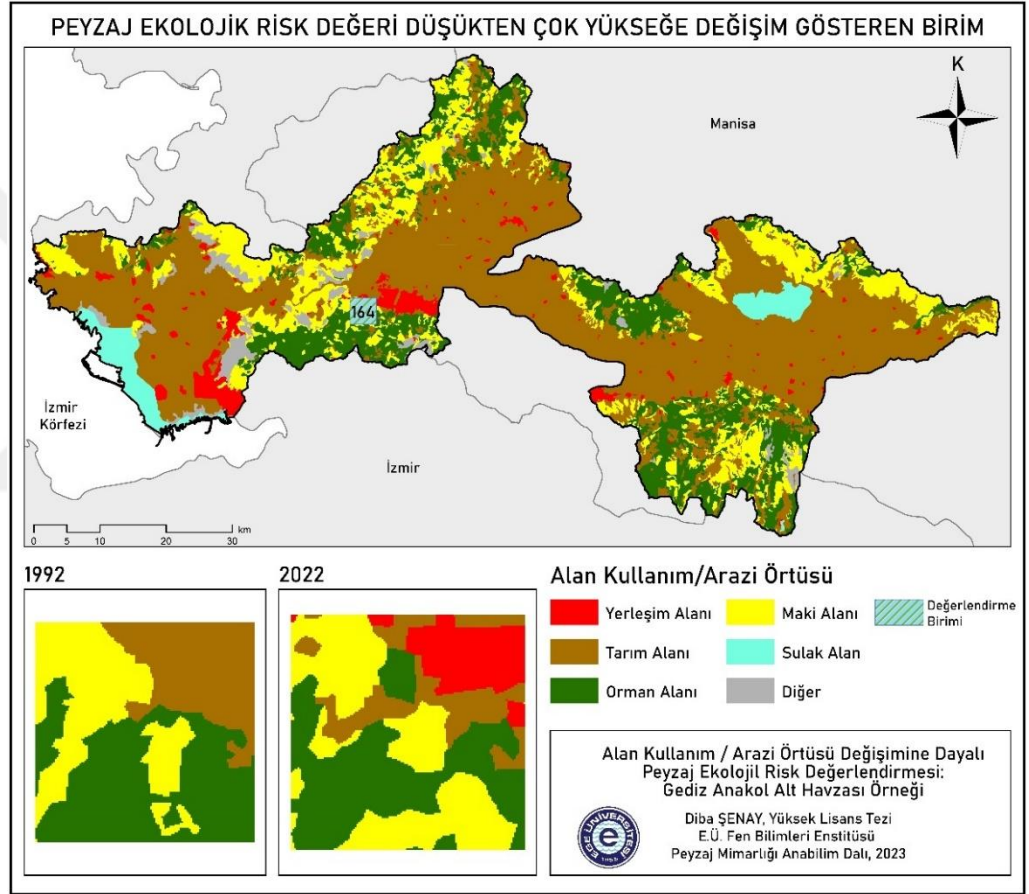
164 numaralı risk değerlendirme biriminin 2022 yılına ait AK/AÖ haritası incelendiğinde, 1992 yılından farklı olarak tarım alanı içinde yerleşim alanlarının oluştuğu; maki alanının ise tarım alanı tarafından parçalandığı görülmektedir (Şekil 4.29). Maki alanının mevcut lekelerinde orman içi yayılmaların meydana geldiği, dolayısıyla parçalandığı halde, diğer sınıfını parçaladığı için alansal büyüklüğünün arttığı saptanmıştır. Söz konusu risk değerlendirme birimi içindeki AK/AÖ sınıflarının 1992 yılına ait leke sayısında, parçalanmalar nedeniyle 2022 yılında artış meydana gelmiştir. 1 lekeden oluşan tarım alanı 6; 2 lekeden oluşan orman alanları 4 ve 4 lekeden oluşan maki alanları ise 9 lekeye parçalanmıştır. Alansal büyüklük bakımından artış gösteren tek sınıf olan maki alanlarının, risk değerlendirme birimine hâkim sınıf olarak peyzaj baskınlık indeks değerinin en yüksek olduğu saptanmıştır. Alansal büyüklük ve leke sayılarının bir arada değerlendirilmesi ile elde edilen peyzaj parçalanma ve izolasyon indeks değerinin ise alansal olarak en fazla azalan tarım alanında en yüksek olduğu saptanmıştır. Dolayısıyla en az peyzaj bozulma indeks değerine sahip sınıf orman alanı, en fazla değere sahip sınıf ise tarım alanıdır. Ekolojik kırılganlık ve peyzaj bozulma indeks değerlerinin oluşturduğu peyzaj kayıp indeksinde, sıralama küçükten büyüğe orman alanı, yerleşim alanı, maki alanı ve tarım alanı şeklindedir. PER indeks değerlerinde ise, en yüksek değere sahip sınıfın tarım alanı, en düşük değere sahip sınıfın ise yerleşim alanı olduğu saptanmıştır. Tablo 4.21’de söz konusu risk değerlendirme birimindeki AK/AÖ sınıflarının 2022 yılına ait PER indeks değerleri verilmiştir.

Tablo 4.21: 1992-2022 yılları arasında düşük risk sınıfından çok düşük risk sınıfına dönüşüm gösteren risk değerlendirme biriminin (164) 2022 yılına ait alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj ekolojik risk indeks değerleri

AK/AÖ Sınıfı	Alan (km ²)	Leke sayısı	<i>Ci</i>	<i>Ni</i>	<i>Di</i>	<i>Si</i>	<i>Fi</i>	<i>Ri</i>	<i>PERi</i>
Yerleşim alanı	2,26	4	1,77	1,78	0,15	1,45	0,05	0,07	0,01
Tarım alanı	2,62	6	2,29	1,88	0,19	1,75	0,19	0,33	0,05
Orman alanı	5,80	4	0,69	0,69	0,31	0,62	0,09	0,06	0,02
Maki alanı	5,48	9	1,64	1,10	0,35	1,22	0,10	0,12	0,04

1992 ve 2022 yılları arasında meydana gelen PER indeks değerlerindeki değişim incelendiğinde, risk değerlendirme birimi içinde hem yeni bir AK/AÖ

sınıfının oluştuğu, hem de mevcut sınıfların birbirlerini parçalayarak alansal büyüklükleri azalırken, leke sayılarının artması nedeniyle PER indeks değerinde artış meydana gelmiştir. Dolayısıyla, PER indeks değerlerinin saptanmasında hesaplanan altı farklı indeks değerinin artış göstermesi, risk değerlendirme biriminin 1992 yılında düşük sınıfına ait bir değer gösterirken, 2022 yılında çok yüksek sınıfına ait bir değer göstermesine neden olmuştur. Söz konusu risk değerlendirme biriminin 1992 ve 2022 yıllarına ait AK/AÖ haritası Şekil 4.28’de verilmiştir.



Şekil 4.28: 164 numaralı risk değerlendirme biriminin 1992 ve 2022 yıllarına ait AK/AÖ haritası

Çalışma alanı kapsamında 1992 yılında yüksek sınıfına ait bir risk değerine sahipken, 2022 yılında risk değerinin azalıp düşük risk sınıfına dahil olduğu üç risk değerlendirme birimi bulunmaktadır. Bu değişimi en fazla fark ile gösteren risk değerlendirme biriminin (163) 1992 yılına ait AK/AÖ haritası incelendiğinde, 0,17 km² yerleşim alanı, 10,86 km² tarım alanı ve 5,13 km² diğer

sınıflarının olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.29). Söz konusu risk değerlendirme biriminin en büyük alansal büyüklüğe ve en büyük peyzaj baskınlık indeks değerine sahip sınıfı tarım alanıdır. Tarım alanı içinde oluşum gösteren, 4 lekeye sahip diğer ve 1 lekeye sahip yerleşim alanı sınıfları bulunmaktadır. Alansal büyüklük ve leke sayısının bir arada değerlendirilmesiyle elde edilen peyzaj parçalanma ve izolasyon indekslerinin, en büyük değere sahip olduğu sınıf, yerleşim alanıdır. Peyzaj bozulma indeksi bakımından yerleşim alanı en yüksek, tarım alanı ise en düşük değere sahiptir. AK/AÖ sınıflarının ekolojik kırılganlık indeks değerleri büyükten küçüğe sırayla, diğer, tarım alanı ve yerleşim alanı şeklindedir. Düşük ekolojik kırılganlık değerine sahip olsa da yüksek peyzaj bozulma indeks değeri gösteren yerleşim alanının peyzaj kayıp indeksi de risk değerlendirme birimindeki diğer AK/AÖ sınıflarından fazladır. Yerleşim alanını takiben, diğer ve tarım alanı sınıfları gelmektedir. PER indeks değeri bakımından, risk değerlendirme birimi içinde en yüksek indeks değerine sahip sınıfın diğer sınıfı olduğu saptanmıştır. En düşük değer ise yerleşim alanına aittir. Tablo 4.22’de söz konusu değerlendirme biriminin 1992 yılına ait PER indeks değerleri verilmiştir.

Tablo 4.22: 1992-2022 yılları arasında yüksek risk sınıfından düşük risk sınıfına dönüşüm gösteren risk değerlendirme biriminin (163) 1992 yılına ait alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj ekolojik risk indeks değerleri

AK/AÖ Sınıfı	Alan (km ²)	Leke sayısı	Ci	Ni	Di	Si	Fi	Ri	PERi
Yerleşim alanı	0,17	1	5,73	11,51	0,04	6,33	0,05	0,30	0,01
Tarım alanı	10,86	2	0,18	0,26	0,58	0,29	0,19	0,05	0,04
Diğer	5,13	4	0,78	0,78	0,38	0,70	0,29	0,20	0,06

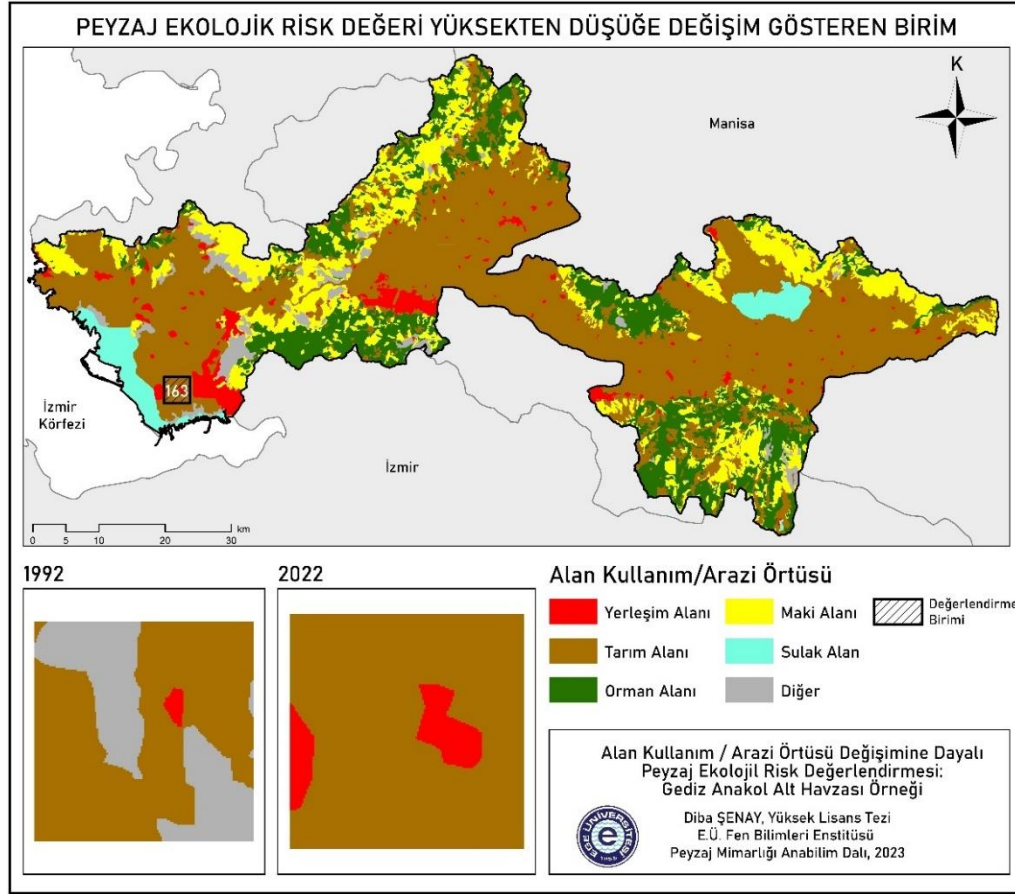
163 numaralı risk değerlendirme biriminin 2022 yılına ait AK/AÖ haritası incelendiğinde ise, 1992 yılından farklı olarak diğer sınıfının, yerleşim alanı ve tarım alanı sınıflarına dönüştüğü belirlenmiştir (Şekil 4.29). Mevcut yerleşim alanı, alansal büyüklük olarak artarken, diğer sınıfı yerleşim alanı tarafından 2 lekeye parçalanmıştır. Mevcut tarım alanı ise, yerleşim alanı ile parçalanma gösterse de 1992’de bulunan diğer sınıfının tarımsal faaliyet amaçlı kullanılmaya başlaması ile alansal büyüklük olarak artmıştır. Peyzaj parçalanma ve izolasyon indeksleri, yerleşim alanında yüksek değer gösterirken, peyzaj baskınlık indeks değeri ise

tarım alanında daha fazladır. Risk değerlendirme biriminde en fazla alansal büyüklüğe sahip olan sınıfın tarım alanı olması nedeniyle, 1992’de olduğu gibi 2022 yılında da hâkim AK/AÖ sınıfı tarım alanıdır. Yerleşim alanı, direnç kabiliyetleri zayıf alanlar olduğu için ekolojik kırılganlıkları yüksektir. Peyzaj kayıp indeksi bakımından, en fazla değere sahip sınıfın yerleşim alanı olduğu saptanmıştır. PER indeks hesaplamasında kullanılan peyzaj kayıp indeksi ve alansal büyüklüklere göre risk değerlendirme birimi içinde en fazla PER indeks değerine sahip AK/AÖ sınıfının tarım alanı olduğu belirlenmiştir. Tablo 4.23’te 2022 yılına ait 163 numaralı risk değerlendirme biriminde bulunan AK/AÖ sınıflarının PER indeks değerleri verilmiştir.

