

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

**Kuraklığın Tarımsal Faaliyetler Üzerindeki Etkilerinin
Araştırılması: Seyhan Havzasında Bir Etkilenebilirlik
Çalışması**

Muhammet Said GÖLPINAR

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Aralık, 2024

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

**Kuraklığın Tarımsal Faaliyetler Üzerindeki Etkilerinin
Araştırılması: Seyhan Havzasında Bir Etkilenebilirlik
Çalışması**

Muhammet Said GÖLPINAR

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Bu Yüksek Lisans Tezi 29/11/2024 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Değerlendirilmiş ve Oy Birliği / Oy Çoğunluğu ile Kabul Edilmiştir.

Jüri: Prof. Dr. Mahmut ÇETİN
Prof. Dr. Fatih TOPALOĞLU
Prof. Dr. Recep YURTAL
Prof. Dr. Ahmet İRVEM
Dr. Öğr. Üyesi Ali Demir KESKİNER

Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.
Tez No:

Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
ÇİZELGELER LİSTESİ	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	VII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	7
2.1. İklim Değişikliğinin Farklı Bölgeler Üzerindeki Etkisini İnceleyen Etkilenebilirlik Temel Çalışmaları	7
2.2. İklim Değişikliğinin Tarımsal Sektör Üzerindeki Etkisini İnceleyen Etkilenebilirlik Çalışmaları	10
2.3. Meteorolojik Kuraklığın Etkisini İnceleyen Tarımsal Etkilenebilirlik Çalışmaları	14
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	19
3.1. Materyal	19
3.1.1. Araştırma Alanının Genel Tanıtımı	20
3.1.2. Araştırma için Gerekli Veriler	21
3.2. Yöntem.....	34
3.2.1. Eksik Verilerin Tamamlanması	34
3.2.2. Meteorolojik Kuraklığın Standart Yağış İndeksi (SYİ) Yöntemiyle Değerlendirilmesi	34
3.2.3. İklim Projeksiyon Verilerinin Yanlılık Düzeltmesi.....	36
3.2.4. Anket Sorularının Değerlendirilmesi.....	38
3.2.5. Tarımsal Etkilenebilirliğin Belirlenmesi	39
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	51
4.1. Maruziyet Ana Bileşenine İlişkin Bulgular	51
4.1.1. Eksik Meteorolojik Verilerin Tamamlanması	51
4.1.2. İklim Projeksiyon Verilerinin Düzenlenmesi	59
4.1.3. Uzun Yıllık Yağış Ortalamaları ve Kurak Ayları Sayısının Elde Edilmesi.....	68
4.1.4. Yağış ve Sıcaklıktaki Değişimin Belirlenmesi	70
4.2. Hassasiyet Bileşeni Alt İndikatörleri	72
4.2.1. NDVI Değerleri	72
4.2.2. Alt Havzaların Ortalama Deniz Seviyesi Yüksekliklerinin Elde Edilmesi.....	74

4.2.3. Alt Havzalarda Okuma-Yazma Oranı ve Nüfus Sayısı	75
4.3. Adaptasyon Kabiliyeti Alt Bileşenleri	77
4.3.1. Anket Çalışması Sonuçları	77
4.4. Temel Bileşenler Analiz Sonuçları	78
4.4.1. Maruziyet Bileşeni İndeks Değerleri ve Seyhan Havzası'ndaki Dağılımı	80
4.4.2. Hassasiyet Bileşeni İndeks Değerleri ve Seyhan Havzası'ndaki Dağılımı	81
4.4.3. Adaptasyon Kabiliyeti Bileşeni İndeks Değerleri ve Seyhan Havzası'ndaki Dağılımı ..	83
4.4.4. Etkilenebilirlik İndeks Değerleri ve Seyhan Havzası'ndaki Dağılımı	85
4.4.5. Gelecek Dönem Maruziyet Bileşeni İndeks Değerleri ve Seyhan Havzası'ndaki Dağılımı	87
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	91
5.1. Sonuçlar	91
5.1.1. Maruziyet Alt Bileşenleri	91
5.1.2. Hassasiyet ve Adaptasyon Kabiliyeti Alt Bileşenleri	92
5.1.3. Temel Bileşenler Analiz Sonuçları	93
5.2. Öneriler	94
KAYNAKLAR	97
ÖZGEÇMİŞ	107
EKLER	109

Kuraklığın Tarımsal Faaliyetler Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması: Seyhan Havzasında Bir Etkilenebilirlik Çalışması

Muhammet Said GÖLPINAR

Danışman: Prof. Dr. Mahmut ÇETİN
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

ÖZ

Çevresel sorunların etkisiyle meydana gelen iklim değişikliği insan yaşamını birçok yönüyle etkisi altına almaktadır. Bu durumdan en çok etkilenen sektörlerden biri tarım sektörüdür. Bu tez çalışması kapsamında, Türkiye'nin akarsu havzalarından biri olan Seyhan Havzası'nda meteorolojik kuraklığın tarım sektörü üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla bir tarımsal etkilenebilirlik çalışması yürütülmüştür. Araştırmada yer alan alt bileşenler; Seyhan Havzası'ndaki çiftçilerle yapılan anket çalışmalarından elde edilen sayısal verilere ek olarak, meteoroloji istasyonlarına, HadGEM2-ES/RegCM4.3 iklim projeksiyon modeline ve ERA5 projeksiyonuna ait yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak oluşturulmuştur. Meteorolojik kuraklığın belirlenmesinde standart yağış indeksi (SYİ) yöntemiyle 30 yıl süreli 6 aylık dönemdeki kurak aylar elde edilmiştir. Bu veriler kullanılarak etkilenebilirliğin oluşumunda etkin olan alt bileşenlerin belirlenebilmesi ve alt havzaların karşılaştırılabilmesi için Temel Bileşenler Analiz (TBA) Yöntemi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, kurak ayların sayısı, ortalama üzerindeki sıcak ayların sayısı ve bitki örtüsü yoğunluğunu ifade eden ortalama Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) değerleri en etkin alt bileşenler olarak bulunmuştur. TBA yöntemiyle belirlenen indeks değerleri dikkate alındığında ise, Aşağı Seyhan Ovası alt havzasının meteorolojik kuraklığa daha çok maruz kalması ve tarımsal faaliyetlerden ötürü bitki örtüsünün geniş olması, kuraklığa karşı hassasiyetini arttırmış; bu da etkilenebilirlik seviyesinin yükselmesine neden olmuştur. Bununla birlikte, bilhassa Seyhan Barajı- Zamantı Göksu Birleşim Yeri (SZGBY) ve Zamantı Irmağı alt havzaları içerisinde farklı hassasiyet ve adaptasyon kabiliyetine sahip bölgelerin yer alması nedeniyle, tarımsal etkilenebilirliğin dağılımı heterojenlik göstermiştir. Gelecek döneme ait maruziyetin TBA sonuçlarına göre ise, neredeyse tüm bölgelerin maruziyet seviyelerinin artacağı tahmin edilmiştir. Bunun temel nedeninin tüm alt havzalar için HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin, sıcaklık değerlerini yüksek, yağış değerlerini ise düşük tahmin etmesi olduğu söylenebilir. Elde edilen bulguların meteorolojik kuraklık ve etkileri üzerine bölgesel çapta yapılacak çalışmalar için rehber niteliği taşıdığı söylenebilir. Ayrıca HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim model çıktıları kullanılarak elde edilen meteorolojik kuraklık tahmin sonuçlarının, sorumlu birimlerin Seyhan Havzası için hazırlayacağı acil eylem planlarına katkıda bulunması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Meteorolojik Kuraklık, Etkilenebilirlik, Temel Bileşenler Analizi, Tarımsal Faaliyetler.

Investigation of the effects of drought on agricultural activities: A vulnerability study in the Seyhan Basin

Muhammet Said GÖLPINAR

Advisor: Prof. Dr. Mahmut ÇETİN

Department of Agricultural Structures and Irrigation

ABSTRACT

Climate change caused by environmental problems affects human life in many aspects. One of the sectors most affected by this situation is the agricultural sector. Within the scope of this thesis study, an agricultural vulnerability research was conducted in the Seyhan Basin, one of the river basins of Turkey, to determine the impact of meteorological drought on the agricultural sector. The subcomponents were created by using the precipitation and temperature data of meteorological stations, HadGEM2-ES/RegCM4.3 climate projection model and ERA5 projection with the results of survey studies conducted with farmers in the Seyhan Basin. In determining meteorological drought, the dry months in a 6-month period of 30 years were obtained using the standard precipitation index (SPI) method. In this context, the Principal Components Analysis (PCA) Method was used to determine the sub-components that are effective in the formation of vulnerability and to compare the sub-basins. According to the results, the number of dry months, the number of warm months above average and average Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) values expressing vegetation density were found to be the most effective subcomponents. Considering the index values determined by the PCA method, Lower Seyhan Basin sub-basin was more exposed to meteorological drought and had a large vegetation cover due to agricultural activities which increased its sensitivity to drought and led to an increase in the level of its vulnerability. Besides, the distribution of agricultural vulnerability showed heterogeneity, particularly due to the presence of regions with different sensitivity and adaptability within the Seyhan Dam-Zamantı Göksu Junction Area (SZGBY) and Zamantı River sub-basins. Moreover, PCA results of exposure for the next period shows that the exposure levels of almost all regions would increase. The main reason is that the HadGEM2-ES/RegCM4.3 regional climate model predicts temperature values high and precipitation values low for all sub-basins. Considering all these results and findings, they serve as a guide for regional studies on meteorological drought and its effects. In addition, the meteorological drought forecast results obtained using HadGEM2-ES/RegCM4.3 regional climate model outputs are expected to contribute to the emergency action plans by the responsible units for the Seyhan Basin.

Keywords: Meteorological Drought, Vulnerability, Principal Components Analysis, Agricultural Activities.

TEŞEKKÜR

Akademik kariyerimin başlangıcından bugüne her alanda üzerimde emeği olan, uzun soluklu doktora sürecini verimli geçirmemde birçok açıdan katkı sağlayan, bu anlamda tez yazım sürecimde her zaman yanımda olup, yapıcı eleştirileriyle tezimin niteliğini artıran danışman hocam Prof. Dr. Mahmut ÇETİN'e çok teşekkür ediyorum. Tez izleme Komitesi'nde yer alan Sayın Prof. Dr. Fatih TOPALOĞLU, Prof. Dr. Recep YURTAL, Prof. Dr. Ahmet İRVEM ve Dr. Öğr. Üyesi Ali Demir KESKİNER hocalarıma ayrı ayrı, tezime ilişkin değerlendirmeleri, öneri ve katkıları için teşekkür ediyorum. Tez çalışmasında kullandığım veri setleri için, Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ve bu birimde görev yapan Dr. Hüdaverdi Gürkan beye teşekkür ediyorum.

Bu süreçte yanımda olan; zorlandığım zamanlarda sabırla beni motive eden ve bana inançlarını hiçbir zaman yitirmeyen kıymetli eşim ve güzel aileme minnettirim. Manevi destekleri olmadan bu tez yazılamazdı.

Muhammet Said GÖLPINAR

Adana, 2024

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 3.1. Seyhan Havzası ve alt havzaların alansal dağılımı (Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü- TOBSYGM, 2019)	20
Çizelge 3.2. Araştırmada kullanılan meteoroloji istasyonları ve istasyonların konumları.....	22
Çizelge 3.3. Meteoroloji istasyonları ve veri aralıkları (aylık toplam yağış).....	23
Çizelge 3.4. Meteoroloji istasyonları ve veri aralıkları (aylık ortalama sıcaklık).....	24
Çizelge 3.5. HADGEM2-ES modelinin genel özellikleri	26
Çizelge 3.6. Araştırmada kullanılan HadGEM2-ES küresel dolaşım modelinin, RegCM4.3 bölgesel iklim modeline ait gridler ve konumları	27
Çizelge 3.7. Etkilenebilirlik bileşenleri ve alt bileşenler	33
Çizelge 3.8. SYİ Yöntemi Değerleri ve Kuraklık Sınıflandırması (McKee ve ark., 1993)	36
Çizelge 3.9. Meteoroloji istasyonlarına karşılık gelen Hadgem_4.5 iklim projeksiyon çıktı grid ve ERA5 projeksiyon noktaları tablosu.....	38
Çizelge 4.1. Meteoroloji istasyonlarının yağış parametresine ilişkin eksik ayların sayısı (1990-2020)	52
Çizelge 4.2. Meteoroloji istasyonlarının sıcaklık parametresine ilişkin eksik ayların sayısı (1990-2020).....	53
Çizelge 4.3. Meteoroloji istasyonlarının yağış parametresine ilişkin korelasyon değerleri.....	56
Çizelge 4.4. Meteoroloji istasyonlarının sıcaklık parametresine ilişkin korelasyon değerleri.....	58
Çizelge 4.5. ERA5 projeksiyonunun yağış ve sıcaklık referans değerleri ile HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin gride ait yağış yüzdeleri ve sıcaklık farkları.....	63
Çizelge 4.6. 2020 yılının farklı tarihlere karşılık gelen Seyhan alt havzalarının normalleştirilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI) değerleri	73
Çizelge 4.7. Araştırmada yer alan meteoroloji istasyonlarının etkili olduğu alanların, 2020 yılının farklı sezonlarına ait NDVI ortalamaları	74
Çizelge 4.8. Seyhan alt havzalarının deniz seviyesi yükseklikleri.....	75
Çizelge 4.9. Seyhan alt havzalarında nüfus ve okuma-yazma bilenlerin oranı.....	76
Çizelge 4.10. Anket sorularından oluşan alt bileşenler ve istatistiksel veri tablosu	77
Çizelge 4.11. Anket çalışmasından elde edilen alt bileşenlerin tanımlayıcı istatistikleri ve güvenilirlik analizi sonuçları.....	78
Çizelge 4.12. Etkilenebilirlik alt bileşenlerinin temel bileşenler analiz sonuçları	79
Çizelge 4.13. Gelecek dönem maruziyet ana bileşenine ait temel bileşenler analiz sonuçları	88

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Etkilenebilirliğin ana bileşenleri	3
Şekil 3.1. Seyhan Havzası ve alt havzalar.....	19
Şekil 3.2. Meteoroloji istasyonları, Hadgem_4.5 iklim projeksiyon çıktı kodları ve ERA5 projeksiyon noktalarının ArcGIS programında elde edilen görüntüsü	26
Şekil 3.3. Seyhan Havzası'nın sayısal yükseklik haritası (SYH).....	28
Şekil 3.4. Seyhan Havzası'nda yapılan anket çalışmalarının noktasal konumları	29
Şekil 3.5. Seyhan Havzasının 20 Ocak 2020 tarihine ait NDVI görüntüsü	30
Şekil 3.6. Seyhan Havzası'nın 17 Nisan 2020 tarihine ait NDVI görüntüsü	31
Şekil 3.7. Seyhan Havzası'nın 14 Temmuz 2020 tarihine ait NDVI görüntüsü	31
Şekil 3.8. Seyhan Havzası'nın 18 Ekim 2020 tarihine ait NDVI görüntüsü.....	32
Şekil 3.9. Araştırmanın akış şeması	40
Şekil 4.1. Araştırma alanı ve çevresinde yer alan meteoroloji istasyonlarının görüntüsü	54
Şekil 4.2. Araştırmada kullanılan meteoroloji istasyonlarının görüntüsü	55
Şekil 4.3. Aylık toplam yağış değerleri kullanılarak elde edilen regresyon modelleri	57
Şekil 4.4. Aylık ortalama sıcaklık değerleri kullanılarak elde edilen bazı regresyon modelleri.....	59
Şekil 4. 5. ERA5 projeksiyonunun ERA5_27 nolu çıktısı ile HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin 1145 nolu gride (Adana Bölge) ait 30 yıllık (1971-2000) sıcaklık-yağış grafiği.....	60
Şekil 4. 6. ERA5 projeksiyonunun ERA5_46 nolu çıktısı ile HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin 1441 nolu gride (Ulukışla) ait 30 yıllık (1971-2000) sıcaklık-yağış grafiği.....	61
Şekil 4.7. ERA5 projeksiyonunun ERA5_62 nolu çıktısı ile HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin 1647 nolu gride (Feke) ait 30 yıllık (1971-2000) sıcaklık-yağış grafiği.....	61
Şekil 4. 8. ERA5 projeksiyonunun ERA5_109 nolu çıktısı ile HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin 2149 nolu gride (Pınarbaşı) ait 30 yıllık (1971-2000) sıcaklık-yağış grafiği.....	62
Şekil 4.9. HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin 1045 nolu gride ait (Adana Bölge) 78 yıllık (2021-2098) ortalama sıcaklık değerleri.....	64
Şekil 4.10. HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin 1441 nolu gride ait (Ulukışla) 78 yıllık (2021-2098) ortalama sıcaklık değerleri.....	65
Şekil 4.11. HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin 1647 nolu gride (Feke) ait 78 yıllık (2021-2098) ortalama sıcaklık değerleri	65

Şekil 4.12. HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin 2149 nolu gride (Pınarbaşı) ait 78 yıllık (2021-2098) ortalama sıcaklık değerleri.....	66
Şekil 4.13. HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin 1045 nolu gride (Adana Bölge) ait 78 yıllık (2021-2098) toplam yağış değerleri.....	67
Şekil 4.14. HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin 1441 nolu gride (Ulukışla) ait 78 yıllık (2021-2098) toplam yağış değerleri.....	67
Şekil 4.15. HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin 1647 nolu gride (Feke) ait 78 yıllık (2021-2098) toplam yağış değerleri	68
Şekil 4.16. HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin 2149 nolu gride (Pınarbaşı) ait 78 yıllık (2021-2098) toplam yağış değerleri.....	68
Şekil 4.17. Kullanılan meteoroloji istasyonlarının 30 yıllık (1990-2020) toplam yağış değerleri ortalaması ve kurak ayları sayısı.....	69
Şekil 4.18. Meteoroloji istasyonlarına en yakın HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modeli gridin 78 yıllık toplam yağış değerleri ortalaması ve kurak ayları sayısı	70
Şekil 4.19. Yılın dört mevsimi için her bir meteoroloji istasyonunda yağışlı ve sıcak ayların sayıları .	71
Şekil 4.20. Yılın dört mevsimi için her bir gridin yağışlı ve sıcak ayların sayıları.....	72
Şekil 4.21. Seyhan alt havzalarının sayısal yükseklik modeli haritası (SYH)	75
Şekil 4.22. ArcGIS ortamında elde edilen Thiessen poligonları görüntüsü	76
Şekil 4.23. Seyhan Havzası ve alt havzalarının maruziyet bileşeni dağılımı.....	80
Şekil 4.24. Seyhan Havzası'nda yer alan meteoroloji istasyonlarının maruziyet bileşeni indeks değerleri	81
Şekil 4.25. Seyhan Havzası ve alt havzalarının hassasiyet bileşeni dağılımı.....	82
Şekil 4.26. Seyhan Havzası'nda yer alan meteoroloji istasyonlarının hassasiyet bileşeni indeks değerleri	83
Şekil 4.27. Seyhan Havzası ve alt havzalarının adaptasyon kabiliyeti bileşeni dağılımı.....	84
Şekil 4.28. Seyhan Havzası'nda yer alan meteoroloji istasyonlarının adaptasyon kabiliyeti indeks değerleri	85
Şekil 4.29. Seyhan Havzası ve alt havzalarının etkilenebilirlik indeksi dağılımı	86
Şekil 4.30. Seyhan Havzası'nda yer alan meteoroloji istasyonlarının etkilenebilirlik indeks değerleri	87
Şekil 4.31. Seyhan Havzası ve alt havzalarının gelecek dönem maruziyet bileşeni haritası	89
Şekil 4.32. Seyhan havzasındaki meteoroloji istasyonlarına karşılık gelen gridlerin gelecek dönem maruziyet bileşeni indeks değerleri.....	90

SİMGELER VE KISALTMALAR

ADBKŞM	: Araştırma Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Şube Müdürlüğü
SYİ	: Standart Yağış İndeksi
ZI	: Zamantı Irmağı
GI	: Göksu Irmağı
SZGBY	: Seyhan Barajı- Zamantı Göksu Birleşim Yeri
ASO	: Aşağı Seyhan Ovası
TOBSYGM	: Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
SYH	: Sayısal Yükseklik Haritası
NDVI	: Normalized Difference Vegetation Index – Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi
LRM	: Lineer (doğrusal) Regresyon Modeli
ÜRM	: Üssel Regresyon Modeli
ECMWF	: Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi

1. GİRİŞ

Günümüzde karmaşık ve birçok çevresel sorunlara neden olan iklim değişikliği, insan yaşamını sosyal ve çevresel yönleriyle etkisi altına almaktadır (Jamshidi ve ark., 2019). Endüstriyel devrim sonrası teknolojinin gelişmesi ve dünya nüfustaki artış, enerjiye ve gıdaya duyulan ihtiyacın yükselmesine sebep olmuştur. Bu durum; fosil yakıt tüketimi, arazi kullanımındaki değişiklik, ormanların tahribatı ve gübre kullanımı gibi faaliyetleri doğrudan etkilemiştir. Bunun ardından, zamanla artan azot gazı ve karbondioksit gibi zararlı sera gazları, atmosferdeki konsantrasyonlarını değiştirmiştir (Atay, 2015). Araştırmacılar birbirini tetikleyen bu zinciri, iklim değişikliğinin bir süreci olarak tanımlamaktadır. İklim değişikliği, okyanus ve atmosferdeki ortalama sıcaklıkların artışı, buzullardaki erimenin geniş çapta yayılımı ve ortalama deniz seviyesindeki artışlar gibi küresel çapta yapılan gözlemlerle takip edilebilmektedir (IPCC, 2007). Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin 2001 yılında yayınladığı rapora göre, son 50 yıl boyunca gözlenen sıcaklık artışının büyük bir çoğunluğunun insan aktivitelerinden kaynaklandığı, bunun ise iklim olaylarının doğrudan etkilediği vurgulanmıştır. IPCC'nin 5. Değerlendirme Raporu'nda (2014) ise, 1850 yılı sonrası deniz seviyesindeki artışın, önceki 200 yılın ortalama değerine oranla çok daha büyük olduğu ifade edilmiştir. Yapılan bir diğer çalışmada, 2030 ile 2052 yılları arasında küresel ısınma sonucunda sıcaklığın 1,5 °C artacağı, ayrıca sıcaklık dalgaları ve yoğun yağış olaylarının yükselen bir eğilim göstereceği belirtilmiştir. Türkiye'de de buna paralel olarak, kış mevsiminde Akdeniz bölgesinin tıpkı Akdeniz ülkelerinde olduğu gibi, önemli derecede sıcaklık artışının yaşanacağı vurgulanmıştır (Moeu, 2013). Ayrıca ülke genelinde, kış ve bahar aylarındaki yağış miktarında azalma olacağı öngörülmüştür. İstanbul Teknik Üniversitesi tarafından Türkiye için yapılan iklim değişikliği projeksiyon çalışmalarının sonuçları, bu öngörülerini destekler niteliktedir. Elde edilen verilere göre tüm bölgelerde, 2041 ile 2070 yılları arasında yüzey sıcaklığının kış mevsiminde yaklaşık 1,5 °C ve yaz mevsiminde ise 2,4 °C artacağı vurgulanmıştır. 2041 ve 2099 yılları arasında ise, yağış miktarlarında düşüş yaşanacağı tahmin edilmiştir (Eroğlu, 2019).

Yukarıda belirtildiği üzere yapılan bu çalışmalarda, iklimsel parametrelere ait eğilimlerin değerlendirilmesinin yanında, bunların doğuracağı sonuçlar da ele alınmıştır. İklim değişikliği, atmosfer, su, bitki, hayvan, ekonomi, sağlık ve tarım gibi farklı sektör ve gruplar üzerinde birçok negatif etkiye sahiptir. Örneğin, deniz seviyesindeki yükselme sosyoekonomik ve alt yapı sistemlerinin zarar görmesine neden olmaktadır. Ayrıca, sıcaklık artışlarıyla birlikte maddi kayıplar ve salgın hastalıkların yaygınlaşması gibi küresel çapta olumsuz etkileri de görmek mümkündür. Diğer taraftan yüksek sıcaklık artışları ve yağıştaki azalışlarla kuraklık meydana gelirken, yağış şiddetindeki değişimlerden dolayı taşkın tehlikeleri yaşanmaktadır.