Tablo 4.23: 1992-2022 yılları arasında yüksek risk sınıfından düşük risk sınıfına dönüşüm gösteren risk değerlendirme biriminin (163) 2022 yılına ait alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının peyzaj ekolojik risk indeks değerleri

AK/AÖ Sınıfı	Alan (km ²)	Leke sayısı	<i>Ci</i>	<i>Ni</i>	<i>Di</i>	<i>Si</i>	<i>Fi</i>	<i>Ri</i>	<i>PERi</i>
Yerleşim alanı	1,52	2	1,32	1,87	0,24	1,27	0,05	0,06	0,01
Tarım alanı	14,64	1	0,07	0,14	0,76	0,23	0,19	0,04	0,04

Söz konusu değerlendirme biriminin, 1992 yılında yüksek PER indeks değerine sahipken, 2022 yılında bu değer azalarak düşük sınıfına dahil olmasının en temel nedeni, diğer sınıfının 1992 yılından 2022 yılına mevcut olan AK/AÖ sınıflarına dönüşüm göstermesidir. Bu doğrultuda, mevcut AK/AÖ sınıflarının alansal büyüklüklerinin artması ile peyzaj bozulma indeks hesaplamasında yüksek ağırlıklara sahip peyzaj parçalanma ve izolasyon indeks değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca, yerleşim ve tarım alanına dönüşen diğer sınıfının, ekolojik kırılganlık indeks değerinin yüksek olması da PER indeks değerinin azalmasında önemli bir role sahiptir. Söz konusu risk değerlendirme biriminin 1992 ve 2022 yıllarına ait AK/AÖ haritası Şekil 4.29’da verilmiştir.



Şekil 4.29: 163 numaralı risk değerlendirme biriminin 1992 ve 2022 yıllarına ait alan kullanım/arazi örtüsü haritası

4.3. Mekansal İstatistiksel Analiz

4.3.1. Mekansal Otokorelasyon Analizi

Çalışma alanına ait risk değerlendirme birimlerindeki peyzaj ekolojik risk (PER) indeks değerlerinin, komşu birimlerdeki PER indeks değerleriyle mekansal ilişkilerini saptamak için küresel ve yerel olmak üzere iki seviyede mekansal otokorelasyon analizleri gerçekleştirilmiştir.

4.3.1.1. Küresel Mekansal Otokorelasyon

Çalışma alanında 1992 ve 2022 yıllarına ait risk değerlendirme birimlerinin farklı PER indeks değerlerinin, çalışma alanı bütünündeki diğer birimlerle ilişkilerinin saptanabilmesi için küresel mekansal otokorelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz, farklı mesafe seviyelerinde Moran's I

değerlerinin, çalışma alanı ve risk değerlendirme birimlerinin boyutları baz alınarak 4, 8, 12, 16 ve 20 km mesafe seviyelerinde gerçekleştirilmiştir. 1992 ve 2022 yıllarına ait farklı mesafe seviyelerinde gerçekleştirilen Moran's I analizi sonucu, tüm mesafe seviyelerinde sonucun sıfırdan büyük olduğu saptanmıştır. Bu sonuç, çalışma alanı bütününde belirli bir derecede pozitif korelasyon gösterdiğini ve PER indeks değerlerinin kümelenme eğiliminde olduğunu ifade etmektedir. Mesafe seviyelerinin artmasıyla birlikte, Moran's I değerlerinin azalma göstermesi, PER indeks değerlerinin ölçek bağımlılığına sahip olduğunu ifade etmektedir (Tablo 4.24).

Tablo 4.24: 1992-2022 yıllarına ait peyzaj ekolojik risk değerlerinin küresel mekansal otokorelasyon analizi sonuçları

Mesafe (km)	Moran's I (1992)	Moran's I (2022)
4	0,352788	0,436405
8	0,222659	0,325992
12	0,159543	0,259280
16	0,126238	0,213311
20	0,104294	0,174656

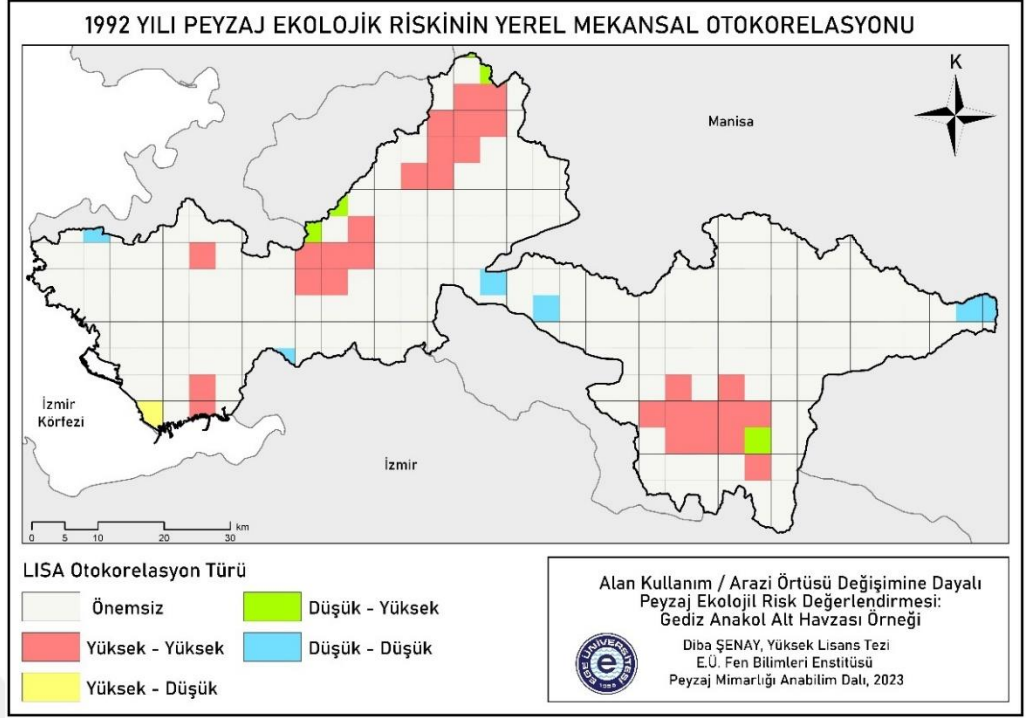
Her bir risk değerlendirme biriminin sahip olduğu PER indeks değerlerinin, 4 ila 20 km mesafe seviyelerindeki diğer birimler ile ilişkileri incelendiğinde, mesafe seviyelerinin artması ile Moran's I değerlerinin azalması her iki yıl için tutarlı bir değişim izlemektedir. 1992 ve 2022 yılları için eşit mesafe seviyelerinde elde edilen Moran's I değerleri karşılaştırıldığında ise, 2022 yılının 1992 yılına göre daha güçlü pozitif otokorelasyon gösterdiği saptanmıştır. Dolayısıyla bu sonuç, AK/AÖ sınıflarındaki değişimlerle birlikte PER indeks değerlerinin, mekansal kümelenme eğilimlerinin giderek arttığını ve belirli mesafe seviyelerindeki risk değerlendirme birimlerinin sahip olduğu risk değerlerinin birbirini etkilediğini ifade etmektedir.

4.3.1.2. Yerel Mekansal Otokorelasyon

Çalışma alanı bütününde, her bir risk değerlendirme birimlerinin sahip olduğu PER indeks değerlerinin mekansal ilişkilerini ölçmek için küresel

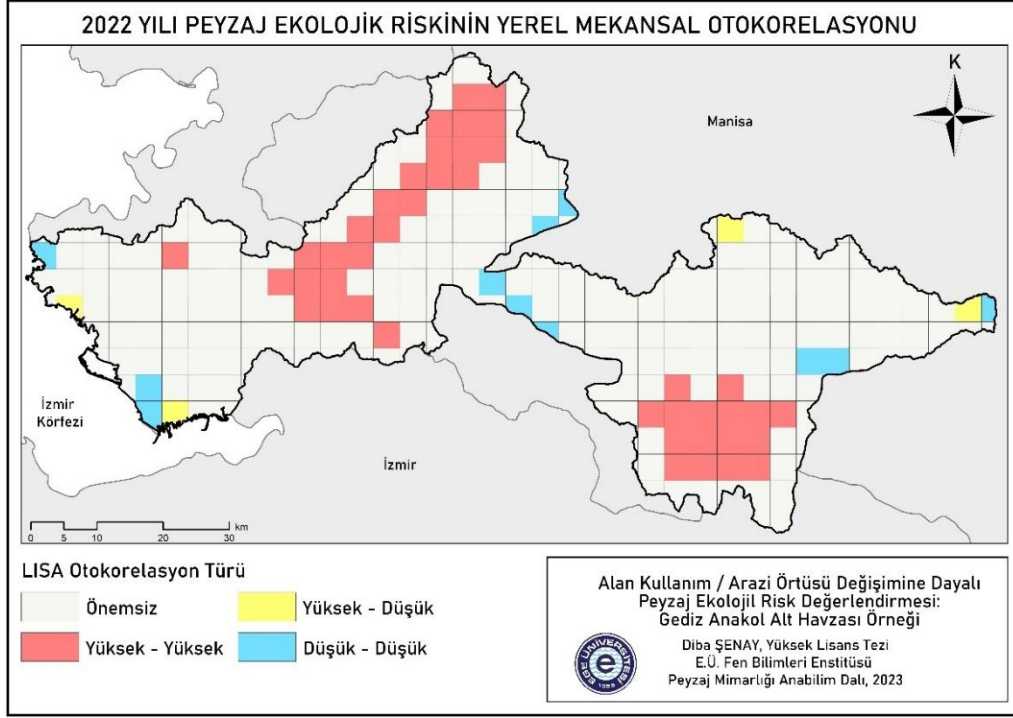
mekansal otokorelasyon kullanılırken, yerel mekansal otokorelasyon komşu risk değerlendirme birimlerinin birbirleri ile olan ilişkisini yansıtmaktadır. Çalışma kapsamında, her bir risk değerlendirme birimi için elde edilen PER indeks değerlerinin mekansal ilişkileri, mekansal otokorelasyon analizlerinden yerel mekansal otokorelasyon kullanılarak analiz edilmiştir.

1992 yılında çalışma alanına ait yüksek-yüksek (YY), yüksek-düşük (YD), düşük-yüksek (DY) ve düşük-düşük (DD) olmak üzere, 4 otokorelasyon türü bulunmaktadır (Şekil 4.30). DD otokorelasyonu gösteren alanlar, düşük PER indeks değerine sahip risk değerlendirme birimlerinin, diğer düşük PER indeks değerine sahip risk değerlendirme birimleri ile kümelenme eğiliminin olduğunu ifade etmektedir. Bu kümelenme genel olarak çalışma alanında tarım alanı ve maki alanı gibi tek AK/AÖ sınıfının hâkim olduğu, sınıfların nispeten daha homojen dağılım gösterdiği risk değerlendirme birimlerinde görülmektedir. YY otokorelasyonu gösteren alanlar, 1992 yılında çalışma alanının kuzey ve güneydoğusunda yoğunlaşmıştır. Bu alanlar, yüksek PER indeks değerine sahip risk değerlendirme birimlerinin yine yüksek PER indeks değerine sahip risk değerlendirme birimleri ile kümelendiğini ifade etmektedir. 1992 yılı AK/AÖ haritasına göre, bu alanlardaki risk değerlendirme birimleri, yüksek ekolojik kırılganlık indeks değeri gösteren ve heterojen dağılıma sahip sınıflardan oluşmaktadır. DY otokorelasyonu gösteren alanların YY otokorelasyonu gösteren alanlara yakın olması, yüksek PER indeks değerine sahip risk değerlendirme birimleri ile düşük PER indeks değerine sahip risk değerlendirme birimlerinin komşuluklarını ifade etmektedir. 1992 yılında DY otokorelasyon alanlarının YY otokorelasyon alanlarına mekansal olarak yakın bir konumda bulunması, risk değerlendirme birimlerindeki AK/AÖ sınıflarının kırılgan ve heterojen dağılımlı olduğunu, düşük PER indeks değeri gösteren risk değerlendirme birimlerinin ise gelecekte potansiyel yüksek riskli birimler olduğunu ifade etmektedir.



Şekil 4.30: 1992 yılı peyzaj ekolojik risk değerlerinin yerel mekansal otokorelasyonu

2022 yılında çalışma alanına ait YY, YD ve DD olmak üzere 3 otokorelasyon türü bulunmaktadır (Şekil 4.31). DD otokorelasyon gösteren alanlar, 1992 yılında olduğu gibi tek sınıfın hâkim olduğu ya da nispeten daha homojen dağılımlı AK/AÖ sınıflarından oluşan ve düşük PER indeks değerine sahip risk değerlendirme birimleriyle komşuluk ilişkisinin bulunduğu kümelenme alanlarını temsil etmektedir. 1992'den 2022 yılına kadar olan süreçte yüksek PER indeks değeri gösteren risk değerlendirme birimlerinin arttığı ve dolayısıyla YY otokorelasyonuna sahip alanların mekansal olarak genişlediği görülmektedir. Özellikle çalışma alanının güneybatı-kuzeydoğu hattında bulunan YY otokorelasyon alanlarının yoğunlaştığı belirlenmiştir. 1992 yılında alanın güneydoğusundaki YY otokorelasyon alanına komşu risk değerlendirme biriminde bulunan DY otokorelasyon alanının, çevresindeki komşu risk değerlendirme birimlerinde PER indeks değerlerinin artması sonucu YY kümelenmesine dahil olduğu saptanmıştır.