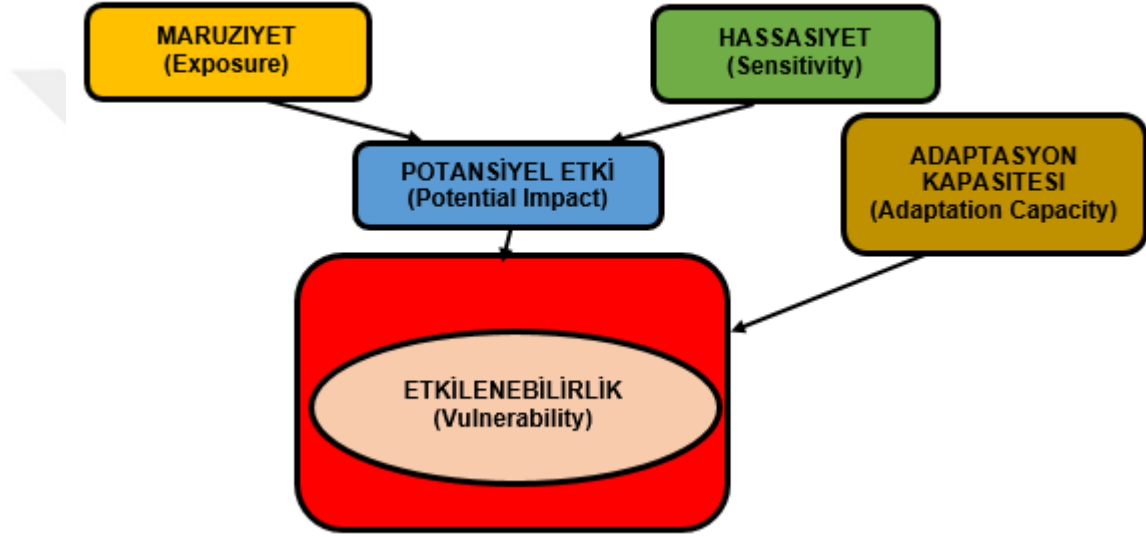
Değişen iklim koşullarından en çok etkilenen grupların başında ise, tarım sektörü yer almaktadır. Başta kuraklık etkisiyle meydana gelen, toprak kalitesi ve biyolojik çeşitliğinin azalması, ürünlerde verim kaybı ve verim kaybından doğan ekonomik zararlar karşısında, toplumlar giderek artan potansiyel bir tehlikeyle karşı karşıya kalmaktadır (Rama ve ark., 2016). Ayrıca, tarımsal sektör içerisinde yer alan çiftçiler (Menike ve ark., 2016) ve bilhassa küçük çiftlik sahipleri (Lindoso ve ark., 2012) en çok negatif etkilenenler arasındadır. Tarımsal üretim sistemleri üzerine iklim olaylarının etkisi, yetiştirilen ürünlerin çeşidine, çiftlik hayvanları üretimine, çiftçilerin ticari amaçlı oryantasyonuna, doğal kaynakların kalitesine ve çiftlik sahiplerinin spesifik özelliklerine bağlı olarak farklılık göstermektedir (Gbetibouo ve Ringler, 2009).

Yağış miktarındaki değişimler sonucu oluşan kuraklık olaylarının izlendiği bir diğer araştırmada ise, tarım arazilerinde meydana gelen kayıplarla, dünya üzerinde işlenebilir alanların 3,2 milyar hektarın altına düştüğü gözlenmiştir. Bu durumun gelişmekte olan ülkelerde daha fazla olduğu belirtilirken, küresel ısınma ile kişi başına düşen tarım arazisinin 2050 yılında 0,23 hektardan 0,15 hektara düşeceği tahmin edilmektedir (Karaman ve Gökalp, 2010). Dünyada 1 milyardan fazla insanın besin kaynaklarına ulaşamadığı için sağlıklı beslenememesi, tarımsal alanların kaybı ve sonrasında yaşanacak ürün kıtlığı ile daha büyük felaketlerle karşı karşıya kalınacağı öngörülmektedir (Baltacı, 2019). Bununla birlikte, iklim değişikliğiyle oluşan sel, kuraklık ve fırtına gibi doğa olayları, tarımsal ürünlerin büyüme ve olgunlaşma zamanlarını etkileyerek ürünlerin veriminde azalmaya neden olmaktadır.

Son yüzyılda iklim değişikliği sonucu oluşan bu gibi negatif etkilerin tehlikeli bir şekilde yaygınlaşması, uluslararası çapta alınacak önlemleri zorunlu kılmıştır. Bu anlamda, 1979 yılında yapılan Dünya İklim Konferansı, Birleşmiş Milletler tarafından kurulan IPCC ve Kyoto Protokolü gibi girişimlerle iklim değişikliği ile mücadele, iklim değişikliğine uyum sağlama ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmaya yönelik çalışmalar yapılmış ve bu çalışmalar halen devam etmektedir. Bunlar içerisinde, insan hayatını doğrudan etkileyen tarımsal sektör üzerinde iklimden kaynaklanan olumsuz etkileri ve alınacak tedbirleri kapsayan birçok bilimsel araştırma yer almıştır. Görsel ve deneysel niteliğe sahip bu çalışmalarda araştırmacılar, iklim değişikliği başta olmak üzere birçok faktörün, tarım sektörü dâhil olmak üzere birçok sektör üzerindeki etkisini incelemek üzere *Etkilenebilirlik (Vulnerability)* kavramını geliştirmişlerdir.

Etkilenebilirlik ifadesi literatür çalışmalarında, çeşitli risklere maruz kalan sistemleri temsil ettiğinden dolayı farklı şekillerde tanımlanmıştır (Gbetibouo ve Ringler, 2009). Örneğin, Chambers (1989) etkilenebilirliği, beklenmedik olaylara karşı maruziyet (exposure) ve bu maruziyetlerle mücadelenin zorlukları olarak tanımlamıştır. Liverman (1990) ise *Etkilenebilirliği*; direnç, risk, adaptasyon ve maruziyet gibi kavramlar ile ifade etmiştir. Chambers (1989) ile benzer bir düşüncüyü Adger (1996), olaylar karşısında insanların mücadele kapasitesi ve olaylara karşı maruziyeti olarak ifade

etmiştir. Bohle (2001) bu anlamları iki bileşen altında toplayarak, risk ve etkilenebilirliğin yapısal yönlerini temsil eden dış perspektif ve olayların negatif etkileriyle mücadele anlamını taşıyan iç perspektif şeklinde bir tanımlama geliştirmiştir. Bu tanımlamalar, IPCC'nin Birleşmiş Milletler tarafından 1988'de kuruluşu sonrası ortaya çıkmıştır (Baltacı, 2019). IPCC her 7 yılda bir dünyanın farklı ülkelerinde oluşan iklim değişiklikleri hakkında bir rapor hazırlamaktadır. IPCC'nin 2001 yılında hazırladığı raporda etkilenebilirlik; maruziyet, hassasiyet ve adaptasyon kapasitesinin bir fonksiyonu olarak tanımlanmıştır. Şekil 1'de etkilenebilirliğin bu ana bileşenlerine yer verilmektedir.



Şekil 1.1 Etkilenebilirliğin ana bileşenleri

Etkilenebilirliğin ana bileşenlerinden biri olan maruziyet, iklim değişikliğinden kaynaklı olaylar ya da doğa olayları (deprem, tsunami, heyelan gibi) gibi doğrudan bir tehlike olarak ifade edilmektedir. Hassasiyet bileşeni, bu olaylar karşısında insan ve çevre koşullarındaki kötüleşme ya da iyileşmeye karşılık gelmektedir. Adaptasyon kapasitesi ise, uygulanabilecek önlemlere karşı potansiyeli temsil etmektedir.

Etkilenebilirliğin doğrudan gözleme dayalı bir olgu olmaması nedeniyle, ölçütlerini belirlemek kolay değildir (Downing ve ark., 2001). Bu sebeple etkilenebilirlik, *alt bileşenler* ve *etkilenebilirlik değişken belirleme* gibi iki ana yaklaşımla incelenebilmektedir. Etkilenebilirliğin geniş bir perspektifte ele alınıp açıklanabilmesi için alt bileşenlere ihtiyaç duyulmaktadır. Alt bileşenler, etkilenebilirliğe en çok maruz kalan bölgeler hakkında karar vericilerin çözüm süreçlerinde gerekli olmaktadır. Tek ölçüm ya da faktörü içeren araştırmaların etkilenebilirlik adına gerçeği tam anlamıyla yansıtamaması sebebiyle, alt bileşenler yaklaşımı etkilenebilirlik analizi çalışmalarında tercih edilen bir yöntemdir.

Bu yöntemin bir taraftan çoklu alt bileşenler sayesinde sosyoekonomik ve biyofiziksel faktörlerin daha iyi anlaşılması gibi avantajları varken (Hebb ve Mortsch, 2007), sistemlere ait zamansal ve sosyal dinamikleri açıklamasındaki eksikleri nedeniyle birtakım sakıncaları da vardır (Luers ve ark., 2003). Çoklu alt bileşenler, araştırmacılar tarafından çalışma sahasının ayırt edici özelliklerine göre belirlenmektedir. Bu değişkenlerin en etkin olanlarının tespit edilebilmesi için, bir takım yaklaşımlar geliştirilmiştir (Kahraman, 2015). Bunlar içerisinde araştırmacılar tarafından en çok tercih edilen, Kaiser Kriteri (Kaiser Criterion) yöntemidir (Kaiser, 1960).

Etkilenebilirliğin yer aldığı literatür çalışmaları incelendiğinde, iklim değişikliğinden doğan etkilenebilirlik üzerine iki farklı tanımın geliştirildiği anlaşılmaktadır. Bunlardan ilki, iklim değişikliğinden kaynaklı olarak bir sistem üzerindeki potansiyel zararın ifadesi olan *son nokta* olarak etkilenebilirlik (biyofiziksel yaklaşım); diğeri ise, bir riskle karşılaşmadan önce sistemin içerisindeki durumu *başlama noktası* olarak ifade eden (sosyo ekonomik yaklaşım) etkilenebilirliktir (Brooks, 2003; Gbetibouo ve Ringler, 2009). Araştırmacılar, *son nokta* yaklaşımında etkilenebilirliğin, iklim değişikliğine karşı bir sistemin eksik adaptasyonunu temsil ettiğini ifade etmişlerdir. Bu, iklim değişikliğinin net bir etkisini gösterdiğinden dolayı araştırmalarda daha çok tercih edilmektedir (O'Brien ve ark., 2004a).

Dünyanın birçok ülkesinde iklim değişikliği etkisini ele alan tarımsal etkilenebilirlik çalışmaları yapılmakta ve elde edilen sonuçlarla yeni stratejiler geliştirilmektedir (Wirehn ve ark., 2017; Mallari ve ark., 2015; Tao ve ark., 2011; Liu ve ark., 2013). Ülkemizde ise yapılan çalışmalar içerisinde; depremin sosyal ve ekonomik çevre üzerindeki etkilenebilirliği (Yücel, 2009), iklim değişikliğinin Akdeniz ülkeleri üzerine etkisi (Ufuk, 2015), iklim değişikliği ve kentsel dayanıklılığın etkisi ile İstanbul şehri üzerinde bir kırılganlık ve risk değerlendirmesi (Aygün, 2015), mevsimsel işçilerin iklim değişikliğinden doğan etkilenebilirliği (Turhan ve ark., 2015) gibi farklı alanlar üzerine etkilenebilirlik çalışmaları yer almıştır. Kuraklığın etkisi altında, farklı coğrafyalarda yapılan etkilenebilirlik çalışmaları içerisinde tarımsal sektör önemli bir yere sahip iken, ülkemizde yapılan araştırmalarda bu sektörün yeterince incelenmediği görülmektedir. İlgili literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, etkilenebilirlik kavramının dinamik bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Öyle ki, aynı coğrafyada yapılacak araştırmada kullanılan yöntem, değişkenlerin yapısı ile dikkate alınan zaman periyodu etkilenebilirlik sonuçlarını doğrudan etkilemekte ve bu dinamik yapıyı ortaya koymaktadır.