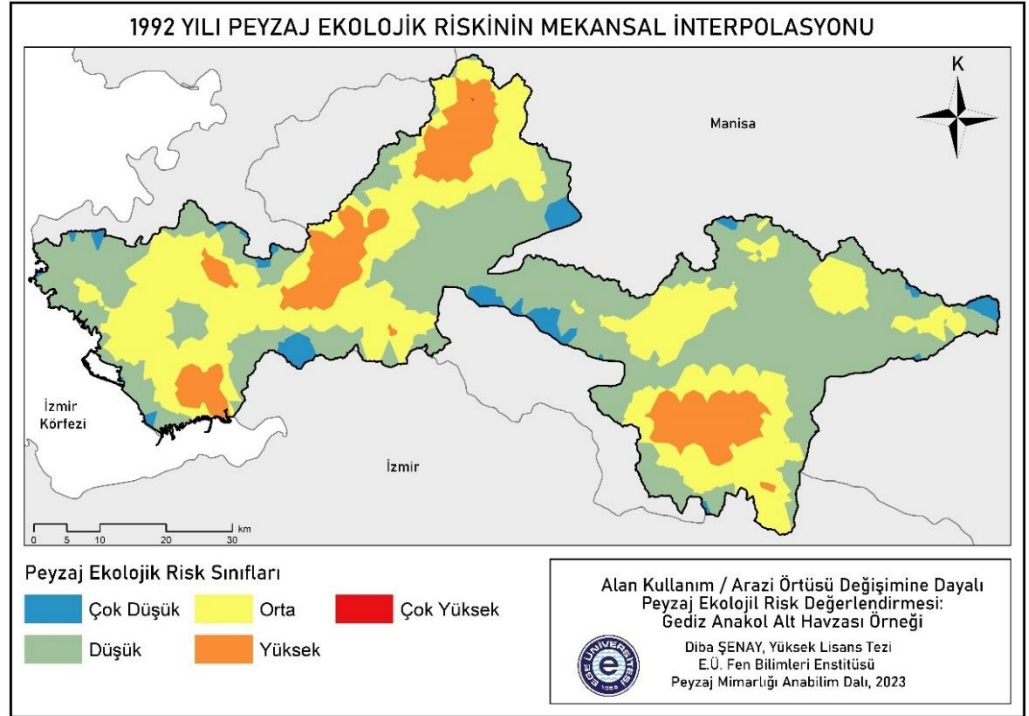


Şekil 4.31: 2022 yılı peyzaj ekolojik risk değerlerinin yerel mekansal otokorelasyonu

4.3.2. Jeoistatistiksel Analiz

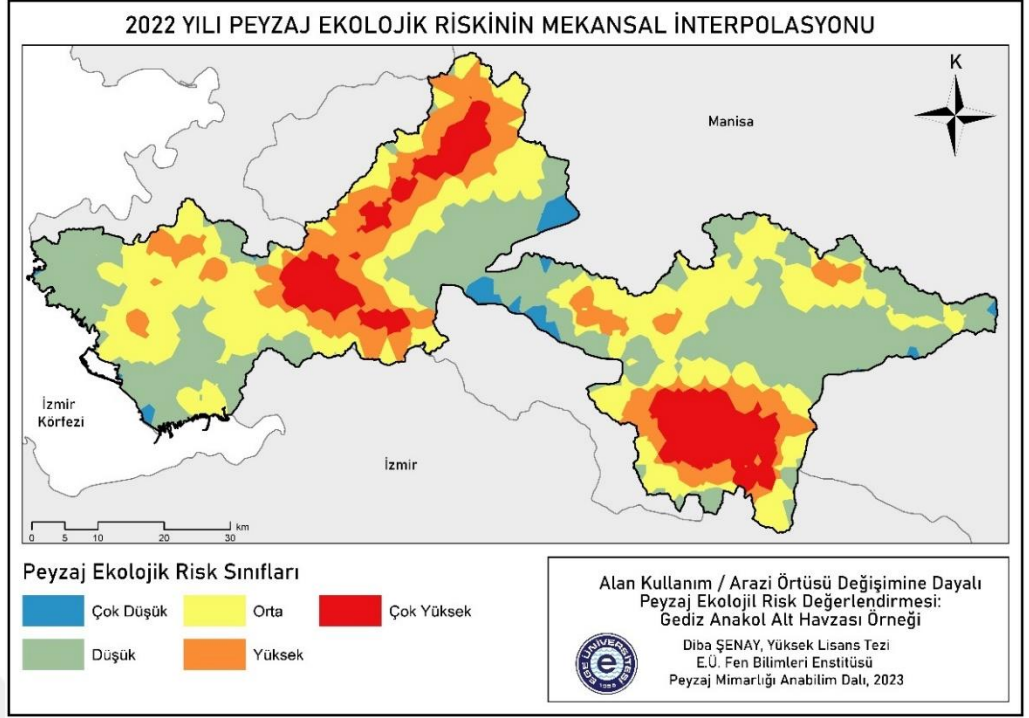
Çalışma alanının 1992 ve 2022 yıllarına ait risk değerlendirme birimlerinde hesaplanan PER indeks değerleri, her bir risk değerlendirme biriminin merkez noktasına atanarak noktasal PER değerleri elde edilmiştir. Çalışma yıllarına ait PER değerlerinin mekansal dağılımının tespit edilmesinde, jeoistatistiksel analiz yöntemlerinden biri olan Kriging kullanılmıştır. Kriging, çalışma alanındaki noktasal PER değerlerinin, komşu noktalar ile arasındaki kovaryans ve uzaklık bilgileri ile çalışma alanı bütününde interpolasyon yöntemini kullanmaktadır. 1992 yılına ait noktasal PER değerleri Kriging interpolasyonu sonrası, doğal kırılım yöntemi kullanılarak çok düşük (<0.03), düşük (0.03-0.06), orta (0.06-0.09), yüksek (0.09-0.12) ve çok yüksek (0.12 $>$) olmak üzere beş sınıf altında sınıflandırılmıştır. 1992 yılında çalışma alanı, 1.708,56 km² ile en fazla alansal büyüklüğe sahip olan düşük risk sınıfı alanlarından oluşmaktadır. Bunu takiben, alanın 1.328,19 km²'si orta, 439,01 km²'si yüksek, 114,08 km²'si çok düşük risk sınıflarına sahip olduğu saptanmıştır (Şekil 4.32). Buna göre çalışma alanının %47,59'u düşük, %37'si orta, %12,23'ü yüksek ve %3,18'i çok düşük riskli alanlardan oluşmaktadır.

1992 yılında çalışma alanında çok düşük risk sınıfındaki alanların sadece tek bir AK/AÖ sınıfına sahip olduğu saptanmıştır. Özellikle çalışma alanının kuzey ve güney sınırlarına bitişik olarak konumlanan çok düşük PER değerine sahip alanlar, yoğun orman dokusu veya tarımsal faaliyetlerin gerçekleştiği alanlardır. Çalışma alanının batı sınırına bitişik olarak konumlanan çok düşük riskli alanların ise Divlit Yanardağı ve Demirköprü Barajı çevresinde yer alan orman ile maki alanlarının diğer AK/AÖ sınıfları tarafından, parçalanmaya uğramadığı alanlar olduğu görülmektedir. Yüksek risk sınıfının bulunduğu alanlarda ise, özellikle maki alanları tarafından parçalanmış orman alanları ile, tarım alanları tarafından parçalanmış maki alanlarının bulunduğu belirlenmiştir. Çalışma alanının güneydoğusunda bulunan yüksek PER değerine sahip bölge, orman alanlarında oluşan açıklıkların tarımsal faaliyet amaçlı kullanılmak üzere dönüşüm gösterdiği alanlara örnek olarak ön plana çıkmaktadır. Alanın kuzeyindeki yüksek riskli bölgede orman alanlarının maki ve tarım alanları ile parçalanarak ortaya çıkan izolasyon değeri yüksek lekelerin oluştuğu saptanmıştır. Alanın güneydoğusunda bulunan yüksek riskli bölgenin, özellikle parçalı yerleşim alanı sınıfının bulunduğu, tarım alanı sınıfına ait lekelerin ise diğer ve yerleşim alanları tarafından parçalanmaya uğradığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.32: 1992 yılına ait peyzaj ekolojik risk haritası

2022 yılına ait noktasal PER değerleri Kriging interpolasyonu sonrası, doğal kırılım yöntemi kullanılarak çok düşük ($<0,04$), düşük ($0,04-0,06$), orta ($0,06-0,08$), yüksek ($0,08-0,11$) ve çok yüksek ($0,11<$) olmak üzere beş sınıf altında sınıflandırılmıştır. 2022 yılında çalışma alanı, $1.318,76 \text{ km}^2$ ile düşük risk sınıfı alanlarından oluşmaktadır (Şekil 4.33). Bunu takiben $1.193,81 \text{ km}^2$ orta, $616,36 \text{ km}^2$ yüksek, $393,39 \text{ km}^2$ çok yüksek ve $67,6 \text{ km}^2$ ise çok düşük risk sınıfına sahiptir. Buna göre çalışma alanının %36,74'ü düşük, %33,25'i orta, %17,17'si yüksek, %10,96'sı çok yüksek ve %1,88'i çok düşük riskli alanlardan oluşmaktadır. 2022 yılında çok düşük risk sınıfındaki alanların, 1992 yılında olduğu gibi tek bir AK/AÖ sınıfına sahip olduğu saptanmıştır. Çalışma alanı içinde ikinci en büyük dağılım gösteren orta risk sınıfı, düşük risk gösteren alanlarda bulunan AK/AÖ sınıflarının bu alanlara yayılım göstermeye başladığını ve mevcut AK/AÖ sınıflarını parçalayarak heterojenliğin arttırdığını ifade etmektedir. Çalışma alanının güneydoğusunda bulunan çok yüksek riskli alan, en kompakt çok yüksek risk gösteren alandır. Bu risk, alanda bulunan orman alanların özellikle maki alanı tarafından parçalanarak birim alana düşen AK/AÖ sınıfının alansal büyüklüğünün azalması ve leke sayısının artmasından kaynaklanmaktadır. Yine alanın güneybatı-kuzeydoğu güzergahında oluşan çok yüksek risk alanı, orman alanların parçalanarak yok olma seviyesine geldiği ve yerini başta maki alanları olmak üzere parçalı tarım ve yerleşim alanlarının almasından kaynaklandığı belirlenmiştir.



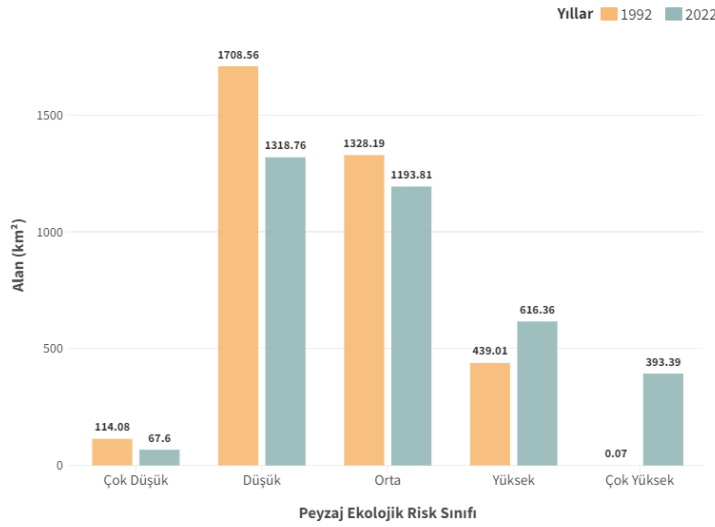
Şekil 4.33: 2022 yılına ait peyzaj ekolojik risk haritası

4.4. 1992-2022 Yılları Arasında Peyzaj Ekolojik Risk Değişiminin Saptanması

Çalışma alanının alan kullanım/arazi örtüsü (AK/AÖ) sınıflarına dayalı olarak 1992 ve 2022 yılları için hesaplanan peyzaj desen indeksleri sonucu elde edilen peyzaj ekolojik risk (PER) indeks değerleri karşılaştırılarak meydana gelen değişim saptanmıştır. Bu doğrultuda, çalışma alanının 55,26 km²'lik alanı PER sınıfı bakımından değişime uğramazken, 1.627,5 km²'lik alanın PER değerleri artmış ya da azalmıştır. 2022 yılında çok düşük, düşük ve orta risk sınıflarında 1992 yılına göre azalmalar meydana gelirken, yüksek ve çok yüksek risk sınıflarında artışlar olduğu belirlenmiştir. AK/AÖ değişimine dayalı olarak risk sınıflarında meydana gelen en büyük değişim %10,96'lık artışla çok yüksek sınıfındadır. En az değişim ise %1,29'luk azalış ile çok düşük sınıfına aittir. Tablo 4.25 ve Şekil 4.34'te 1992 ve 2022 yılları arasında risk sınıflarında meydana gelen değişimin alan bazlı değişimleri görülmektedir.