Bu araştırmada Türkiye'nin Seyhan Havzası'nda, kuraklığın tarım sektörü üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla bir tarımsal etkilenebilirlik çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada;

- i. Türkiye'nin tarımsal faaliyetleri bakımından önde gelen bir bölgesinde yapılmış olması,
- ii. Seyhan Havzası'ndaki alt havzaların, coğrafi bakımdan farklı özelliklere sahip olması,

- iii. Yapılan saha çalışmalarıyla tarımsal faaliyetleri sürdüren çiftçilerin, kuraklık karşısındaki altyapı ve tedbirlerini gösteren alt bileşenlerin belirlenmiş olması,
- iv. Temel Bileşenler Analizi (TBA) yönteminin diğer havzalara uygulanabilirliğinin test edilmesi,
- v. Tarımsal etkilenebilirliği en çok etkileyen alt bileşenlerin belirlenebilmesi için, tekil değer ayrışımı yönteminin kullanılması mevcut araştırmayı özgün kılmaktadır.

Ayrıca tarımın ülke ekonomisi başta olmak üzere, temel geçim kaynağı olması açısından ve gıda sektörü gibi birçok alanda hayati role sahip olduğu düşünüldüğünde, bu tarımsal etkilenebilirlik çalışması, etkin bir zirai yönetim için önem kazanmaktadır. Bu araştırmada;

- i. Standart yağış indeksi (SYİ) yöntemiyle, 1990-2020 dönemli yağış verileri ile RCP4.5 senaryosu temelinde, HadGEM2-ES küresel iklim model çıktılarıyla elde edilen 2021-2098 periyotlu yağış verileri kullanılarak, Seyhan Havzası için kurak periyotların ve kurak ayların sayısının belirlenmesi,
- ii. Seyhan Havzası için, TBA ile tarımsal etkilenebilirliği oluşturan maruziyet, hassasiyet ve adaptasyon kabiliyeti indeks değerlerinin elde edilmesi, Coğrafi Bilgi Sistemi (ArcGIS) ortamında temel bileşenlerin sınıflandırılması ve haritalandırılması,
- iii. Maruziyet, hassasiyet ve adaptasyon kabiliyeti bileşenleri içerisindeki, tarımsal etkilenebilirliğin artış veya azalmasında rol oynayan etkin alt bileşenlerin belirlenmesi,
- iv. Seyhan Havzası'nda yapılacak anket çalışmaları ile yerel halkın (çiftçilerin) olası kuraklığa karşı bilgi ve önlem becerilerinin saptanması,
- v. Araştırmadan elde edilecek sayısal veriler kullanılarak, etkilenebilirliği yüksek olan bölgelerin tespit edilmesi ve bu bölgelerin kuraklığa karşı adaptasyon kabiliyetlerini artırmaya yönelik alınması gereken önlemlerin belirlenmesi hedeflenmiştir.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tarımsal faaliyetler başta olmak üzere, farklı sektörlerin de incelendiği ve iklim değişikliğini konu alan birçok etkilenebilirlik çalışması yapılmıştır. Bu akademik çalışmalar, alt başlıklar halinde aşağıda gruplandırılarak verilmiştir.

2.1. İklim Değişikliğinin Farklı Bölgeler Üzerindeki Etkisini İnceleyen Etkilenebilirlik Temel Çalışmaları

Kuraklık ve kuraklıktan etkilenebilirlik üzerine yapılan literatüre girmiş çalışmalar incelendiğinde, söz konusu çalışmaların etkilenebilirlik analizini farklı değişkenler ve yöntemleri dikkate alarak yaptıkları dikkati çekmekte, bu anlamda da farklılaştıkları görülmektedir. Bu hususta önemli görülen ve seçilen çalışmalar aşağıda özetlenmektedir.

Mozambik Cumhuriyeti içerisindeki Malawi nehir havzasında yer alan 5 bölge üzerinde, iklim değişikliğine bağlı etkilenebilirlik çalışması yapmıştır (Coulibaly ve ark., 2015). Bu çalışmada, biyofiziksel ve sosyoekonomik değişkenlerin bütünleşmesine dayalı olan indikatör yaklaşımı kullanılmıştır. Ayrıca, iklim değişikliğinin etkilerini açıklayan; adaptasyon kapasitesi, hassasiyet ve maruziyet bileşenlerinin analizinde, *Temel Bileşenler Analizi* (TBA) kullanılarak etkilenebilirlik endeksi hesaplanmıştır. Yürütülen çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre, seçilen 5 bölge içerisinde, Chikwawa, Machinga ve Blantyre'nin diğer bölgelere nazaran daha etkilenebilir olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, araştırma içerisinde Chikwawa bölgesindeki kadınların iklim değişikliğine karşı daha hassas oldukları görülmüştür. Araştırmacılar çalışmanın yürütüldüğü alan üzerinde iklim değişikliğinden doğan etkilenebilirliğin azaltılabilmesi için, bölge halkı tarafından ulaşılabilen ve kolayca kabul görebilecek nitelikte adaptasyon stratejileri geliştirilmesinin önemini vurgulamıştır.

Kuzey Afrika'da bulunan 5 ülkeyi kapsayan bir çalışmada (Schilling ve ark., 2012), iklim projeksiyonları, etkilenebilirlik, politik kararlar ve adaptasyon seçenekleri arasındaki bazı büyük etkileşimler araştırılmıştır. Araştırmacılar, önemli sosyoekonomik ve tarımsal gelişmeler için iklim değişikliğinin çevresel etkilerine dikkat çekmiştir. Elde edilen bulgulara göre, iklim değişikliğine karşı sağlanacak adaptasyonun tek bir sektör ile elde edilemeyeceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, iklim değişikliğinin etkilerinden dolayı toprak, çayır-mera, otlak bitki örtüsü ve yer altı suları kullanımının iyi yönetilememesinin ciddi sonuçlar doğuracağını ve bu durumun Kuzey Afrika bölgesinde tarımsal ve sosyoekonomik alanlarda riskleri artıracığı ifade edilmiştir.

Hans ve ark. (2006), etkilenebilirlik kavramı ve etkilenebilirliğin kapsamına ilişkin bir araştırma yapmıştır. Araştırmacılar, etkilenebilirlik analizinin içerdiği alt bileşenler sayesinde farklı sektörler üzerinde geniş bir araştırma alanına sahip olmasını göz önüne alarak, kavramsal bir yapıyı ortaya

koymuşlardır. Bu yapı sayesinde, iklim değişikliğinden doğan etkilenebilirlik araştırmaları için geliştirilen çeşitli yaklaşımlar arasındaki bağın daha kolay ve anlaşılır kılınmasını sağlamışlardır.

Saptutyningish ve ark. (2019), Endonozya'nın Yogyakarta bölgesinde iklim değişikliği ile mücadelede çiftçilerin katılımlarını içeren bir tarımsal etkilenebilirlik analizi yapmışlardır. Lojistik regresyon yöntemi kullanılarak elde ettikleri sonuçlara göre, çiftçilerin %70'inin tarımsal adaptasyon süreçlerinde finansal destek sağladıklarına ulaşmışlardır. Araştırmacılar, iklim değişikliği adaptasyon sürecinde sosyal sermayenin kabul edilebilir derecede katkısının olduğunu ve bu çalışmanın literatürdeki ilgili diğer çalışmalara da katkı sağlayacağını iddia etmişlerdir.

İnsanları ekonomik açıdan etkileyen faktörleri de göz önünde bulundurarak, farklı coğrafyalarda etkilenebilirlik çalışmaları yapılmıştır. Bunlardan biri, Alam ve ark. (2017) tarafından Bangladeş'in batısında yer alan iki farklı bölgede, 380 hanede anket çalışması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar elde ettikleri verileri değerlendirdiklerinde, gıda ve suya ulaşım yanında sağlık olanakları gibi faktörlerin etkilenebilirliğin temel bileşenlerini oluşturduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca, düşük gelir durumu, iklimsel faktörler, erozyon kaynaklı meydana gelen toprak kayıpları ve bunun etkisiyle ekonomik potansiyelin azalması gibi değişkenlerin etkilenebilirlik üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

Etkilenebilirlik çalışmaları içerisinde, Nematchoua ve ark. (2019) tarafından yapılan "Konutların bulunduğu yerleşim yerlerinde iklim değişikliğinin enerji ihtiyacı üzerine etkileri" başlıklı araştırma dikkati çekmektedir. Bu çalışmada, 1950-2005 dönemi için iklim verileri ile 5 farklı dağılım modeli ve senaryo kullanılarak etkilenebilirlik analizi yapılmıştır. Araştırmacıların model tahminleri sonucunda, konut sakinlerinin aylık serinleme amaçlı enerji ihtiyacının 2046 yılında, 123,3 DDs (degree days; derece gün), 2100 yılında ise 192,4 DDs (degree days; derece gün) artacağı bulgusuna ulaşmış ve bunun Afrika ülkelerinin merkezinde yer alan Çad bölgesinde en yüksek olacağını ortaya koymuşlardır. Bu artışa sebep olacak iklim değişimini tetikleyen en önemli etkenin bölgesel çapta oluşan CO₂ gazlarının olduğu belirtilmiştir. Ayrıca araştırmacılar, artan sıtma tehlikesine de işaret ederek iklim değişikliğinin bölgede artan enerji ihtiyacından ziyade insan yaşamı ve kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerine dikkat çekmişlerdir. Bu çalışmadan elde edilen sayısal verilerin ve istatistiksel sonuçların, bölgesel çapta iklim değişikliği ve etkileri üzerine araştırma yapacak olan genç araştırmacılara yardımcı olabileceği ifade edilmiştir.

Tasie ve ark. (2020) Nijerya'da yaptıkları bir çalışmada, kümes hayvanlarını içeren tarımsal zincir üzerinde iklim değişikliği sonucu oluşan etkilenebilirliği incelemişlerdir. Araştırma sonucunda, tarımsal faaliyetler ve ekonomik aktiviteler üzerinde iklim değişikliğinin doğrudan bir etkisi bulunmuştur. Araştırmacılar, tarımsal faaliyetler üzerinde iklim değişikliğinden kaynaklanan olumsuz etkiler hususunda farkındalığın artması ile çevre üzerinde tarımsal kaynaklı negatif etkilerin azalacağını vurgulamışlardır.

Etiyopya'nın Gurage bölgesinde yapılan bir araştırmada (Dendir ve ark., 2019), çiftçilerin geçimini konu alan bir etkilenebilirlik analizi yapılmıştır. Çalışmada, geçim etkilenebilirlik endeksi ve uluslararası iklim değişikliği paneli yöntemi ile üç bölgeyi temsilen 357 haneden elde edilen veriler kullanılmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda, bölgeler arasında bileşenlerin oransal değerlerinin farklılık gösterdiği ve bunun sebebinin ise hanelerin farklı özelliklere sahip olması, alt yapı, ulaşım imkânları ve teknolojik eksiklikler olduğu ifade edilmiştir. Bu çalışmanın, küçük çiftçilerin iklim değişikliğinden kaynaklanan etkilenebilirliğinin azaltılabilmesi ve adaptasyon kapasitesinin artırılabilmesi adına karar vericiler için bir yol gösterici olacağı hususunda vurgu yapılmıştır.