Tablo 4.25: 1992-2022 yıllarına ait peyzaj ekolojik risk sınıflarının alansal değişimi

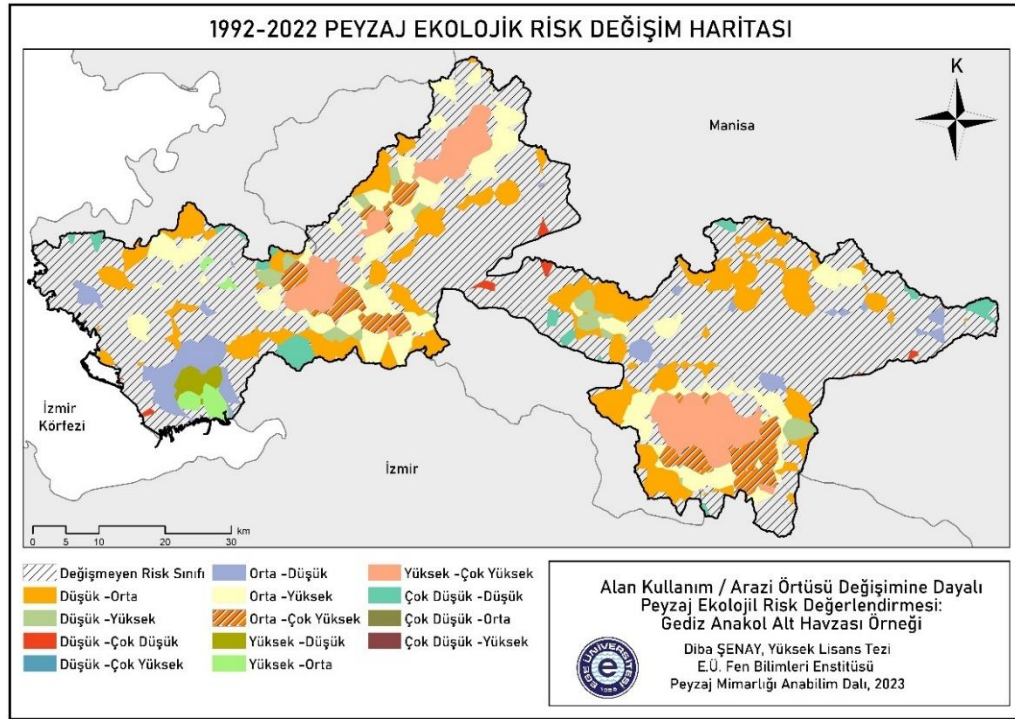
PER Sınıfı	1992 Alan (km ²)	2022 Alan (km ²)	Değişim	%
Çok Düşük	114,08	67,6	-46,48	1,29
Düşük	1.708,56	1.318,76	-389,8	5,29
Orta	1.328,19	1.193,81	-134,38	3,74
Yüksek	439,01	616,36	177,35	4,93
Çok Yüksek	0,07	393,39	393,32	10,96



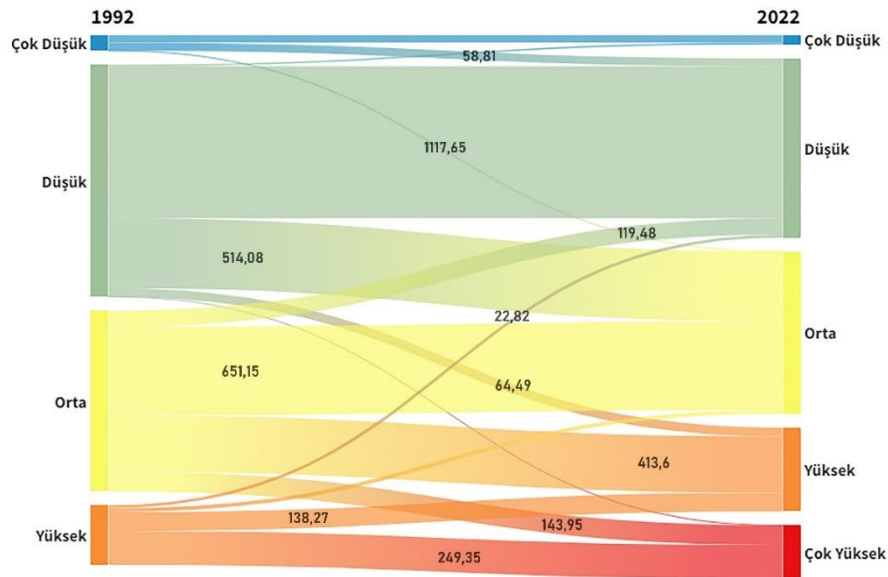
Şekil 4.34: 1992-2022 yılları arası peyzaj ekolojik risk değişim grafiği

Çalışma alanında 1992 ve 2022 yılları arasında meydana gelen PER sınıflarındaki değişimler incelendiğinde, 1992 yılında çok düşük risk sınıfındaki 114,08 km²'lik alanın, 2022 yılında %1,29 oranında değişim göstererek 67,6 km² alan kaybettiği saptanmıştır. Çok düşük risk sınıfına sahip alanların 58,81 km²'sinin düşük ve 0,01 km²'sinin ise orta risk sınıfına dönüştüğü belirlenmiştir. Bu dönüşüm, bu alanlarda bulunan mevcut AK/AÖ sınıflarının 30 yıllık zaman süresince çevresindeki diğer AK/AÖ sınıfları tarafından parçalanarak leke sayılarının artması ile her bir lekeye ait alansal büyüklüklerin azalmasından kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda 1992 yılında düşük risk sınıfında bulunan 1.708,56 km²'lik alan ise 2022 yılında PER değerinin azalması ile çok düşük risk sınıfına dönüşmüştür. 1992 yılında düşük risk sınıfına sahip 1.708,56 km² alan bulunmaktadır. Bu alanlar genellikle tarım alanlarının baskın olduğu AK/AÖ sınıflarından oluşmaktadır. 2022 yılında tarım alanlarına ait alansal büyüklüğün

1.318,76 km²'ye gerileyerek 389,8 km² ile %5,29 oranında bir değişim göstermiştir. En fazla değişimin, düşük risk sınıfının sahip olduğu 514,08 km² alanın, PER değerlerinin artması sonucu orta riskli alanlara dönüşmesi ile gerçekleştiği saptanmıştır. Bunu takiben 64,49 km² alan yüksek, 12,33 km² alan çok düşük ve 0,01 km² alan ise çok yüksek risk sınıfına sahip alanlara dönüşmüştür. Özellikle orman alanlarını parçalayan maki ve tarım alanları ile, tarım alanları içinde zaman süresince çevresinden izole yerleşim alanlarının oluşmaya başlaması, bölgedeki PER değerini arttırmıştır. Genellikle yüksek risk sınıfına sahip alanların çevresinde tampon bölge oluşturan orta risk sınıfındaki alanlar, 1992 yılında 1.328,19 km² alana sahipken, 2022 yılında %3,74 oranla azalarak 134,38 km² alan kaybetmiştir. Orta risk sınıfındaki alanların, 413,6 km² alanı yüksek ve 143,95 km² alan çok yüksek risk sınıfına dönüşerek PER değerlerinin artış gösterdiği; 119,48 km² alanın ise PER değerinin azalarak düşük risk sınıfına dönüştüğü saptanmıştır. Çalışma alanında 1992 yılına ait 439,01 km²'lik alan ise yüksek risk sınıfındadır. 2022 yılında bu sınıftaki alanlar %4,93 oranında artışla 616,36 km² alana ulaşmıştır. 30 yıllık zaman süresince 64,49 km² alan, düşük risk sınıfından, 413,6 km² alan ise orta risk sınıfından yüksek risk sınıfına dönüşmüştür. 249,35 km² alanda ise PER değerleri artmış ve yüksek risk sınıfından çok yüksek risk sınıfına dahil olmuştur (Şekil 4.35). Şekil 4.36'da çalışma alanında 1992 ve 2022 yılları arasında risk sınıflarının dönüşümü görülmektedir.



Şekil 4.35: Çalışma alanının 1992-2022 yılları arası peyzaj ekolojik risk değişim haritası



Şekil 4.36: 1992-2022 yıllarına ait peyzaj ekolojik risk sınıflarına ilişkin dönüşüm graf

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Alan kullanım/arazi örtüsü (AK/AÖ) değişimi, ekosistemlerdeki antropojenik ve doğal faktörlerin etkileşiminin bütünleşik bir yansımasıdır ve bölgenin ekosistem yapısının ve işlevinin tahribi üzerinde en yaygın etki olarak bilinmektedir (Jin et al., 2019). AK/AÖ değişimi, arazinin rasyonel kullanımının kısıtlanmasının yanında peyzaj kırılabilirliğinin artması, peyzajın yapı ve işlevinin değişmesi gibi ekolojik risklere neden olmaktadır (Liu et al., 2020; Cui et al., 2022). Bozulan ekolojik dengenin iyileştirilmesi için dış müdahaleler tarafından tahribata uğrama potansiyeli bulunan doğal kaynakların korunması ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması gerekmektedir. Bu kapsamda peyzaj ekolojik risk (PER) değerlendirmesi kavramı ön plana çıkmaktadır (Wang et al., 2021). PER değerlendirmesi, ekosistemde meydana gelen bozulma ve değişikliklerden kaynaklanan olumsuz sonuçları ve bu sonuçların ekosistem üzerindeki olası etkilerini, AK/AÖ değişikliğine dikkat çekerek mekansal ve zamansal olarak değerlendirmeyi amaçlamaktadır (Ji et al., 2021)

Gediz Anakol Alt Havzası'nda gerçekleştirilen bu çalışma, peyzaj desen indekslerini kullanarak 1992 ve 2022 yılları arasındaki AK/AÖ değişimine dayalı PER değerlerinin hesaplanması ve mekansal otokorelasyon ile riskin yığılma düzenliliğinin saptanmasını konu almaktadır. Bu kapsamda çalışma alanının, geçmişten günümüze 30 yıllık zaman süresince incelenerek PER değişimlerinin belirlenmesi ile kentlerin planlama süreçlerine katkı sunulması amaçlanmaktadır.

Çalışma alanında 1992 ve 2022 yılları arasında meydana gelen AK/AÖ değişimleri, IPCC AK/AÖ sınıflandırması kullanılarak incelenmiştir. Bu kapsamda çalışma yılları arasında en fazla değişimin görüldüğü AK/AÖ sınıfının %120,18 oranında artış ile yerleşim alanı olduğu saptanmıştır. Günümüzdeki yerleşim alanları, kıyı kesimi ile karayolları boyunca kompakt öbekler ve tarım alanları içinde dağınık oluşumlar şeklinde kendini göstermektedir. En az değişim gösteren AK/AÖ sınıfı ise sulak alandır. Gediz Deltası sulak alanının değişimden en az etkilenmesinin en önemli sebebi 1998

yılında Ramsar Alanı olarak ilan edilmesidir. Mevcut değişim ise 1992 ve 2022 yıllarına ait uydu görüntüleri arasındaki mevsimsel farklılıklara bağlı olmasının yanında Gölcük Gölü ve Marmara Gölü çevresinde gerçekleşmiştir. Bunlara ek olarak 1992 ve 2022 yılları arasında özellikle orman ve maki alanlarında meydana gelen azalma da, bu alanların tarımsal faaliyet ve yapılaşma baskısı altında hassas ekolojik dengelerinin bozularak potansiyel risk altında olduklarının bir göstergesidir. Özellikle tarım alanları içinde heterojen oluşum gösteren yerleşim alanları ile orman ve maki alanlarının farklı alan kullanımlarına hizmet etmek üzere parçalanması sonucu gözlenen açıklıklar, peyzaj kayıp miktarlarını arttırarak PER değerlerinin artmasına zemin oluşturmaktadır.

Çalışmada PER değerlendirmesi için çeşitli peyzaj desen indekslerinden yararlanılmıştır. Bu kapsamda peyzaj parçalanma, peyzaj izolasyon ve peyzaj baskınlık indekslerinin ağırlıklandırılmasına dayalı peyzaj bozulma indeksi; AK/AÖ sınıflarının ekolojik kırılganlıklarıyla birlikte değerlendirilerek, peyzaj kayıp indeksi sonuçlarına ulaşılmıştır. Peyzaj kayıp indeksi ve AK/AÖ sınıflarının alansal büyüklüklerinin bir arada hesaplanması ile ise PER indeks değerleri hesaplanarak peyzaj ekolojik riski saptanmıştır. Elde edilen PER değerlerinin mekansal dağılımının daha ayrıntılı tahmin edilmesi ve daha sonraki çalışmalar için daha kesin bir temel sağlaması amacıyla, merkez noktalara atanan değerler Kriging interpolasyonu ile haritalandırılmıştır. Böylelikle 4 x 4 km boyutlarında oluşturulan risk değerlendirme birimlerinin PER değerleri, her iki yıl için risk sınıflarının değer aralıkları bir arada değerlendirilerek doğal kırım yöntemi ile sınıflandırılmıştır. 1992 ve 2022 yılları arası PER sınıfları %45 oranında değişim ve dönüşüme uğramıştır. PER sınıflarındaki olumsuz dönüşüm, özellikle ekolojik kırılganlık değeri yüksek AK/AÖ sınıfları başta olmak üzere risk değerlendirme birimlerindeki sınıfların, daha küçük leke sayılarındaki artışa paralel olarak, en büyük lekelerin alansal büyüklüklerinin azalmasına bağlıdır.

Qu et al. (2021) havza ölçeğinde yaptıkları çalışmada, 2000-2020 yılları arasında PER sınıflarındaki değişimin %70,13 oranında olduğunu

saptamışlardır. Artış eğilimi gösteren risk değerleri, tarım alanları içinde parçalı yapay yüzeylerin oluşumunu en temel faktör olarak değerlendirilmektedir. Ran et al. (2022) çalışma alanında 2000-2018 yılları arasında risk artışı gösteren birimlerin, risk azalışı gösteren birimlere kıyasla daha düşük değişim gösterdiğini saptamışlardır. Özellikle çalışma alanındaki delta çevresinde oluşum gösteren kentsel yığılmaların daha yüksek riske sahip alanlar olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Zhang et al. (2020) ise kentsel kıyı alanlarındaki peyzaj ekolojik risk değişimini konu alarak peyzaj ekolojik riskin 1990-2000 yılları arasında artış gösterirken, 2000-2015 yılları arasında ise azalma eğiliminde olduğuna ulaşmışlardır. Bu kapsamda, kıyıların kentleşme sürecinde kentsel ekosistem hizmetlerine önem verilmediği ve bu alanlardaki doğal ekosistem kaybının önemli bir risk unsuru olduğu ortaya koyulmuştur. Bu çalışma kapsamında Gediz Anakol Alt Havzası'nın 1992 ve 2022 yılları arasında meydana gelen risk sınıflarının değişim oranları incelendiğinde orta, düşük ve çok düşük sınıflarına ait değerlerin azaldığı; yüksek ve çok yüksek sınıflarına ait değerlerin ise arttığı sonucuna varılmıştır. Bu alanların özellikle tarım alanlarını parçalayarak dağınık oluşum gösteren yerleşim alanlarının olduğu Gediz Ovası bölgesinde, maki ve orman alanlarının tarımsal faaliyet amaçlı bozulmaya uğradıkları çalışma alanının kuzey-güneydoğu güzergahı ile güneydoğu bölgesinde ve doğal vejetasyonun yerleşim ve tarım alanları tarafından tahrip edildiği Gediz Deltası çevresinde yoğunlaştığı gözlemlenmektedir. Dolayısıyla literatürde taranan çalışmalar ile bu çalışma kapsamında üretilen çıktılar, PER değerlerinin artış nedenleri bakımından birbirleriyle tutarlı bir ilişki göstermektedir. Ancak söz konusu çalışmalar ile bu çalışma kapsamında elde edilen dönüşüm oranlarının farklılık göstermesinin sebebi, çalışma alanının mekansal planlama stratejileri bakımından yetersizliği olabileceği gibi çalışma alanlarının büyüklükleri, oluşturulan risk değerlendirme birimlerinin boyutları ve belirlenen AK/AÖ sınıflarının ekolojik kırılganlık değerleri ile de doğrudan ilişkili olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

Wolf et al. (2023) yaptıkları çalışmada, çalışma alanının 1989-2019 yılları arasında korunan alanların çevresindeki AK/AÖ değişimlerinin PER değerlerini nasıl etkilediğini incelemiş ve riskin etkilediği göstergeleri Delphi yöntemiyle

ortaya koymuşlardır. Bu kapsamda PER değerleri sosyokültürel boyutta değerlendirilmiştir. Das et al. (2023) peyzaj ekolojik riskin AK/AÖ yanında sosyodemografik faktörlerden de etkilendiğini öne sürerek, farklı göstergeler altında risk değerlendirmesi gerçekleştirmiştir. Bu verileri ise risk değerlendirme birimleri ölçeğinde haritalandırmışlardır. Xu et al. (2021), Cao et al. (2019), Omar ve Cabral (2020) gibi birçok çalışmada, PER değerlerinin geçmiş ve günümüz değerleri AK/AÖ baz alınarak değerlendirilmiş, farklı modelleme yöntemleri ile gelecek dönemlere ait beklenen ve olması umulan senaryolar üretilmiştir. Bu çalışmalarda, üretilen gelecek senaryoların haritalandırılması ile mevcut riske önlem alınması gerektiğinin önemi vurgulanmaktadır.

Tez çalışması kapsamında, geçmiş ve günümüz değerlendirmesinde yalnızca PER sınıfları ve dağılımına odaklanılmamış, aynı zamanda risk değerlendirme birimlerinin çalışma alanı bütününde komşuluk ilişkileri irdelenerek mekansal kümelenme potansiyelleri değerlendirilmiştir. Bu kapsamda yapılan mekansal otokorelasyon analizleri sonucu, AK/AÖ değişiminin neden olduğu PER değerleri küresel ve yerel seviyelerde analiz edilmiştir. 1992 ve 2022 yıllarında 4, 8, 12, 16 ve 20 km mesafe seviyelerinde hesaplanan Moran's I sonucu, PER değerlerinin pozitif korelasyon gösterdiği belirlenmiştir. Risk değerlendirme birimi boyutlarına bağlı olarak artan mesafe seviyesi ile Moran's I'nin ters orantılı bir ilişki göstermesi, komşu risk değerlendirme birimlerinin AK/AÖ sınıflarının heterojenliğinin arttığını ve çalışma alanındaki homojenliğin azaldığını ifade etmektedir.

Yerel seviyede gerçekleştirilen analiz sonucu, komşulukların değerlendirilmesiyle yüksek risk gösteren risk değerlendirme birimlerinin kümelenme eğilimlerinin belirlenmesi, PER değerlerinin kontrol altına alınmasında önemlidir. Özellikle YY otokorelasyonu gösteren alanlara daha fazla dikkat edilmesi gerekmektedir. Çünkü pozitif otokorelasyon gösteren çalışma alanında, yüksek risk değerlerine sahip birimlerin kümelenme eğilimleri, bu alanlarda önlem alınmadığı takdirde ekosistem üzerinde ciddi kayıplara yol açan en kritik alanlardır.

Küresel peyzaj deseninin yerel peyzaj kümeleri ile doğrudan ilişkili olduğu göz önüne alınarak, çalışma alanı bütününde gerçekleştirilen mekansal otokorelasyon analizleri değerlendirildiğinde, küresel ve yerel seviyedeki değişimlerin dikkate alınmasının AK/AÖ değişimlerinde PER değerlerinin dengelenmesi için önem arz ettiği sonucuna ulaşılmıştır. Peyzaj plancıları başta olmak üzere ilgili meslek disiplinlerinden uzmanların, yerel yönetimler ve ilgili bakanlıklar ile iş birliği yaparak gerekli önlemlerin alınması için peyzaj ekolojik risk haritalarının altlık olarak kullanılması önerilmektedir.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen AK/AÖ değişimine dayalı PER değerlendirmeleri ile elde edilen risk değerlerinin yığılma düzenlilikleri dikkate alınarak, Gediz Anakol Alt Havzası başta olmak üzere, küresel ölçekte süregelen nüfus artışı ve hızlı kentleşme ile doğal ekosistemlerin tahrip edildiği AK/AÖ değişimlerine dayalı bozulmalarda, ekolojik bütünlüğün ve ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliğinin dikkate alındığı öneriler geliştirilmiştir. Bunlar;

- PER değeri yüksek ve çok yüksek derecelerine sahip ve özellikle YY otokorelasyon gösteren alanlarda, arazi kullanım denetimleri güçlendirilmelidir. Bu denetimlerin sağlandığı Çevre Düzeni Planları ve Kırsal Alanların Korunması ve Yönetimi Planları'nda, AK/AÖ sınıflarının ekolojik kırılganlıkları göz önünde bulundurularak, söz konusu yüksek PER değerine sahip kilit bölgelerin yönetimi amaçlı ekolojik projelere öncelik verilmelidir.
- Mekansal planlama süreçlerinde, alana dair peyzaj envanterlerinin ayrıntılı olarak oluşturulması, özellikle AK/AÖ sınıflarının belirtilerek Avrupa Peyzaj Sözleşmesi'ne uygun biçimde tanımlanması gerekmektedir. Oluşturulan peyzaj envanterleri, yerel yönetimlerin coğrafi bilgi sistemi veri tabanlarına işlenmeli ve AK/AÖ değişimleri ile birlikte izlenerek PER değerlerinin takip ve denetimi sağlanmalıdır.

- Çok düşük ve düşük risk derecelerine sahip ve DD otokorelasyonu gösteren alanlarda koruma-kullanma dengesi gözetilmeli, özellikle düşük direnç kabiliyetine sahip AK/AÖ sınıflarının parçalanmalarının önüne geçilmelidir.

- PER sınıflarının yığılma düzenliliğine göre, her bir bölge için izleme ve denetim uygulamaları gerçekleştirilmelidir. YY ve DY otokorelasyon alanları için sıkı kontrol önlemleri alınmalı, bu alanlarda parçalanmış lekeler arası koridorlar ile habitatlar arasında bağlantı kurularak izolasyon azaltılmalıdır. Aynı zamanda tahrip edilmiş doğal ekosistemlerin, alanın doğal karakterine uygun olarak yeniden oluşturulmasını sağlamaya yönelik uygulamalar geliştirilmelidir. YD ve DD otokorelasyon alanlarında mevcut ekosistemler korunarak iyileştirilmeli, AK/AÖ değişimleri uygunluk analizleri ile değerlendirilerek optimum seviyeyi aşmamalıdır.

- Yüksek ve çok yüksek risk derecesine sahip alanlar ile gelecekte yüksek risk potansiyeli olan orta riskli alanlarda, ulaşım gibi altyapı projelerinin çevresel etkilerinin azaltılmasına yönelik tedbirler alınmalı, parçalanmaların en aza indirgeneceği uygulamalar gerçekleştirilmelidir. Bu kapsamda mekansal bağlantılılığın kaybolmasını önleyecek ekolojik çözümler geliştirilmelidir.

- Mekansal planlama çalışmaları kapsamında kamuoyunun bilinci geliştirilmelidir. Bu kapsamda PER değeri yüksek alanların korunması, iyileştirilmesi ve denetiminin yanında, doğal ve kırılgan peyzaj kaynak ve alan kullanımların sürdürülebilirliğinin önemi hakkında bireysel ve toplumsal farkındalık artırma faaliyetleri gerçekleştirilmelidir.

Çalışma alanına dair hazırlanan Gediz Havzası Kirlilik Önleme Eylem Planı (2015), Gediz Nehir Havzası Yönetim Planı (2018), Gediz Havzası Kuraklık Yönetim Planı (2019) ve Gediz Havzası Eylem Planı (2023) çalışmalarında, havzanın sulak alan değeri göz önünde bulundurularak risk değerlendirmesinin yalnızca su kütleleri üzerinde gerçekleştirildiği gözlemlenmiştir. Fakat havza ekosisteminin PER değerlendirmesinde, yalnızca sulak alan değil aynı zamanda mekansal-zamansal olarak meydana gelen

bozulma ve kayıpların yanında mevcut AK/AÖ sınıflarının bu tahribata direnç kabiliyetlerinin de değerlendirilmesi gereklidir. Bu sayede ilgili yöneticilerin ve plan yapma yetkisi bulunan uzmanların, ekolojik dengenin korunmasına ilişkin uygun düzenlemeleri oluşturmalarında daha sağlıklı sonuçlar elde edileceği öngörülmektedir.

Tez çalışması süresince bazı sınırlılıklar ile karşılaşıldığı ifade edilmelidir. Öncelikle PER hesaplamasında baz alınan AK/AÖ değişim haritalarının oluşturulmasında kullanılan uydu görüntüleri, düşük mekansal çözünürlüğe (30 m) sahiptir. Bu etken, sınıflandırma sırasında alan kullanımların belirlenmesinde hatalara sebep olabilmektedir. Aynı zamanda çalışma alanı yalnızca altı AK/AÖ sınıfı altında değerlendirilmiştir. Daha detaylı bir sınıflandırma hiyerarşisi, ekolojik kırılganlık indeksinin daha doğru bir şekilde hesaplanmasına yardımcı olabilir. Bir diğer sınırlılık ise, çalışma alanı sınırlarının formal bir yapı göstermemesinin, bazı risk değerlendirme birimlerinde herhangi bir AK/AÖ sınıfının bulunmadığı boşlukların oluşmasına sebep olmuş olmasıdır. Bu kapsamda çalışma alanı sınırı dışında kalan boşluklar “verisiz” olarak işlenmiş, alansal büyüklükleri hesaplamalara dahil edilerek etkisiz eleman olarak değerlendirilmiştir. Liu et al. (2020)’da belirttiği üzere hücre tabanlı haritalama yöntemiyle elde edilen örnekleme birimlerinin nispeten eksiksiz bir ekolojik süreci sürdürmesi garanti değildir. Bu sebeple gelecek çalışmalarda, çalışma alanlarında belirgin ekolojik sürecin sağlandığı sınırların risk değerlendirme birimleri olarak belirlenmesi önerilmektedir. Bunlara ek olarak, PER değerlendirmesinin mekansal planlama kararlarının geliştirilmesinde farklı senaryolarda daha çeşitli peyzaj desen indekslerinin de dahil edilerek gözlemlenmesi, en sağlıklı sonuçlara ulaşılmasını sağlayabilir. Dolayısıyla yapılacak çalışmalarda, geçmiş ve günümüz PER değerlerinin, farklı indeksler ile ilişkilendirilerek elde edilmesinin yanında farklı senaryolar ışığında gelecek PER değerleri belirlenmesi ile alana en uygun plan kararları ve koruma stratejilerinin oluşturulmasının sağlanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca çalışma alanının önemli ekosistem özelliklerini barındıran ve yüksek ekolojik hassasiyete sahip olan Gediz Deltası’na ait Ramsar Alan sınırlarının, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü’nce

belirlenen sulak alan sınırlarının tamamını içermediği tespit edilmiştir. Bu konuda yapılan bilimsel çalışmalarda (Kaplan et al., 2005) da belirtildiği üzere, deltanın sahip olduğu Ramsar Alan sınırının genişletilmesi önerisi, 2005 yılında yayınlanan ve 2019 yılında revize edilen Gediz Deltası Sulak Alan Yönetim Planı'nca uygulanmamış olup, konunun göz önünde bulundurulması gerekliliği, bu alanlarda AK/AÖ değişimi baskısı altında kalarak ekolojik öneminin tahrip edilmemesi hususunda önemlidir.