Güney Amerika'nın tropik iklime sahip 4 farklı ülkesinde kuraklık risk analizi yapılmıştır (Nauditta ve ark., 2022). Bu çalışmada hidrolojik ve meteorolojik kuraklığın mekânsal farklılığının belirlenmesi, kuraklıktan etkilenebilirliğe bağlı sektörlerin ve bu sektörlerdeki değişimin mekânsal olarak ortaya koyulması, 4 farklı bölgenin kuraklık riskinin mekânsal olarak belirlenmesi hedeflenmiştir. Elde edilen bulgular neticesinde; Muriae bölgesinde çiftlik hayvanı besiciliği ile tarımsal üretimin yoğun bir şekilde yapılmasının ve Tempisque bölgesindeki sulama faaliyetlerinin, bilhassa kurak dönemlerde etkilenebilirliğin artmasına neden olduğu görülmüştür. Bununla birlikte etkilenebilirliğin, tarımsal aktiviteler ve düşük yağış rejimi gibi etmenlerle, Magdalena bölgesinin güneybatısında yüksek, yüksek bölgelerinde ise düşük olduğu belirlenmiştir. Ancak; bu üç bölgenin aksine, hayvan yetiştiriciliğinin düşük olmasının ve ormanların yoğun bir şekilde dağılımının, Srepok bölgesini etkilenebilirliğe karşı daha dirençli kıldığı sonucuna varılmıştır. Araştırmacılar, bölgeler üzerinde sağlanacak yeni veri setleriyle, kuraklık süresi şiddet sınıflarının değiştirilerek, bölgelere göre kuraklık faktörlerinin tanımlanabileceğini vurgulamışlardır (Nauditta ve ark., 2022).

Akdeniz'e komşu olan birçok bölgede yine iklim değişikliği konulu araştırmalar yapılmıştır. Bunların içerisinde, Bilgin ve ark. (2023) 10 farklı turizm bölgesinde yaptıkları bir çalışmada, iklim projeksiyon modelinin en iyi (RCP4.5) ve en kötü (RCP8.5) senaryolarına ait sıcaklık ve nem verilerini kullanarak gelecek dönem için tahminlerde bulunmuşlardır. Buna göre, yüzyılın ortalarında ve yakın gelecekte turizmin yoğun olduğu sahil bölgelerinde sıcaklık ve nemin hissedilir bir şekilde artacağı belirtilmiştir. El masry ve ark. (2022) Mısır'ın Akdeniz kıyı bölgesine açılan kuzeybatı kesimlerde yaptıkları bir çalışmada ise, iklim değişikliğinin deniz turizmi üzerindeki potansiyel etkilerini araştırmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, bahar döneminde ölçülen su seviyesindeki değişimler göz önüne alındığında, bölge halkının tsunami ve fırtına olaylarına karşı yeterli seviyede önlem almadığına vurgu yapılmıştır. Diğer yandan, Işınkaralar (2023) tarafından Batı Akdeniz bölgesinde yürütülen bir çalışmada, iklim krizine karşı yerleşim yerlerinin direnç seviyesi konu edilmiştir. Kullanılan farklı iklim senaryolarının sonuçlarına göre, soğuk bölgelerde sıcaklık 2°C azalırken, sıcak bölgelerde (kıyı kesimleri) %41 seviyesinde bir artış elde edilmiştir.

Akdeniz'e komşu olan Seyhan havzasında da Kanber ve ark. (2019) tarafından araştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda, iklim koşullarındaki olası bir değişikliğin su kaynakları ve çevre üzerinde oluşturduğu baskı incelenmiştir. İklim model çıktıları değerlendirildiğinde, araştırma alanında ortalama sıcaklıkta 2-3°C artış tahmin edilirken, yüzyılın sonunda bu sıcaklığın 3-5°C'ye kadar yükseleceği öngörülmüştür. Bununla birlikte, yağış miktarında ülke genelinde %20, Seyhan Havzası'nda %30 ve Aşağı Seyhan Ovası'nda ise %25 oranında azalma olacağı belirtilmiştir.

Türkiye'nin güney kesimi Çukurova bölgesinde, mevsimsel işçilerin iklim değişikliğinden oluşan bir etkilenebilirlik çalışması yapılmıştır (Turhan ve ark., 2015). Saha çalışması ve temel ilkelere dayanan bir analiz yöntemi ve elde edilen bulgularla araştırmacılar bu çalışmanın; iklim değişikliğine karşı adaptasyon çalışmaları için, nüfus dağılımının nasıl kontrol edilebileceğini gösteren bir uygulama niteliği taşıdığını ifade etmişlerdir. Ayrıca, gittikçe belirsiz hale gelen bir dünyada mevsimsel işçilerin etkilenebilirliğinin azaltılabilmesi için, daha büyük ve kapsamlı bir sosyal, politik ve ekonomik paketin düzenlenmesinin gerektiği belirtilmiştir.

Fujihara ve ark. (2008) tarafından Seyhan Havzası'nda yürütülen bir çalışmada, hidrolojik aşırılıklar rejimi üzerindeki iklim değişikliğinin etkileri araştırılmıştır. Sel ve kuraklığın hidrolojik maruziyet olarak tanımlandığı bu çalışmada, ters yaklaşımı kullanılarak araştırma alanının iklim koşullarında meydana gelen varyasyonlara karşı hidrolojik risk ve kırılganlığı modellenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, mevcut şartlarda kritik sel olaylarının çok daha az sıklıkta meydana geleceği vurgulanmış; iklimde olası değişen koşullarda kritik kuraklık olaylarının daha sık yaşanacağı belirtilmiştir.

2.2. İklim Değişikliğinin Tarımsal Sektör Üzerindeki Etkisini İnceleyen Etkilenebilirlik Çalışmaları

Kuraklığın mekânsal ve zamansal değişimini, günümüz ve gelecek dönemler için ortaya koymak amacıyla, Kwak ve ark. (2016) Güney Kore'de bir araştırma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada, 45 meteoroloji gözlem istasyonu kullanılarak SYİ değerleri hesaplanmış; kuraklığın şiddet ve süresi, kopula yöntemiyle elde edilerek haritalandırılmıştır. Araştırma sonucunda; Geum, Nakdong ve Han nehir havzalarının kuraklığa karşı etkilenebilir oldukları tespit edilmiştir. Bununla birlikte, Youngsan nehir havzasının, diğer havzalara nazaran kuraklığa karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir. Ayrıca iklim değişikliği model verileri (HADGEM3-RA ve RCPs senaryoları) kullanılarak elde edilen sonuçlara göre, Güney Kore'nin bütününde, iklim değişikliği kaynaklı kuraklık etkilerinin artacağı vurgulanmıştır.

Kenya'da yapılan bir etkilenebilirlik çalışmasında sel ve taşkın olaylarının tarım, su kaynakları, sağlık, turizm ve enerji gibi farklı sektörler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Buna göre, bölgenin kuzey

ve güney sahil kesimlerinin en çok etkilenebilirliğe sahip olduğu vurgulanmış, iklim değişikliklerinden en fazla Kenya toplumunun zarar gördüğü ifade edilmiştir (Marigi, 2017).

Marengo ve ark. (2013), benzer değişkenleri (sel ve taşkın olayları) kullanarak, Amazon bölgesinde gözlemlerde bulunmuşlardır. Araştırmanın sonucunda, mevcut ekosistemin yanı sıra, nehrin kıyı bölgelerinde yaşayan yerel halkın da, meydana gelen iklim değişiklikleri nedeniyle en yüksek etkilenebilirliğe sahip olduğu bulgusu elde edilmiştir.

Yağış eksikliğinden dolayı meydana gelen kuraklık şiddetinin belirlenmesi, haritalandırılması ve çalışma alanı içerisinde bölgesel olarak meydana gelen farklılıkları ortaya koymak amacıyla, Wambua ve ark. (2018), Kenya'nın Yukarı Tana havzasında bir araştırma yürütmüşlerdir. Çalışma sahasında yer alan, 8 farklı meteoroloji istasyonundan alınan aylık yağış verileriyle, SYİ (Standardized Precipitation Index; Standart Yağış İndeksi) ve EDI (Effective Drought Index; Etkili Kuraklık İndeksi) yöntemleri kullanılarak kurak aylar tespit edilmiştir. Elde edilen veriler kullanılarak, Mann-Kendall testi yardımıyla kuraklık olaylarındaki değişim ortaya konulmuştur. Daha sonra, sayısal veriler kriging yaklaşımıyla haritalandırılarak, bölgesel olarak farklılıklar betimlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde; kuraklığın, havzanın güneydoğu bölgelerinde artan bir eğilim gösterirken, kuzeybatı bölgelerinde daha düşük seviyelerde görüldüğü belirlenmiştir.

Etkilenebilirlik çalışmalarında uzaktan algılama yöntemleri; ölçüm yapılamayan bölgeler için gerekli verileri tahmin ederek, geniş ölçekli havzalarda araştırma yapılmasına olanak sağlamaktadır. Guo ve ark. (2022), uydu görüntülerinden elde ettikleri verilerle, maruziyet ana bileşeni olarak, aşırı kuraklık ve yağış rejimi parametrelerini kullanmışlar ve çevre etkilenebilirliği çalışması yapmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, çalışma alanında, kuraklık kaynaklı çevre etkilenebilirlik değerlerinin, farklı yağış rejimlerinden kaynaklı etkilenebilirlik değerlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür.

Wirehn ve ark. (2017) ise, coğrafi gözleme dayalı bir yaklaşım kullanarak, iklim değişikliğinin tarımsal faaliyetler üzerindeki olumsuz etkilerini incelemişlerdir. Araştırmada kullandığı yöntemle, tarımsal keşif (Agroexplore) anlamı taşıyan bir araç geliştirilerek, etkilenebilirliği oluşturan indekslere ait alt bileşenlerin seçimi, sınıflandırılması ve ağırlıklandırılması kolaylaştırılmıştır. Geliştirilen bu araç, çalışmada test edilmiş ve farklı coğrafi bölgelerde ve farklı sektörlerde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Filipinler'in Mabalacat yerleşim yerinde, ArcGIS kullanılarak tarımsal etkilenebilirlik analizi yapılmıştır (Mallari ve ark., 2015). Çalışma sonuçları değerlendirildiğinde, benzer oranlara sahip indikatör değerlerini kullanarak etkilenebilirlik indeks haritalarını elde etmişlerdir. Araştırmacılar çalışmalarının, bölgesel anlamda tarımsal alanlar üzerinde iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin azaltılabilmesi amacıyla, karar verici organların alacakları önlem ve kararlar için bir rehber niteliği taşıdığını vurgulamışlardır.

Tao ve ark. (2011), iklim değışikliğı araştırma konuları ve değerdendirme yöntemleri için, tarımsal etkilenebilirlik kavramından yola çıkarak araştırmalara kapsamlı bir bakış açısı kazandırmışlardır. Araştırmalarında, etkilenebilirlik analizleri içerisinde gerekli olan indekslerin ortak ilişkilerini ve ağırlıklarını belirlemenin önemi vurgulanmış, tarımsal etkilenebilirliğin bilimsel anlamda tanımlanması ve ayırt edici olması gerektiğı belirtilmiştir. Ayrıca, adaptasyon üzerinde yapılan sayısal araştırmaların artırılması gerektiğı sonucuna varılmıştır.

Güneydoğu Asya bölgesinde yürütölen bir çalışmada ise, etkilenebilirliğin temel bileşenlerinin bir fonksiyonu olarak IALVI (Integrated Agricultural Livelihood Vulnerability Index: Entegre Edilmiş Tarımsal Geçim Etkilenebilirlik Endeksi) değerdeleri elde edilmiştir. Buna göre, sosyo-demokratik bileşenlerin, sosyal ağı ve kuruluşlarla yüksek bir ilişkiye sahip olduğı görölmüşür. Ayrıca, bölgedeki balıkçılık faaliyetlerinin azalmasına ek olarak, kuraklık etkisiyle tarımsal alanlardaki tuzluluk artışının, büyük ölçekli göçlere sebep olduğı vurgulanmıştır (Das ve ark., 2023).

Diğerd yandan, iklim değışikliğinin geçim ve yaşamın kültürel yönü üzerindeki olumsuz etkilerini içeren bir araştırma yapılmıştır (Adger ve ark., 2012). Bu araştırmada, toplumun iklim değışikliğı ile oluşacak risk karşısında nasıl adaptasyon göstereceğı ve mücadele vereceğı hususunda önemli kültürel faktörlerin olduğı ve ekin arabulucularının çevreyi ve toplumu nasıl değıştirdikleri üzerine ipuçları ortaya konmuştur.