Sonuç olarak, bu çalışma ile mekansal planlama sürecinde yer alan başta planlamacılar olmak üzere tüm paydaşlara, Gediz Anakol Alt Havzası'nın geçmiş ve günümüz PER değerleri hakkında veri sağlanmaktadır. Elde edilen bulgular, çalışma alanı kapsamında İzmir-Manisa Planlama Bölgesi Çevre Düzeni Planı'nın koruma, geliştirme ve planlama ilkelerinin oluşturulmasında altlık olarak kullanılarak, uygulama hükümlerine yönlendirici görev üstlenmelidir. Buna ek olarak yönetim ve eylem planlama stratejilerinin oluşturulmasında sulak alan odaklı yaklaşıma paralel olarak çalışma alanındaki tüm AK/AÖ sınıflarının, birbirleri üzerindeki etkilerinin bütüncül bir şekilde değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Agrawal, A. A., Ackerly, D. D., Adler, F., Arnold, A. E., Cáceres, C., Doak, D. F., Post, E., Hudson, P. J., Maron, J., Mooney, K. A., Power, M., Schemske, D., Stachoicz, J., Strauss, S., Turner, M. G., and Werner, E., 2007, Filling Key Gaps in Population and Community Ecology, *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(3), 145-152 pp.

Ai, J., Yu, K., Zeng, Z., Yang, L., Liu, Y., and Liu, J., 2022, Assessing the Dynamic Landscape Ecological Risk and its Driving Forces in an Island City Based on Optimal Spatial Scales: Haitan Island, China, *Ecological Indicators*, 137: 108771.

Akın, A., 2007, Çukurova Deltası Kıyı Alanında Arazi Örtüsü Değişimlerinin Belirlenmesinde Farklı Uzaktan Algılama Yöntemlerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 115s (yayımlanmış).

Aktaş, S. G., Kumtepe, E. G., Kantar, Y. M., Ulukan, I. C., Aydın, S., Aksoy, T. ve Er, F., 2019, Improving Gender Equality in Higher Education in Turkey, *Applied Spatial Analysis and Policy*, 12, 167-189 pp.

Altuntaş, A., 2017, Peyzaj Kalite Hedeflerinin Yerel Ölçekte Belirlenmesi: Antalya Aksu Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 194s (Yayımlanmış).

Anderson, J. R., 1976, A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data, Vol. 964, US Government Printing Office.

Anselin, L., 1995, Local Indicators of Spatial Association—LISA, *Geographical analysis*, 27(2), 93-115 pp.

Antrop, M., 1998, Landscape Change: Plan or Chaos? *Landscape and Urban Planning*, 41: 155-161 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Ayre, K. K., and Landis, W. G., 2012, A Bayesian approach to landscape ecological risk assessment applied to the Upper Grande Ronde Watershed, Oregon, *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 18(5), 946-970 pp.

Barbault, R., 1995, Biodiversity Dynamics: from Population and Community Ecology Approaches to A Landscape Ecology Point of View, *Landscape and Urban Planning*, 31(1-3), 89-98 pp.

Bastian, O., 2001, Landscape Ecology–Towards A Unified Discipline? *Landscape Ecology*, 16, 757-766 pp.

Bastian, O., Beierkuhnlein, C., Klink, H. J., Löffler, J., Steinhardt, U., Volk, M., and Wilmking, M., 2002, Landscape Structures and Processes, Development and Perspectives of Landscape Ecology, 49-112 pp.

Bian, J., Chen, W., and Zeng, J., 2023, Ecosystem Services, Landscape Pattern, and Landscape Ecological Risk Zoning in China, *Environmental Science and Pollution Research*, 30(7), 17709-17722 pp.

Botequilha Leitão, A., Miller, J., Ahern, J., and McGarigal, K., 2006, *Measuring Landscapes: A Planner's Handbook*, ISBN 1-55963-899-0, Island Press, Washington, DC, 245p.

Bürgi, M., Hersperger, A. M., and Schneeberger, N., 2005, Driving Forces of Landscape Change-Current and New Directions, *Landscape Ecology*, 19, 857-868 pp.

Cao, Q., Zhang, X., Lei, D., Guo, L., Sun, X., and Wu, J., 2019, Multi-Scenario Simulation of Landscape Ecological Risk Probability To Facilitate Different Decision-Making Preferences, *Journal of Cleaner Production*, 227, 325-335 pp.

Congaltan, R.G., Green., K., 1999, *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*, CRC Press, Inc., pp.137. ISBN 0-87371-986-7.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Coşkun Hepcan, Ç., 2008, Doğa Korumada Sürdürülebilir Bir Yaklaşım, Ekolojik Ağların Belirlenmesi ve Planlanması: Çeşme-Urla Yarımadası Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 204s (yayımlanmış).

Council of Europe., 2023, European Landscape Convention and Reference Documents, <https://rm.coe.int/16802f80c6> (Erişim tarihi: 09.05.2023)

Cui, B., Zhang, Y., Wang, Z., Gu, C., Liu, L., Wei, B., Gong, D., and Rai, M. K., 2022, Ecological Risk Assessment of Transboundary Region Based on Land-Cover Change: A Case Study of Gandaki River Basin, Himalayas, Land, 11(5), 638p.

Cui, L., Zhao, Y., Liu, J., Han, L., Ao, Y., and Yin, S., 2018, Landscape Ecological Risk Assessment in Qinling Mountain, Geological Journal, 53, 342-351 pp.

Cushman, S. A., Evans, J. S., and McGarigal, K., 2010, Landscape Ecology: Past, Present, and Future, Spatial Complexity, Informatics, and Wildlife Conservation, 65-82 pp.

Çerçi, N. K., 2019, İstanbul'daki Günlük Ulaşım Hareketlerinin Mekansal Otokorelasyon Yöntemleriyle Analiz Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 108s (yayımlanmış).

Çetinkaya Özkan, E., 2021, Doğal ve Kültürel Peyzajlarda Ekolojik Risk Değerlendirmesi: Selçuk İlçesi Örneği, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 19-28s (yayımlanmış).

Dai, L., Wang, L., Liang, T., Zhang, Y., Li, J., Xiao, J., Dong, L., and Zhang, H., 2019, Geostatistical Analyses and Co-Occurrence Correlations of Heavy Metals Distribution with Various Types of Land Use Within A Watershed in Eastern QingHai-Tibet Plateau, China, Science of the Total Environment, 653, 849-859 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Dale, V. H., and Kline, K. L., 2013, Issues in Using Landscape Indicators to Assess Land Changes, *Ecological Indicators*, 28, 91-99 pp.

Das, M., Das, A., and Mandal, A., 2023, Exploring the Factors Affecting Urban Ecological Risk: A Case from an Indian Mega Metropolitan Region, *Geoscience Frontiers*, 14(1), 101488.

Demir, H.K., 2020, Yeraltı Su Kalitesinin Tahmin Modelleri Kullanılarak Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 97s (yayımlanmış).

Deniz, B., Küçükerbaş, E. V. ve Tunçay, H. E., 2006, Peyzaj Ekolojisine Genel Bakış, *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(2), 5-18s.

Depietri, Y., 2020, The Social–Ecological Dimension of Vulnerability and Risk to Natural Hazards, *Sustainability Science*, 15(2), 587-604 pp.

Doğa Derneği., 2023, Gediz Deltası, Doğa Derneği, <https://www.dogadernegi.org/gedizdeltasi/> (Erişim tarihi: 06.05.2023)

Dramstadt, J., Wenche, E. Olson, D., and Forman, R. T. T., 1996, *Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land Use Planning*, Island Press, Washington D.C., 80 pp.

EEA., 2020, Chapter 6: Ecological Risk Assessment. European Environment Agency, [https://www.eea.europa.eu/publications/GH-07-97-595-ENC2/chapter6h.html#:~:text=Ecological%20Risk%20Assessment%20\(EcoRA\)%20involves,which%20make%20up%20the%20environment](https://www.eea.europa.eu/publications/GH-07-97-595-ENC2/chapter6h.html#:~:text=Ecological%20Risk%20Assessment%20(EcoRA)%20involves,which%20make%20up%20the%20environment) (Erişim tarihi: 25.08.2022)

Emecen, Y., 2015, Peyzaj Metrikleri Kullanılarak Sarıyer Bölgesi Örnek Alanındaki Peyzaj Değişimlerinin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 168s (yayımlanmış).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

EPA., 2022, Ecological Risk Assessment. United States Environmental Protection Agency, <https://www.epa.gov/risk/ecological-risk-assessment> (Erişim tarihi: 15.05.2023)

Erdmenger, C., 1998, Environmental management instruments-a guide for local authorities, The International Council for Local Environmental Initiatives (ICLEI), 79, Freiburg/Germany, 15-26 pp.

Erdoğan, M. A., 2012, Büyük Menderes Havzası için Ekolojik Risk Analizi Yönteminin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 216s (yayımlanmış)

Ersoy Tonyaloğlu, E., 2019, Kentleşmenin Kentsel Termal Çevre Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi, Efeler ve İncirlioğlu (Aydın) Örneği, Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi, 2(1), 1-13s

Ersoy Tonyaloğlu, E., Erdoğan, N., Çavdar, B., Kurtşan, K. ve Nurlu, E., 2021, Comparison of pixel and object based classification methods on rapideye satellite image, Turkish Journal of Forest Science, 5(1), 1-11 pp.

ESRI., 2023, Processing Classified Output, <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/spatial-analyst/image-classification/processing-classified-output.htm> (Erişim tarihi: 07.04.2023)

ESRI., 2022, ArcGIS 10.8 Software, Environmental Systems Research Institute, Redlands, CA.

Fan, J., Wang, Y., Zhou, Z., You, N., and Meng, J., 2016, Dynamic Ecological Risk Assessment and Management of Land Use in the Middle Reaches of the Heihe River Based on Landscape Patterns And Spatial Statistics, Sustainability, 8(6), 536p.

Fischer, J., and Lindenmayer, D. B., 2007, Landscape Modification and Habitat Fragmentation: A Synthesis, Global Ecology and Biogeography, 16(3), 265-280 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Coe, M. T., Daily, G. C., Gibbs, H. K., Helkowski, J. H., Holloway, T., Howard, E. A., Kucharik, C. J., Monfreda, C., Patz, J. A., Prentice, I. C., Ramankutty, N., and Snyder, P. K., 2005, Global Consequences of Land Use, *Science*, 309(5734), 570-574 pp.

Foody, G. M., 2002, Status of Land Cover Classification Accuracy Assessment, *Remote Sensing of Environment*, 80(1), 185-201 pp.

Forman, R. T., 1995, Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions, Cambridge University Press.

Forman, R. T. T., 2013, Introduction to Landscape Ecology: Patch/Matrix/Edge/Mosaic. Harvard GSD Career Discovery, <https://cdland4.files.wordpress.com/2013/06/forman-lecture.pdf> (Erişim tarihi: 12.05.2023)

Forman, R. T. T., and Gordon, M., 1986, Landscape Ecology, John Wiley&Sons, NewYork, USA.

Fu, B. J., 2014, The Integrated Studies of Geography: Coupling of Patterns and Processes, *Acta Geographica Sinica*, 69(8), 1052-1059 pp.

Gao, H., and Song, W., 2022, Assessing the Landscape Ecological Risks of Land-Use Change, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(21), 13945.

Ghulam, A., Ghulam, O., Maimaitijiang, M., Freeman, K., Porton, I., and Maimaitiyiming, M., 2015, Remote Sensing Based Spatial Statistics to Document Tropical Rainforest Transition Pathways, *Remote Sensing*, 7(5), 6257-6279 pp.

Hajghani, M., and Ahmadi, F., 2015, A Literature Review of Landscape Ecology, *MANZAR, the Scientific Journal of landscape*, 7(32), 60-65 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Holmes, G., Singh, B.R., Theodore, L., 1993, Environmental Risk Assessment. "in, Handbook of Environmental Management and Technology", John Wiley & Sons, Inc., New York, 628 pp. 573-583.

IALE., 2023, What is the Landscape Ecology. International Association for Landscape Ecology, <https://www.landscape-ecology.org/About-IALE> (Erişim tarihi: 11.05.2023)

IPCC., 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Kanagawa, pp 1.1-1.21 pp.

İBB., 2022, İzmir Kuş Cenneti. İzmir Büyükşehir Belediyesi, <https://www.izmir.bel.tr/tr/Projeler/izmir-kus-cenneti/1297/4> (Erişim tarihi: 06.05.2023)

Ji, Y., Bai, Z., and Hui, J., 2021, Landscape Ecological Risk Assessment Based on LUCC—A Case Study of Chaoyang County, China, Forests, 12(9), 1157p.

Jin, X., Jin, Y., and Mao, X., 2019, Ecological Risk Assessment of Cities on the Tibetan Plateau Based on Land Use/Land Cover Changes—Case study of Delingha City, Ecological Indicators, 101, 185-191 pp.

Ju, H., Niu, C., Zhang, S., Jiang, W., Zhang, Z., Zhang, X., Yang, Z., and Cui, Y., 2021, Spatiotemporal Patterns and Modifiable Areal Unit Problems of The Landscape Ecological Risk in Coastal Areas: A Case Study of The Shandong Peninsula, China, Journal of Cleaner Production, 310, 127522.

Kaplan, A., 2000, Peyzaj Mimarlığı Meslek Disiplinine Eleştirel Bir Bakış, TMMOB Peyzaj Mimarları Odası, Peyzaj Mimarlığı I. Kongresi, 19-21 Ekim 2000, 191- 214s., Ankara.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Kaplan, A., Hepcan, Ş., Gencer Güler, G., Küçükerbaş E. V., Kurucu, Y., Ölgen, M. K., Türkyılmaz, B., Sıkı, M., Akgün, A. ve Öner, E., 2005, Kırı Sulak Alan Sistemi Bağlamında Gediz Deltası'nın İşlevleri ve Üzerindeki Baskılar Yönüyle Değerlendirilmesi, Ege Coğrafya Dergisi, 14(1-2), 1-16s.

Karaali, İ., 2022, Alan Kullanım/Arazi Örtüsü Değişiminin Mekansal ve Zamansal Analizi: İzmir ve Aydın İlleri Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 24-36s (yayımlanmış).

Karimian, H., Zou, W., Chen, Y., Xia, J., and Wang, Z., 2022, Landscape Ecological Risk Assessment and Driving Factor Analysis in Dongjiang River Watershed, Chemosphere, 307, 135835.

Kaveloğlu, B., 2022, İstanbul İli Konut Satış/Kira Değer Endeksleri Mekansal Otokorelasyon Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 122s (yayımlanmış).

Klink, H. J., Potschin, M., Tress, B., Tress, G., Volk, M., and Steinhardt, U., 2002, Landscape and Landscape Ecology, Development and Perspectives Of Landscape Ecology, 1-47 pp.

Kor, A., 2011, Koruma Alanı Yakınındaki Hızlı Kentleşmenin Peyzaj Ekolojisi Yaklaşımı ile İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 156s (yayımlanmış).

Krönert, R., Volk, M., and Steinhardt, U., 2001, Introduction: Landscape Balance and Landscape Assessment (pp. 1-22), Springer Berlin Heidelberg.

Kurtşan, K., 2019, Tarımsal Peyzaj Değişimi Analizi: İzmir İli Bornova İlçesi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 88s (yayımlanmış).

Kurtşan, K. ve Nurlu, E., 2020, Tarımsal Peyzaj Değişimi Analizi: İzmir ili Bornova İlçesi Örneği, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 81-89 ss.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

L3Harris, 2016, Geospatial: ENVI 5.4 Image Analysis Software, Harris Geospatial Solutions Inc., USA.

L3harris., 2023, Classification, <https://www.l3harrisgeospatial.com/docs/classification.html#ClassSupervised> (Erişim tarihi: 06.04.2023)

Lan, Y., Chen, J., Yang, Y., Ling, M., You, H., and Han, X., 2023, Landscape Pattern and Ecological Risk Assessment in Guilin Based on Land Use Change, International Journal of Environmental Research and Public Health, 20(3), 2045.

Laux, P., Nguyen, P. N. B., Cullmann, J., and Kunstmann, H., 2017, Impacts of Land-Use/Land-Cover Change and Climate Change on The Regional Climate in The Central Vietnam, Land Use and Climate Change Interactions in Central Vietnam: LUCCi, 143-151 pp.

Lawrance, B., 2003, Between the Sea and the Lagoon: An Eco-Social History of the Anlo of Southeastern Ghana, c. 1850 to Recent Times.

Leitao, A. B., and Ahern, J., 2002, Applying Landscape Ecological Concepts and Metrics in Sustainable Landscape Planning, Landscape and Urban Planning, 59(2), 65-93 pp.

Lewis, G., Dinter, A., Elston, C., Marx, M. T., Mayer, C. J., Neumann, P., Pilling, E., and Braaker, S., 2021, The Role of Source-Sink Dynamics in the Assessment of Risk to Nontarget Arthropods from the Use of Plant Protection Products. Environmental Toxicology and Chemistry, 40(10), 2667-2679 pp.

Li, C., Chen, J., Liao, M., Chen, G., and Zhou, Q., 2018, Ecological Risk Assessment of Shan Xin Mining Area Based on Remote Sensing and Geography Information System Technology, Journal of Geographic Information System, 10(02), 234p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Li, M., Zhang, B., Zhang, X., Zhang, S., and Yin, L., 2023, Exploring Spatio-Temporal Variations of Ecological Risk in the Yellow River Ecological Economic Belt Based on an Improved Landscape Index Method. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 1837.

Li, W., Wang, Y., Xie, S., Sun, R., and Cheng, X., 2020, Impacts of Landscape Multifunctionality Change on Landscape Ecological Risk in a Megacity, China: A Case Study of Beijing, *Ecological Indicators*, 117, 106681.

Liang, T., Yang, F., Huang, D., Luo, Y., Wu, Y., and Wen, C., 2022, Land-Use Transformation and Landscape Ecological Risk Assessment in The Three Gorges Reservoir Region Based on The “Production–Living–Ecological Space” Perspective, *Land*, 11(8), 1234.

Liang, X., Li, Y., and Zhao, Y., 2020, Coupling Land Use Analysis and Ecological Risk Assessment: A Study of The Three Gorges Reservoir Area, China, *Mountain Research and Development*, 40(1), R1.

Lin, X., and Wang, Z., 2023, Landscape Ecological Risk Assessment and its Driving Factors of Multi-Mountainous City, *Ecological Indicators*, 146, 109823.

Lindenmayer, D. B., and Fischer, J., 2013, *Habitat Fragmentation and Landscape Change: An Ecological and Conservation Synthesis*, Island Press.

Liu, D. I., Cao, C., Dubovyk, O., Tian, R., Chen, W., Zhuang, Q., Zhao, Y., and Menz, G., 2017, Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process for Spatio-Temporal Analysis of Eco-Environmental Vulnerability Change During 1990–2010 in Sanjiangyuan Region, China, *Ecological Indicators*, 73, 612-625 pp.

Liu, D., Qu, R., Zhao, C., Liu, A., and Deng, X., 2012, Landscape Ecological Risk Assessment in Yellow River Delta, *J. Food Agric. Environ*, 10, 970-972 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Liu, J., Wang, M., and Yang, L., 2020, Assessing Landscape Ecological Risk Induced by Land-Use/Cover Change in a County in China: A GIS-and Landscape-Metric-Based Approach, *Sustainability*, 12(21), 9037.

Liu, Y., Liu, Y., Li, J., Lu, W., Wei, X., and Sun, C., 2018, Evolution of landscape ecological risk at the optimal scale: A case study of the open coastal wetlands in Jiangsu, China, *International journal of environmental research and public health*, 15(8), 1691.

Liu, Y., Xu, W., Hong, Z., Wang, L., Ou, G., and Lu, N., 2022, Assessment of Spatial-Temporal Changes of Landscape Ecological Risk in Xishuangbanna, China from 1990 to 2019, *Sustainability*, 14(17), 10645.

Llausàs, A., and Nogué, J., 2012, Indicators Of Landscape Fragmentation: The Case For Combining Ecological Indices And The Perceptive Approach, *Ecological Indicators*, 15(1), 85-91 pp.

Malekmohammadi, B., and Blouchi, L. R., 2014, Ecological Risk Assessment of Wetland Ecosystems Using Multi Criteria Decision Making and Geographic Information System, *Ecological Indicators*, 41, 133-144 pp.

Manandhar, R., Odeh, I. O., and Ancev, T., 2009, Improving the Accuracy of Land Use and Land Cover Classification of Landsat Data Using Post-Classification Enhancement, *Remote Sensing*, 1(3), 330-344 pp.

Martin, D., 1996, An Assessment of Surface and Zonal Models of Population, *International Journal of Geographical Information Systems*, 10(8), 973-989 pp.

Mattupalli, C., Moffet, C. A., Shah, K. N., and Young, C. A., 2018, Supervised Classification of RGB Aerial Imagery to Evaluate the Impact of a Root Rot Disease, *Remote Sensing*, 10(6), 917.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

McGarigal, K., Cushman, S. A., and Ene, E., 2012, Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps, Computer Software Program Produced by The Authors at The University Of Massachusetts, Amherst, FRAGSTATSv4, <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html> (Erişim tarihi: 20.02.2023).

Mo, W., Wang, Y., Zhang, Y., and Zhuang, D., 2017, Impacts of Road Network Expansion on Landscape Ecological Risk in a Megacity, China: A Case Study of Beijing, Science of the Total Environment, 574, 1000-1011 pp.

Morisette, J. T., and Khorram, S., 2000, Accuracy Assessment Curves for Satellite-Based Change Detection, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 66(7), 875-880 pp.

Nurlu, E., 2023, Peyzaj Planlama (Basılmamış Ders Notu), Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, İzmir.

Nurlu, E., Erdem, Ü., Doygun, H. ve Oğuz, H., 2013, Entegre Değerlendirme Yöntemleri Kullanılarak İzmir Kenti İçin Sürdürülebilir Alan Kullanım Önerileri Geliştirilmesi, COST Action TU0902, TUBITAK Araştırma Projesi Raporu, Proje No:109Y210.

NV5 Geospatial, 2023, ENVI Classification Tutorial, <https://www.l3harrisgeospatial.com/docs/Classification.html> (Erişim Tarihi: 20.11.2022)

Odum, E. P., and Barrett, G. W., 2008, Ekolojinin Temel İlkeleri, I. Kani (çeviri ed.), Palme Yayıncılık, Ankara, 2008, 534s.

Oldman Watershed Council., 2013, Landscape Patterns Environmental Quality Analysis, http://www.albertapcf.org/rsu_docs/landscape-patterns-presentation-02-may13.pdf (Erişim tarihi: 12.05.2023).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Omar, H., and Cabral, P., 2020, Ecological Risk Assessment Based on Land Cover Changes: A Case of Zanzibar (Tanzania), *Remote Sensing*, 12(19), 3114.

Peng, J., Zong, M., Hu, Y. N., Liu, Y., and Wu, J., 2015, Assessing Landscape Ecological Risk in A Mining City: A Case Study in Liaoyuan City, China, *Sustainability*, 7(7), 8312-8334 pp.

Petrişor, A. I., Ianoş, I., and Tălângă, C., 2010, Land Cover and Use Changes Focused on the Urbanization Processes in Romania, *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 9(6).

Qu, Y., Zong, H., Su, D., Ping, Z., and Guan, M., 2021, Land Use Change and Its Impact on Landscape Ecological Risk in Typical Areas of the Yellow River Basin in China, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21), 11301.

Ramsar., 2023a, About the Convention on Wetlands, Ramsar, <https://www.ramsar.org/about-the-convention-on-wetlands-0>. (Erişim tarihi: 09.04.2023).

Ramsar., 2023b, Wetlands of International Importance: Turkey, Gediz Delta, Ramsar, <https://www.ramsar.org/news/wetlands-of-international-importance-turkey-gediz-delta>. (Erişim tarihi: 09.04.2023).

Ramsdale, J. D., Balme, M. R., Conway, S. J., Gallagher, C., van Gasselt, S. A., Hauber, E., Orgel, C., Séjourné, A., Skinner, J. A., Costard, F., Johnsson, A., Losiak, A., Reiss, D., Swirad, Z. M., Kereszturi, A., and Platz, T., 2017, Grid-Based Mapping: A Method for Rapidly Determining the Spatial Distributions of Small Features Over Very Large Areas, *Planetary and Space Science*, 140, 49-61 pp.

Ran, P., Hu, S., Frazier, A. E., Qu, S., Yu, D., and Tong, L., 2022, Exploring Changes in Landscape Ecological Risk in The Yangtze River Economic Belt From A Spatiotemporal Perspective, *Ecological Indicators*, 137, 108744.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Rehman, A., Qin, J., Pervez, A., Khan, M. S., Ullah, S., Ahmad, K., and Rehman, N. U., 2022, Land-Use/Land Cover Changes Contribute to Land Surface Temperature: A Case Study of the Upper Indus Basin of Pakistan, Sustainability, 14(2), 934.

Renn, O., 2008, Concepts of Risk: An Interdisciplinary Review Part 1: Disciplinary Risk Concepts, GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society, 17(1), 50-66 pp.

Richards, J. A., 1999, Remote Sensing Digital Image Analysis, Springer-Verlag, Berlin, 240p.

Risser, P.G., Karr, J. R., and Forman, R. T. T., 1984, Landscape Ecology: Directions and Approaches, Special Publication 2, Illinois Natural History Survey, Champaign, Illinois.

Rowe, W. D., 1981, Methodology and myth. Risk/Benefit Analysis in Water Resources Planning and Management, 59-88 pp.

Rwanga, S. S., and Ndambuki, J. M., 2017, Accuracy Assessment of Land Use/Land Cover Classification Using Remote Sensing and GIS, International Journal of Geosciences, 8(04), 611.

Singh, A., 1988, Digital Change Detection Techniques Using Remotely-Sensed Data, International Journal Remote Sensing, 10(6), 989-1003 pp.

Song, G., Li, Z., Yang, Y., Semakula, H. M., and Zhang, S., 2015, Assessment of Ecological Vulnerability and Decision-Making Application for Prioritizing Roadside Ecological Restoration: A Method Combining Geographic Information System, Delphi Survey and Monte Carlo Simulation, Ecological Indicators, 52, 57-65 pp.