Birleşmiş Milletler bünyesinde 192 ölkde için, iklimden doğan etkilenebilirlik karşısında ekonomik, sosyal ve yönetimsel adaptasyon hazırlığı üzerine bir araştırma yapılmıştır (Sarkodie ve ark., 2019). Araştırmacıların mekânsal analiz ve regresyon modeli kullanarak ulaştıkları sayısal sonuçlar neticesinde, iklim değışikliğinin Afrika’da gıda (mısır, pirinç ve buğday) ve güvenliğı etkilemesi, Avustralya’da yağıştan doğan sel ve balıkçılığı olumsuz etkilemesi; Asya, Güney ve Kuzey Amerika’da artan sıcaklar neticesinde yer altı-üstü içme ve kullanım amaçlı su kaynaklarını azaltması açısından Avrupa’da orman yangınları ve hava kirliliğı artışı gibi olumsuz etkilere sebep olduğı vurgulanmıştır. İklim değışikliğı sebebiyle, farklı kıta ve ölkelerin maruz kaldığı bu olumsuz etkilerin minimum seviyeye indirilmesi adına alınacak önlemler, sıcaklık-sel gibi faktörler üzerine erken uyarı sistemlerinin kurulması, sürdürülebilir bölgesel gelişim, iklim kaynaklı olayların oluşturduğı strese dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesi ve sulama gibi tarımsal faaliyetler üzerine yapılacak teknolojik adaptasyon çalışmaları, kıyısız sel risk yönetim sisteminin oluşturulması, yangın ve su kaynakları yönetim sistemlerinin kurulması olarak belirtilmiştir.

İklim değışikliğinin toplumsal yönü önem arz etmektedir. Bu nedenle, tarımsal ürünler ve çiftçiler üzerinde iklim değışiklikleri ve sosyoekonomik değışiklikler kaynaklı etkilenebilirlik analizi yapılmıştır (Berry ve ark., 2006). Sonuçlar incelendiğinde, tarım ürünleri ve çiftçiler için iklimde değışikliğin etkilenebilirlik üzerinde etkisinin olacağı ve bunun ise mevcut senaryo, bölge ve türlerden

kaynaklı değişkenlik göstereceği ve tarımdaki potansiyel değişimlerin canlı türlerinin etkilenebilirliği üzerinde pozitif ve negatif etkilerinin olabileceği belirtilmiştir. Yapılan bu araştırmanın ışığında, tarımsal alanların kullanımındaki değişikliğin, canlı türleri için planlanan adaptasyon çalışmaları açısından fırsatlar sağlayacağı ifade edilmiştir.

Wirehn ve ark. (2015), İsveç'te yaptıkları tarımsal etkilenebilirlik analizinde iklim değişikliğini göz önüne almışlardır. Çalışma kapsamında, farklı ağırlıklandırma metotlarına sahip indikatör yaklaşımları içerisinde üç ayrı yöntem karşılaştırılmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde, yöntemler arasında büyük farklılıkların olduğu gözlenmiştir. Araştırmacılar veri ve yöntemlerden kaynaklanan belirsizliklerin nasıl açıklanabileceği ve etkilenebilirliğin ölçüm ve gözleminin nasıl yapılacağı gibi hususlar üzerinde daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğunun altını çizmişlerdir.

Tez çalışmasının uygulama alanı olan Seyhan Havzası'nda ve Akdeniz bölgesinde de, değişen iklim koşullarının tarımsal faaliyetler üzerindeki negatif etkilerini konu alan birçok çalışma literatürde yerini almıştır. Örneğin; ICCAP (Impact of Climate Changes On Agricultural Production: Tarımsal üretim üzerinde iklim değişimlerinin etkisi) isimli proje kapsamında (Kobata, 2007), iklim değişikliğinin tarım ürünleri ve sistemleri üzerindeki potansiyel etkileri incelenmiştir. Bu kapsamda bir dizi çalışma yapılmıştır. Bunlar arasında, Seyhan havzasının yağışa dayalı tarım yapılan kuzey bölgesi ile sulama faaliyetlerinin yapıldığı güney kesimlerinde yetiştirilen buğday ve mısır üzerindeki iklim değişikliğinin etkileri araştırılmıştır. Elde edilen bulguların neticesinde, gelecek dönemde Seyhan havzasında baskın tarım ürünlerinin ekiminin devam edeceği; ancak, sıcaklıktaki artışın ürünlerin olgunlaşma süreçlerini olumsuz etkileyeceği tahmin edilmiştir. Diğer araştırmacılar (Yano ve ark., 2007a; 2007b; Nagano ve ark., 2007; Tezcan ve ark., 2007) ise, aynı proje kapsamında benzer ürünler üzerinde gelecek dönemler için sıcaklığın yanı sıra, CO₂ konsantrasyonunun su kaynakları ve çevre üzerindeki etkilerini de dikkate alarak araştırmayı farklı parametrelerle genişletmişlerdir. Araştırmaların sonucunda, 2070 yıllarında Adana yöresinde yağışların %42-46 oranında azalacağı, gelecek dönemde ortalama sıcaklıkların da artışıyla kışlık ürünlerin erken sulamaya ihtiyaç duyacağı vurgulanmıştır. Adana ilinde yürütölen bir başka çalışmada ise, iklim koşullarındaki değişimi ortaya koyabilmek amacıyla hava sıcaklığı ve yağış parametrelerini kullanarak gidiş analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; sıcaklık değerleri şubat ve ağustos aylarında önemli bir artış gösterirken, mayıs-temmuz ve kasım aylarında azalma eğilimi sergilemiştir (Özfidaner ve ark., 2019).

ICCAP projesinde yer alan Kanber ve ark. (2010) tarafından yapılan bir başka araştırma, yine Seyhan havzasında yürütölmüştür. İklim değişiminin toplum üzerindeki etkilerinin belirlenmesine yönelik yapılan bu çalışmanın sonucunda, bölgedeki sıcaklıklarda gelecek dönemlerde 2 ile 3°C arasında artış olacağı belirtilirken, yağışın %25 oranında azalacağı vurgulanmıştır. Bunun neticesinde, havzanın güney kesiminde buğday, pamuk ve mısır üretiminin azalacağı, meyve-sebze üretiminin ise artacağı

öngörülmüştür. Buna benzer sonuçlar Akdeniz bölgesindeki akarsular üzerinde yapılan bir başka araştırmada da elde edilmiştir (Estrela-Segrelles ve ark., 2023). Elde edilen bulgulara göre, bölge üzerinde gelecek dönem artması beklenen sıcaklıkların etkisiyle, tarımsal ürünlerde rotasyon çalışmalarına gidileceği vurgulanmıştır.

Bölgenin doğu kesiminde yürütülen bir çalışmada ise, gelecek dönem verileri kullanılarak, buğday yetiştiriciliği ile su-toprak dengesinin belirlenmesi amaçlanmıştır (Kapur ve ark., 2019). Araştırmanın sonunda, iklim koşulları ile CO₂ konsantrasyonundaki değişimin buğday üzerinde benzer etkiye sahip olduğu vurgulanmıştır. Bununla birlikte, gelecek dönem sıcaklık değerlerinde 2,2 °C ile 3,0 °C arası artışın olacağı, buğdayın 22-27 gün arasında daha erken olgunlaşacağı tahmin edilmiştir.

2.3. Meteorolojik Kuraklığın Etkisini İnceleyen Tarımsal Etkilenebilirlik Çalışmaları

İklim değişiminin etkileri açısından kuraklık, bu alandaki çalışmalarda en fazla incelenen konudur. Bu çalışmalar, kuraklığın farklı sektörler üzerindeki olumsuz etkilerini nedenleriyle ortaya koyan araştırmaları kapsamaktadır.

Nijerya'nın Kuzey bölgesinde yapılan bir çalışmada, SYİ yöntemi kullanılarak 12 ay süreli meydana gelen kuraklığın ve bundan doğan etkilenebilirliğin değişimi ortaya koyulmuştur. Elde edilen SYİ değerleri, MannKendall ve Sen Slope yöntemleri kullanılarak, kuraklığın zamana bağlı eğilimini gösterilmiştir. Ayrıca, ArcGIS programı yardımıyla, ters uzaklık yöntemi kullanılarak, etkilenebilirlik haritaları oluşturulmuştur. Araştırmanın sonucunda; neredeyse tüm bölgelerin çalışma periyodu boyunca yağış değişimlerinde farklılık gösterdiği tespit edilmiştir (Ideki ve ark., 2019). Araştırmanın sonucunda, kuzeybatı bölgesinin kuraklığa karşı daha büyük risk taşıdığı sonucuna varılmıştır.

Sanogo ve ark. (2023) aynı araştırma alanında yaptığı bir diğer çalışmada ise, Mann-Kendall ve SYİ yöntemlerini kullanarak, farklı dağılımlara sahip kuraklık şiddet ve süreleri elde edilmiş, bölge üzerindeki kuraklığın olumsuz etkileri ortaya konmuştur.

Omar ve ark. (2023) Somali'nin Gabiley bölgesinde, yağış eksikliğinden kaynaklı meydana gelen meteorolojik kuraklık olaylarının, zaman ve mekâna bağlı değişimini araştırmıştır. SYİ yöntemi kullanılarak elde edilen bulguların neticesinde, kuraklığın en çok bölgenin sosyoekonomik yapısı üzerinde negatif etkiye sahip olduğu belirtilmiştir.

Vietnam'ın Kuzey ve Doğu kıyı bölgelerinde, Tuan ve ark. (2023) tarafından benzer bir çalışma yapılmış; maruziyet bakımından kuraklığın 5 farklı karakteristik özelliğinden kuraklık sayısı ve şiddetinin daha önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

Wang ve ark. (2014) ise, meteorolojik kuraklığın; frekansı, süresi, yoğunluğu ve yersel değişimini incelemiştir. Çin'in Shandong eyaletinde yürütülen bu çalışmanın neticesinde, bölgenin kuzeybatı ve güneybatısı hafif şiddetli kuraklık geçirirken, diğer yerlerin şiddetli kuraklık etkisi altında

kaldığı ve bunun sonucunda, araştırma alanının kuraklığa karşı hassas bir yapıya sahip olduğu vurgulanmıştır.

Bir başka araştırma kapsamında, Çin'in Kuzeybatı bölgesinde, 2009-2013 periyodunu içeren 52 kuraklık olayı kullanılarak, bir etkilenebilirlik çalışması yürütülmüştür (Jia ve ark., 2023). Araştırmada, farklı kuraklık endekslerinin bölgesel olarak uygulanabilirliği test edilmiştir. Sahanın batı bölgesinin, kuraklık açısından yüksek etkilenebilirliğe sahip, riskli bir alan olduğu belirtilmiştir.

Kuraklığı ve negatif etkilerini konu alan çalışmaların içerisinde, tarımsal faaliyetleri yürüten çiftçiler, şüphesiz kuraklıktan en çok etkilenenlerin başında gelmektedir. Farklı coğrafyadaki çiftçilerin kuraklık karşısındaki hassasiyet ve adaptasyon kabiliyetlerini inceleyen araştırmalar oldukça fazladır. Bunlar içerisinde, kuraklıktan doğan etkilenebilirlik araştırmalarında çiftçileri konu edinen birçok anket çalışması yer almıştır. Bilhassa, tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yürütüldüğü bölgelerde, anket çalışmaları yapılmış ve kuraklığın çiftçiler üzerindeki etkilenebilirliği araştırılmıştır. Örneğin, Sudan'ın doğu kesiminde yürütülen bir çalışmada, ana geçim kaynağı tarım olan çiftçilerin, kuraklıktan doğan sosyoekonomik etkilenebilirliği incelenmiştir. Yüksek etkilenebilirlik değerleri, sahanın kuzey bölgesinde yaşayan ve yağmur hasadı ile sulama faaliyetlerini sürdüren çiftçilerde gözlemlenirken, güney ve doğu kesimlerde yaşayanlar için etkilenebilirlik değerlerinin daha düşük olduğu rapor edilmiştir (Mohammed ve ark., 2018).

Meteorolojik kuraklığa ilişkin Gana'da yapılan bir çalışmada (Etwire ve ark., 2013), meteorolojik parametrelere ek olarak, 320 hane halkı ile yapılan anket çalışması ile belirlenen değişkenler kullanılarak, iklim değişikliğinden etkilenen küçük ölçekli çiftçilerin etkilenebilirliği araştırılmıştır. Sonuçlara göre, iklim değişikliklerinin olumsuz etkilerine en çok sahanın kuzey bölgesi maruz kalırken, batı bölgesinin yukarı kesimleri en hassas olarak bulunmuş, doğu bölgesinin üst alanlarının ise, en az adaptasyon kabiliyetine sahip olduğu görülmüştür. Yine Gana'da gelir düzeyi ve tarımsal aktivitelerin kapasitesi bakımından farklı iki çiftçi grubu üzerinde, kuraklığa karşı adaptasyon kabiliyetlerini etkileyen sosyoekonomik faktörler incelenmiş ve etkilenebilirlik düzeyleri araştırılmıştır (Ndamani ve Watanabe, 2016). Çalışmadan elde edilen sonuçlar, çiftçilerin eğitim seviyeleri ve bilgiye ulaşım olanaklarının, kuraklığa karşı adaptasyon kabiliyetlerini etkilediğini göstermiştir. Ayrıca, küçük ölçekli çiftçilerin büyük ölçekli çiftçilere nazaran, gelir düzeylerinin düşük olması nedeniyle, kuraklığa karşı etkilenebilirlik seviyelerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan çiftçiler, iklim değişiklikleri ve etkilenebilirliğin senteziyle oluşturulan bir indeks yöntemi kullanılarak bir çalışma yapılmıştır (Jamir ve Sharma, 2013). Hindistan'ın Kuzeydoğu bölgesi üzerinde yer alan 5 farklı kasabada gerçekleşen bu araştırma sonucunda, biyofiziksel yapıların farklı olmasının, etkilenebilirlik üzerinde en çok katkı sağladığı vurgulanmıştır.

Liu ve ark. (2013), kuraklığın etkisini azaltmak amacıyla, Çin'in Kuzey bölgesinde bir etkilenebilirlik çalışması yapmışlardır. Araştırmacılar, ülkedeki etkilenebilirlik üzerinde mekânsal farklılıkların belirlenmesini amaçlamışlardır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, yerel düzeyde etkilenebilirliği azaltma faaliyetlerinin adaptasyon kabiliyeti potansiyelini artırdığını, kuraklığın belirlenmesindeki varsayımlar (örneğin, iklim değişikliği senaryoları) ve birtakım faktörlerin (kullanılan zaman aralığı ve arazi kullanım yöntemleri) ise etkilenebilirlik sonuçlarını doğrudan etkileyebileceğini ortaya koymuştur.

Bir başka araştırmacı grubu da, Çin'in Xinghe adlı bölgesinde, küçük ölçekli çiftlik sahipleri üzerinde, kuraklıktan doğan bir tarımsal etkilenebilirlik çalışması yürütmüşler ve kuraklığın mekânsal değişimlerini ortaya koymuşlardır (Guo ve ark., 2022). Elde edilen sonuçlara göre, yağışlardaki düşüş periyodlarının değişken olması ve mevsim rüzgârlarının zayıf kalması gibi etmenlerin, bölgedeki kuraklığın potansiyel etkilerinin yükselmesine neden olmaktadır. Bununla birlikte, soğuk iklime sahip bölgelerdeki tarım arazilerinin, sıcak bölgelerdeki arazilere göre daha dağlık, eğimli ve parçalı olması, ürün yetiştiriciliğini negatif etkilediği, bunun da araştırma alanının adaptasyon kabiliyeti bakımından farklılığına yol açtığı vurgulanmıştır.

Dong ve ark. (2014) Moğolistan'ın iç kesimlerinde bulunan Wuchuan bölgesinde, kuraklıktan doğan etkilenebilirlik analizini uygulamışlardır. Çalışmada, etkilenebilirliğin uluslararası tanımını ifade eden IPCC yaklaşımı altında objektif ve sayısal değerlendirme metodu kullanılmıştır. Araştırma sonucunda, Wuchuan bölgesinde tarımsal etkilenebilirliğin giderek arttığı ve bunun sebebinin ise yıllık ortalama sıcaklıkların artışına dayandığı belirtilmektedir. Araştırmacılar, elde edilen bulguların bölgesel bir gerçeği yansıttığı gibi aynı zamanda, bölgede kullanılan ürün çeşidinin düzenlenmesi için uygun önlemlerin alınmasına olanak sağladığına vurgu yapılmıştır.

İran'ın Kermanshah bölgesinde yürütülen bir çalışmada ise, su kaynakları, endüstriyel faaliyetler, kırsal alanlardan olan göçler ve tarımda aşırı su kullanımı gibi faktörlerin, bölgede yaşayan çiftçiler üzerinde, kuraklık bakımından farklılıklara sebep olduğu görülmüştür (Zarafshani ve ark., 2020).

Kanada'nın Doğu Ontario bölgesinde yapılan bir çalışmada (Bizikova ve ark., 2018), kuraklığa karşı tarımsal adaptasyon kapasitesini artırmaya yönelik alt bileşenler setinin kurulması amaçlanmıştır. Alt bileşenlerin seçimi, geçmişte edinilen tecrübelerden edinilen bilgi ve verilerin birleşmesi sonucu karar vericiler tarafından yürütülmüştür. Bu bağlamda, tarımsal sektör, çiftlik üretim faaliyetleri, özel gelirler ve büyük çevresel hizmetler gibi farklı 36 değişken seçilmiştir. Araştırmacılar indikatör seti yaklaşımının, verinin uygunluk ve ulaşılabilirliği açısından oluşacak soruna işaret ederek, devlet yetkilileri, endüstri ve akademi arasındaki ilişkinin geliştirilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Bangladeş'in sahil bölgesinde, kuraklık üzerine yerel çiftçilerin algılarını meteorolojik verilerle karşılaştırarak bir etkilenebilirlik analizi yapılmıştır. Elde edilen veriler sonucunda, çiftçilerin ilkim değışikliğı üzerine ortalama bir bilgiye sahip olduğı görölmüştür. Ankete katılan bu çiftçilerin %98'i yaz mevsiminin geçmiş yıllara göre daha sıcak, %96'sı ise kış mevsiminin daha soğuk geçeceğini belirtmişlerdir. Ayrıca, gelecek yağışların zaman ve miktar bakımından değışikliğe uğrayacağını öngörmüşler; toprak tuzluluğunda ve toprak kaybında artış olacağı hususunda hemfikir oldukları görölmüştür. Araştırmacılar bu sonuçlar üzerine, iklim bilgisi üzerine yapılacak seminer ve eğitim organizasyonları sayesinde çiftçilerin bu alanda bilgilerini artırarak, iklim değışikliğinden doğan tarımsal etkilenebilirliğin azaltılmasına katkı sağlanacağını vurgulamışlardır (Hasan ve ark., 2019).

Hindistan-Tamil Nadu sınırları içerisinde 30 farklı bölge için kuraklık etkisiyle meydana gelen bir etkilenebilirlik araştırması yürütölmüştür (Balaganesh ve ark., 2020). Bu çalışmada, bitki çeşidi ve süt faktörleri üzerinde IPCC metodu kullanılarak, bir yeni karşıt kuraklık etkilenebilirlik endeksi geliştirilmiştir. TBA kullanılarak her bir alt bileşenin ağırlıkları hesaplanmış ve bölgelerin endeks değeri ile etkilenebilirlik sınıflandırması yapılmıştır. Buna göre, Kanchipuram bölgesinin en yüksek (0,88) ve Erode bölgesinin ise en düşük (0,45) etkilenebilirliğe sahip olduğı görölmüştür. Ayrıca, bölgelerin kuraklığa karşı etkilenebilirliği açısından, 30 bölgenin 12'sinin yüksek seviyede, 8'inin orta seviyede ve 10'unun ise düşük seviyede olduğı ortaya çıkmıştır. Araştırmacılar çalışmanın sonuçlarını referans göstererek, devletin etkilenebilirliğe karşı bölgesel seviyede adaptasyon stratejileri geliştirmesinin önemini vurgulamışlardır.

Finlandiya'da yapılan bir çalışmada ise, bir tarım ürünü olan arpanın meteorolojik kuraklığa karşı etkilenebilirliği test edilmiştir (Hakala ve ark., 2012). Araştırmacılar, sıcaklık ve yağış şekillerindeki değışikliklerin arpa ürününün olgunlaşma evresini ve verimini doğrudan etkilediğini gözlemlemişlerdir. Bu bakımdan, ürünün iklimden dolayı etkilenebilirliğinin azaltılabilmesi ve adaptasyon kabiliyetinin artırılabilmesi için, yeni teknolojilerin ve genetik materyalin geliştirilmesinin önemi belirtilmiştir.

Son çeyrekte ArcGIS'teki teknolojik gelişmeler, programın kullanım alanlarının genişlemesine sebep olmuştur. Bu durum, etkilenebilirlik çalışmalarının daha geniş ölçekli arazilerde yapılmasına olanak sağlamıştır. Günümüzde, kuraklığın ciddi bir tehlike haline dönüşmesi ve bu hususta uydu verileriyle yapılan çalışmalar buna örnek verilebilir (Su ve ark., 2017; Lange ve ark., 2017; Khan ve ark., 2018; Alsumaiei ve Alrashidi, 2020; Azhdari ve ark., 2021).

Alharbi ve ark. (2022), Hindistan'ın Kangsabati havzasında kuraklığın etkilerini ölçmek amacıyla ArcGIS üzerinde ve seçilen 11 farklı parametreyle bir etkilenebilirlik çalışması yürütmüşlerdir. Araştırma sonucunda çalışma alanının %10,6'sında çok yüksek, %21,1'inde yüksek, %28,5'inde orta ve %19,5'inde düşük şiddette kuraklık tespit edilirken, sahanın %20'sinde ise kuraklığın bir etkisine

rastlanmamıştır. Kullanılan parametreler göz önüne alındığında, çalışma alanının yüksek bölgelerinin (kuzey), yükseltisi düşük bölgelerine göre (güney) daha az etkilenebilirliğe sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca; güney bölgesinde nüfus yoğunluğunun diğer bölgelere göre fazla olması, bu bölgenin kuraklığa karşı daha etkilenebilir olduğuna işaret etmiştir.

Yapılan etkilenebilirlik çalışmaları içerisinde, maruziyet ana bileşeni olarak tanımlanan iklim değişikliğinin olumsuz etkileri ve sonuçlarının, bölgenin adaptasyon kabiliyetiyle doğrudan ilişkili olduğu öngörülmüştür (Kuwornu ve ark., 2013; Al-Hassan ve ark., 2013; Armah ve ark., 2011; Laube ve ark., 2012). Bu konuda Gana'nın Kuzey bölgesinde bir araştırma yürütülmüştür (Razak ve Kruse, 2017). Araştırmada, küçük çiftlik sahiplerinin adaptasyon kabiliyetini ölçmek amacıyla ekonomik kaynaklar, sosyal sermaye, bilinçlilik-eğitim, teknoloji, altyapı ve kuruluşlar olmak üzere toplam 6 ana faktör kullanılmıştır. Araştırma sonucunda, adaptasyon kabiliyeti üzerinde ekonomik kaynaklar ve bilinçlilik-eğitimin, teknolojik kapasite kadar yüksek bir etkinliğe sahip olduğu görülürken, diğer faktörlerin etkinliğinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, araştırmada katılımcı olarak yer alan erkek bireylerin, kadın bireylere nazaran ekonomik kaynaklar ve bilgi bakımından daha iyi bir seviyede olması, adaptasyon kabiliyeti üzerinde cinsel farklılığın bu anlamda etkilerinin olduğunu göstermiştir.