Sun, Q., Bai, Z., Cao, Y., Xie, M., Hu, X., Jiang, Y., and Lu, Y., 2015, Ecological Risk Assessment of Land Destruction in Large Open-Pit Mine, Transactions of The Chinese Society of Agricultural Engineering, 31(17), 278-288 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Şahin, Ş., 2018, Peyzaj Ekolojisi (Basılmamış Ders Notu), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Ankara.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı., 2015, Gediz Havzası Kirlilik Önleme Eylem Planı, https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/Gediz_KOEP_2015_04_14.pdf (Erişim tarihi: 06.05.2023)

T.C. Resmi Gazete., 1994, Özellikle Su Kuşları Yaşama Ortamı Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanlar Hakkında Sözleşme, 28.12.1993 gün ve 3958 nolu Bakanlar Kurulu kararınca 17 Mayıs 1994, 21937, Sayfa 2-5.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı., 2019, Gediz Havzası Kuraklık Yönetim Planı, <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Kurakl%C4%B1k%20Y%C3%B6netim%20Planlar%C4%B1/Gediz%20Havzas%C4%B1%20Kurakl%C4%B1k%20Y%C3%B6netim%20Plan%C4%B1%20Cilt%201.pdf> (Erişim tarihi: 06.05.2023)

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018, Gediz Nehir Havzası Yönetim Planı, <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/NHYP%20DEN%C4%B0Z/GED%C4%B0Z%20NEH%C4%B0R%20HAVZASI%20Y%C3%96NET%C4%B0M%20PLANI.pdf> (Erişim tarihi: 06.05.2023)

Tağıl, Ş., Görmüş, S. ve Cengiz, S., 2016, Denizli'de Kentsel Yayılma, Peyzaj Deseni ve Ekolojik Süreç İlişkisi, 6. Uzaktan Algılama-cbs Sempozyumu (UZAL-CBS 2016), 5(7), 847-858s.

Tian, P., Li, J., Gong, H., Pu, R., Cao, L., Shao, S., Shi, Z., Feng, X., Wang, L., and Liu, R., 2019, Research on Land Use Changes and Ecological Risk Assessment in Yongjiang River Basin in Zhejiang Province, China, Sustainability, 11(10), 2817.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Turner, M. G., Gardner, R. H., O'Neill, R. V., and O'Neill, R. V., 2001, Landscape Ecology in Theory and Practice (Vol. 401), Springer New York.

Ulus, A., 2020, Peyzaj Ekolojisi (Basılmamış Ders Notu), İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, İstanbul.

USGS., 2022, Earth Explorer, <https://earthexplorer.usgs.gov/> (Erişim tarihi: 24.10.2022)

Uzun, O. ve Yılmaz, O., 2003, Düzce Asarsuyu havzası peyzaj değerlendirmesi ve yönetim modelinin geliştirilmesi, Journal of Agricultural Sciences, 15(01), 79-87s.

Wang, H., Liu, X., Zhao, C., Chang, Y., Liu, Y., and Zang, F., 2021, Spatial-Temporal Pattern Analysis of Landscape Ecological Risk Assessment Based on Land Use/Land Cover Change in Baishuijiang National Nature Reserve in Gansu Province, China, Ecological Indicators, 124, 107454.

Wang, J., Cui, B. S., Liu, J., Yao, H. R., and Zhai, H. J., 2008, The Effect of Land Use And Its Change On Ecological Risk in The Lancang River Watershed of Yunnan Province at the Landscape Scale, Acta Scientiae Circumstantiae, 28(2), 269-277 pp.

Wang, Q., and Wang, H., 2022, Spatiotemporal Dynamics and Evolution Relationships Between Land-Use/Land Cover Change and Landscape Pattern In Response to Rapid Urban Sprawl Process: A Case Study in Wuhan, China, Ecological Engineering, 182, 106716.

Wolf, I. D., Sobhani, P., and Esmaeilzadeh, H., 2023, Assessing Changes in Land Use/Land Cover and Ecological Risk to Conserve Protected Areas in Urban-Rural Contexts, Land, 12(1), 231.

Wu, J., 2013, Landscape Sustainability Science: Ecosystem Services and Human Well-Being in Changing Landscapes, Landscape Ecology, 28(6), 999-1023 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Wu, J., Zhu, Q., Qiao, N., Wang, Z., Sha, W., Luo, K., Wang, H., and Feng, Z., 2021, Ecological Risk Assessment of Coal Mine Area Based on “Source-Sink” Landscape Theory–A Case Study of Pingshuo Mining Area, *Journal of Cleaner Production*, 295, 126371.

Xie, H., He, Y., Choi, Y., Chen, Q., and Cheng, H., 2020, Warning of Negative Effects of Land-Use Changes on Ecological Security Based on GIS, *Science of the Total Environment*, 704, 135427.

Xie, H., Wang, P., and Huang, H., 2013, Ecological Risk Assessment of Land Use Change in The Poyang Lake Eco-Economic Zone, China, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(1), 328-346 pp.

Xiong, Y., Xu, W., Lu, N., Huang, S., Wu, C., Wang, L., Dai, F., and Kou, W., 2021, Assessment of Spatial–Temporal Changes of Ecological Environment Quality Based on RSEI and GEE: A Case Study in Erhai Lake Basin, Yunnan Province, China, *Ecological Indicators*, 125, 107518.

Xu, B., Ji, K., Qi, B., Tao, Y., Qi, X., Zhang, Y., and Liu, Y., 2022, Landscape Ecological Risk Assessment of Yulin Region in Shaanxi Province of China, *Environmental Earth Sciences*, 81(21), 510.

Xu, W., Wang, J., Zhang, M., and Li, S., 2021, Construction of Landscape Ecological Network Based on Landscape Ecological Risk Assessment in A Large-Scale Opencast Coal Mine Area, *Journal of Cleaner Production*, 286, 125523.

Yan, Z., You, N., Wang, L., and Lan, C., 2023, Assessing the Impact of Road Network on Urban Landscape Ecological Risk Based on Corridor Cutting Degree Model in Fuzhou, China, *Sustainability*, 15(2), 1724.

Yang, L., Chau, K. W., Szeto, W. Y., Cui, X., and Wang, X., 2020, Accessibility to Transit, by Transit, and Property Prices: Spatially Varying Relationships, *Transportation Research Part D: Transport And Environment*, 85, 102387.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Yiğit, Ş., 2018, Peyzaj Metrikleri Kullanılarak Hatay-Samandağ Bölgesi Peyzaj Değişimlerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 227s (yayımlanmış).

Yılmaz, O. ve Erdem, Ü., 2011, Gediz Deltası'nın Uzaktan Algılama Teknikleri Uygulanarak Alan Kullanım Kararları Üzerine Araştırmalar, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 8(1), 53-63s.

Zhang, F., Yushanjiang, A., and Wang, D., 2018, Ecological Risk Assessment Due to Land Use/Cover Changes (LUCC) in Jinghe County, Xinjiang, China From 1990 to 2014 Based on Landscape Patterns and Spatial Statistics, Environmental Earth Sciences, 77, 1-16 pp.

Zhang, W., Chang, W. J., Zhu, Z. C., and Hui, Z., 2020, Landscape Ecological Risk Assessment of Chinese Coastal Cities Based on Land Use Change, Applied Geography, 117, 102174.

Zhang, X., Shi, P., and Luo, J., 2013, Landscape Ecological Risk Assessment of the Shiyang River basin, in Geo-Informatics in Resource Management and Sustainable Ecosystem: International Symposium, GRMSE 2013, Wuhan, China, November 8-10, 2013, Proceedings, Part II 1 (pp. 98-106). Springer Berlin Heidelberg.

Zhao, Y., Kasimu, A., Liang, H., and Rehemani, R., 2022, Construction and Restoration of Landscape Ecological Network in Urumqi City Based on Landscape Ecological Risk Assessment, Sustainability, 14(13), 8154.

Zhu, K., He, J., Zhang, L., Song, D., Wu, L., Liu, Y., and Zhang, S., 2022, Impact of Future Development Scenario Selection on Landscape Ecological Risk in the Chengdu-Chongqing Economic Zone, Land, 11(7), 964.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca değerli bilgi birikimiyle beni yönlendiren ve destekleyen, çalışkanlığı ve başarısı ile akademik hayatımda her zaman örnek aldığım ve alacağım çok kıymetli danışman hocam Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü Öğretim Üyesi ve Bölüm Başkanı **Sn. Prof. Dr. Engin NURLU**'ya çok teşekkür ederim.

Süreç boyunca yaptığım araştırmalarda değerli görüş, öneri ve yaptığı çalışmalardan çokça faydalandığım Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü Öğretim Üyesi Sn. **Doç. Dr. Ebru ERSOY TONYALOĞLU**'ya; değerli jüri üyelerim Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü Öğretim Üyesi Sn. **Prof. Dr. Çiğdem COŞKUN HEPCAN** ve İzmir Demokrasi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü Öğretim Üyesi Sn. **Doç. Dr. Birsen KESGİN ATAK**'a tezimi geliştirmemde sundukları katkılar için çok teşekkür ederim.

Her konuda desteğini hissettiğim, takıldığım her noktada değerli fikirleriyle beni yönlendiren, motivasyonumu kaybettiğim zamanlarda kapısını çaldığım değerli hocam ve canım arkadaşım Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü Öğretim Elemanı **Araş. Gör. Dr. Merve ÖZEREN ALKAN**'a teşekkür ederim. Lisans sürecimden bu yana arkadaşlığından destek aldığım, hayatım boyunca yan yana olacağımıza inandığım ve birlikte yapacağımız çalışmalara çokça heyecanlandığım canım arkadaşım Bursa Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü Öğretim Elemanı **Araş. Gör. Hatice Oya EŞBAH**'a; Lisansüstü kardeşim **Kübra KURTŞAN**'a teşekkür ederim.

Son olarak bütün hayatım boyunca maddi manevi desteklerini benden esirgemeyen, arkamı her döndüğümde orada olacaklarından yürekten emin olduğum en büyük şanslarım ve en kıymetlilerim canım annem **Öznur ÖZ** ve biricik kardeşim **Sena ŞENAY**'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

20/07/2023

Diba ŞENAY

ÖZGEÇMİŞ

DİBA ŞENAY

Doğum Tarihi:

Doğum Yeri:

Sabit Telefon:

E-Posta Adresi:

EĞİTİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans: Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı (2021-2023)

Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı (2020-2021)

Ön Lisans: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü Coğrafi Bilgi Sistemleri Programı (2020-2023)

Lisans: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü (2016-2020)

AKADEMİK ÜNVANLAR/GÖREVLER

Arş. Gör., Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü (2021-Halen)

AKADEMİK ÇALIŞMALAR

Ulusal/uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

Ender Altay, E., Şenay, D., & Eyüpoğlu, Z. (2021). Outdoor indicators for the healthy development of children. *Child Indicators Research*, 14, 2517-2545.

Altay, E. E., & Şenay, D. (2023). Usability and accessibility of urban service areas with increasing epidemics: the case of Bursa/Turkey. *TeMA-Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 16(1), 147-163.

Çelik, A., & Şenay, D. (2023). Opportunities of using rural areas for recreational purposes: The case of the Karacabey District, Bursa Province. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 60(1), 1-17.

Ulusal/uluslararası bilimsel toplantıda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

Çelik Çanga A., Şenay D. (2020). Bursa Kırsalı'nın Rekreatyon Amaçlı Kullanım Olanakları: Karacabey İlçesi Örneği. 9. Ulusal Kırsal Turizm Kongresi, 06-07 Aralık 2020. Antalya. Bildiri Kitabı, s: 44. (Özet Metin Bildiri)

Çelik Çanga A., Şenay D. (2020). Salda Gölü ve Çevresindeki Turizm ve Rekreasyon Faaliyetlerinin Doğal Kaynak Değerleri Üzerine Etkileri. 9. Ulusal Kırsal Turizm Kongresi, 06-07 Aralık 2020. Antalya. Bildiri Kitabı, s: 43. (Özet Metin Bildiri)

Kurtşan K., D. Şenay & E. Nurlu, 2022. "Analysis of Agricultural Landscape Change Using Landscape Metrics: The Case of Menemen, Izmir". 32nd International Scientific-Expert Conference of Agriculture and Food Industry (1-2 Aralık 2022, Sarajevo). 146 s.

Kurtşan K., C. Saygıner, D. Şenay & E. Nurlu, 2023. "Spatio-Temporal Analysis of Landscape Dynamics: The case of Selcuk, Izmir, Türkiye" 2. International Congress on Innovation Technologies & Engineering (12-13 Haziran, 2023, Izmir) ss: 374-382

Yazılan ulusal/uluslararası kitap bölümleri

Çelik Çanga A., Şenay D. (2021). Yenilenebilir Kaynaklar ve Yaya Köprüsü Tasarımı. Editör Murat Zencirkıran. Peyzaj Mimarlığında (Planlama, Tasarım ve Peyzaj Bitkileri) Güncel Çalışmalar. 1. Baskı. Gece Kitaplığı. Ankara. Temmuz, 2021. ss: 235-255.

Çelik Çanga A., Şenay D. (2021). Korunan Alanlarda Turizm ve Sürdürülebilir Peyzaj Planı Önerisi: Salda Gölü ve Çevresi. Editör H. Burçin Henden Şolt. Mimarlık Planlama ve Tasarım Alanında Araştırma ve Değerlendirmeler-Cilt II. 1. Baskı. Gece Kitaplığı. Ankara. Mayıs, 2021. ss: 155-184.

Özeren Alkan, M. & Şenay, D. (2022). Bornova Çayı Havzası Yapılı Alanlarında Kentsel Yeşil Alanların Yeterliliği ile Yaşam Kalitesi İlişkisi. Editör Emel Baylan. Peyzajdaki Çevresel ve Toplumsal Sorunlar Karşısında: İnsan, Yer ve Katılımcılık. IKSAD. Ankara. Kasım, 2022. ss: 239-270.

Ulusal Araştırma Projeleri

"Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemleri Ortamında Taşkın Riski Değerlendirmesi: İzmir Meles Çayı Havzası Örneği", BAP, 27382, Araştırmacı, 2023-Devam ediyor.