Kuzey Akdeniz ülkeleri için yürütülen bir çalışmada ise, *Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI)* yöntemi kullanılarak meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık tahmini yapılmıştır (Essa ve ark., 2023). Buna göre, Kuzey Akdeniz kesimlerinde tarımsal ve hidrolojik kuraklığın artan bir eğilimde olduğu öne sürülmüştür. Ayrıca, bu kuraklığın güney kesimlerde daha şiddetli olduğu vurgulanmış; bunun neticesinde su ve gıda sektörlerinde ciddi sorunlarla karşılaşılacağı ifade edilmiştir.

Bir başka kuraklık çalışmasında ise, Türkiye'nin akarsu havzaları üzerinde iklim değişikliğinin etkileri incelenmiştir (Işınkaralar ve ark., 2024). Araştırmadan elde edilen sonuçlarda, kurak olmayan kesimlerin yüzyılın sonunda %42 düzeyinde bir kuraklıkla karşı karşıya kalacağına dikkat çekilmektedir. Farklı coğrafyalarda yapılan çalışmalara ek olarak, Seyhan havzası ve çevresinde kuraklığın tarımsal faaliyetler üzerindeki etkilerini ortaya koyan bir takım araştırmalar da literatürde yerini almıştır. Bunlar içerisinde, ters yaklaşım yöntemi kullanılarak Seyhan Nehri havzasında yapılan bir araştırmada, değişen iklim koşullarına karşı hidrolojik riskler belirlenmiştir. Buna göre kuraklık; mevcut koşullarda yaklaşık 5 yılda bir meydana geliyorken, gelecek dönemlerde bu sürecin 2 yıla düşeceği tahmin edilmiştir. Bunun anlamı ise, değişen iklim koşullarında kritik kuraklık olaylarının daha kısa periyotlarda yaşanacağıdır (Fujihara ve ark., 2008).

Meteorolojik kuraklığın tarımsal faaliyetler üzerindeki etkilerini araştırmayı amaçlayan bu tez çalışması, Türkiye'nin akarsu havzalarından biri olan Seyhan Havzası sınırları içerisinde yapılmıştır. Araştırmada kullanılan veri setlerinin başında meteorolojik veriler gelmektedir. Bu kapsamda, araştırma alanında yer alan meteoroloji istasyonları ve ERA5 projeksiyonuna ait geçmiş dönem ile RCP4.5 senaryosu temelinde, RegCM4.3 bölgesel iklim modeline ait gelecek dönem (yağış ve sıcaklık verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'nden temin edilmiştir. Ayrıca, Seyhan Havzası'nda tarımsal faaliyetlerini sürdüren çiftçilerle yapılan anket çalışmalarından elde edilen veri setleri de bu araştırmada kullanılmıştır.

Araştırma, Türkiye'nin Adana İlinin kuzeyinde 36° 30' ile 39° 15' kuzey enlemleri ve 34° 45' ile 37° 00' doğu boylamları arasında yer alan Seyhan Havzasında yürütülmüştür (TOBSYGM, 2019). Bu çalışmada, Seyhan Havzası ve alt havzaların görüntüsü, ArcGIS programında 30*30 metre yatay ve dikey çözünürlüğe sahip, sayısal yükseklik haritaları kullanılarak elde edilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 incelendiğinde, havzanın batı cephesinde Seyhan Barajı Zamantı-Göksu Birleşim Yeri (SZGBY) alt havzası bulunurken, güney bölgesinde Aşağı Seyhan Ovası (ASO), kuzeyinde Zamantı Irmağı (ZI) ve doğu kesiminde ise Göksu Irmağı (GI) alt havzası yer almaktadır.

3.1.1. Araştırma Alanının Genel Tanıtımı

Seyhan Havzası, Türkiye'nin Sivas ilinden başlayarak Seyhan Nehri boyunca Doğu Akdeniz'e doğru uzanan ve 2.203.544 ha alana sahip akarsu havzalarından biridir (Çizelge 3.1). Seyhan Havzası, alan bakımından Türkiye'nin yüzölçümünün %2,82'sini temsil etmektedir. 2014 yılında yayınlanan TÜİK verilerine göre havza sınırı içerisinde yer alan illerin kapladıkları alanlar bakımından, Adana ili %45,48; Kayseri ili %39,21; Niğde ili %9,93; Mersin ili %2,95; Kahramanmaraş ili %0,96 ve Sivas ili %1,47 ile oransal dağılıma sahiptir.

Çizelge 3.1. Seyhan Havzası ve alt havzaların alansal dağılımı (Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü- TOBSYGM, 2019)

Alt Havzalar	Alt Havzaların Alanları (km ²)	Seyhan Havzası Alanı (km ²)
Zamantı Irmağı (ZI)	8.770	
Göksu Irmağı (GI)	4.393	
Seyhan Barajı-Zamantı	6.239	22.035
Göksu Birleşim Yeri (SZGBY)		
Aşağı Seyhan Ovası (ASO)	2.633	

Seyhan Havzası iklim bakımından değerlendirildiğinde çeşitlilik göstermektedir. Güney bölgesi kıyı kesimlerinde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlı iken; havzanın kuzeyinde ise kışların soğuk ve yağışlı olduğu iklim tipi egemen olmaktadır. Seyhan Havzası'nın kuzey bölgesiyle kıyı kesimi arasında kalan ve kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanan Toroslar'ın yer aldığı kesim ise daha yağışlı ve daha soğuktur. En yağışlı kesim, havzanın yüksek olan orta bölgesidir (TOBSYGM, 2019). Havzanın bitki örtüsüne bakıldığında; iklim, jeoloji, toprak ve yeryüzü şekilleri gibi etkenlere bağlı olarak bitki örtüsü farklılık göstermektedir. Alanın kuzeyindeki kurak bölgelerde doğal bitki örtüsü ot ve çayır göze çarparken, ahlat ve meşe gibi yöreye özgü bitkilere daha çok rastlanılmaktadır. Havzada güney kesimlere doğru inildikçe, Akdeniz iklimine özgü çalı-maki topluluğunun yaygın olduğu görülmektedir. Tarımsal üretim açısından, Seyhan Havzası gerek iklim gerekse su kaynaklarının zenginliği ile birçok tarım ürünlerinin yetiştirilmesine olanak sağlamaktadır. Havzanın büyük bir kısmını Adana ili kapsamakta ve yüzölçümünün %38,5'ini tarım toprakları oluşturmaktadır. Bu oran, Türkiye tarım topraklarının %2,5'a karşılık gelmektedir. Araştırma alanının bilhassa güney, güneybatı ve güneydoğu kesimlerinde turuncgil

(portakal, limon, greyfurt ve mandalina) yetiştiriciliği yapılırken, yaz mevsiminde mısır, pamuk, soya ve fıstık; kış mevsiminde ise buğday, patates ve soğan gibi başlıca tarım ürünleri yer almaktadır.

3.1.2. Araştırma için Gerekli Veriler

Araştırmada, kuraklık etkisiyle meydana gelen tarımsal etkilenebilirliğin belirlenebilmesi için gerekli olan meteorolojik veriler MGM'den temin edilmiştir. Bununla birlikte, havzanın farklı noktalarındaki yükseklik değerlerinin bir indikatör olarak kullanılabilmesi için, araştırma alanının sayısal yükseklik haritası (SYH), <https://earthexplorer.usgs.gov> adresinden indirilerek, kayıt edilmiştir.

Ayrıca, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'nden alınan veri dosyalarıyla, Seyhan Havzası'nın 4 alt havzası içerisinde nüfus ve tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu bölgeler belirlenmiştir. Daha sonra, bu bölgelerden homojen bir şekilde seçilen köylerin çiftçileriyle anket çalışmaları yapılmış ve tarımsal faaliyetleri etkileyen farklı veri setleri elde edilmiştir. Bu veri setleri ve ayrıntılarına izleyen bölümlerde değinilmiştir.

Meteorolojik Veriler

İklim değişikliklerinin incelenebilmesi için meteorolojik verilere ihtiyaç vardır. Bu değişimlerin etkilerini gerçekçi bir şekilde ortaya koyabilmek amacıyla, Seyhan Havzası içerisinde ve havza sınırına yakın toplamda 20 farklı meteoroloji istasyonu belirlenmiştir (Çizelge 3.2). Bu istasyonlara ait, geçmiş tüm dönemlerin yağış ve sıcaklık verileri MGM'den temin edilmiştir (<https://www.mgm.gov.tr>). Bu istasyonlarda kurulan cihazlar sayesinde yağış, rüzgar hızı, solar radyasyon, oransal nem ve sıcaklık gibi değişkenlerin verileri saatlik periyotta kaydedilmektedir. Bu çalışmada, 1990-2020 yıllarını kapsayan periyotta meydana gelen kurak ayların sayısı belirlenmiştir. Bunun temel nedeni, her noktasal kaynağın (meteoroloji istasyonu) eşit koşullardaki kurak ve sıcak ayları sayılarının karşılaştırılabilmesi için, kullanılan verilerin aynı periyoda sahip olması gerektiğidir. Kullanılan meteorolojik parametreler, aylık ortalama sıcaklık (°C) ve aylık ortalama yağış (mm) verilerinden oluşmaktadır.

Çizelge 3.2. Araştırmada kullanılan meteoroloji istasyonları ve istasyonların konumları

İstasyon Adı	İstasyon Kodu	Enlem	Boylam
Adana Bölge	17351	37.0041	35.3443
Ceyhan*	17960	37.0153	35.7955
Develi*	17836	38.3744	35.4797
Feke	6902	37.8167	35.9167
Göksun*	17866	38.0240	36.4823
Incirlik	17350	37.0005	35.4183
Karaisalı	17936	37.1862	35.2618
Karataş	17981	36.5683	35.3894
Kayseri Bölge*	17196	38.6870	35.5000
Kozan*	17908	37.4337	35.8188
Niğde*	17250	37.9585	34.6795
Pınarbaşı	17802	38.7251	36.3904
Pozantı	17934	37.4758	34.9022
Saimbeyli	6560	37.7883	36.1917
Sarız	17840	38.4781	36.5035
Tarsus Köy Hiz.*	9022	36.9167	34.9000
Tomarza	17837	38.4522	35.7912
Tufanbeyli	6204	38.2667	36.2167
Ulukışla	17906	37.548	34.4867
Yahyalı*	6377	38.1167	35.3667

(*): Seyhan havzası sınırına yakın, araştırma alanı dışında yer alan meteoroloji istasyonlarını temsil etmektedir.

Araştırmada kullanılan meteoroloji istasyonlarının aylık toplam yağış bakımından veri periyotları Çizelge 3.3’de sunulmuştur. Bunlar içerisinde, eksiksiz aylık toplam yağış verilerine sahip istasyonlardan ziyade, eksik verileri olan meteoroloji istasyonlarının sayısı daha fazladır.

Çizelge 3.3. Meteoroloji istasyonları ve veri aralıkları (aylık toplam yağış)

İstasyon Adı	İstasyon Numarası	Veri Dönemi
Adana Bölge	17351	1964-2020
Ceyhan	17960	1961-2011
Develi	17836	1969-2020
Feke	6902	1970-2020
Göksun	17866	1970-2020
İncirlik Meydan	17350	2001-2020
Karaisalı	17936	1965-2010
Karataş	17981	1963-2012
Kayseri Bölge	17196	1960-2020
Kozan	17908	1970-2020
Niğde	17250	1960-2020
Pınarbaşı	17802	1964-2020
Pozantı	17934	1965-2020
Saimbeyli	6560	1987-2020
Sarız	17840	1987-2020
Tarsus Köy Hiz.	9022	1964-2020
Tomarza	17837	1987-2020
Tufanbeyli	6204	1987-2020
Ulukışla	17906	1965-2020
Yahyalı	6377	1985-2020

Araştırmada kullanılan meteoroloji istasyonlarının aylık ortalama sıcaklık bakımından veri periyotları ise Çizelge 3.4’te sunulmuştur.

Çizelge 3.4. Meteoroloji istasyonları ve veri aralıkları (aylık ortalama sıcaklık)

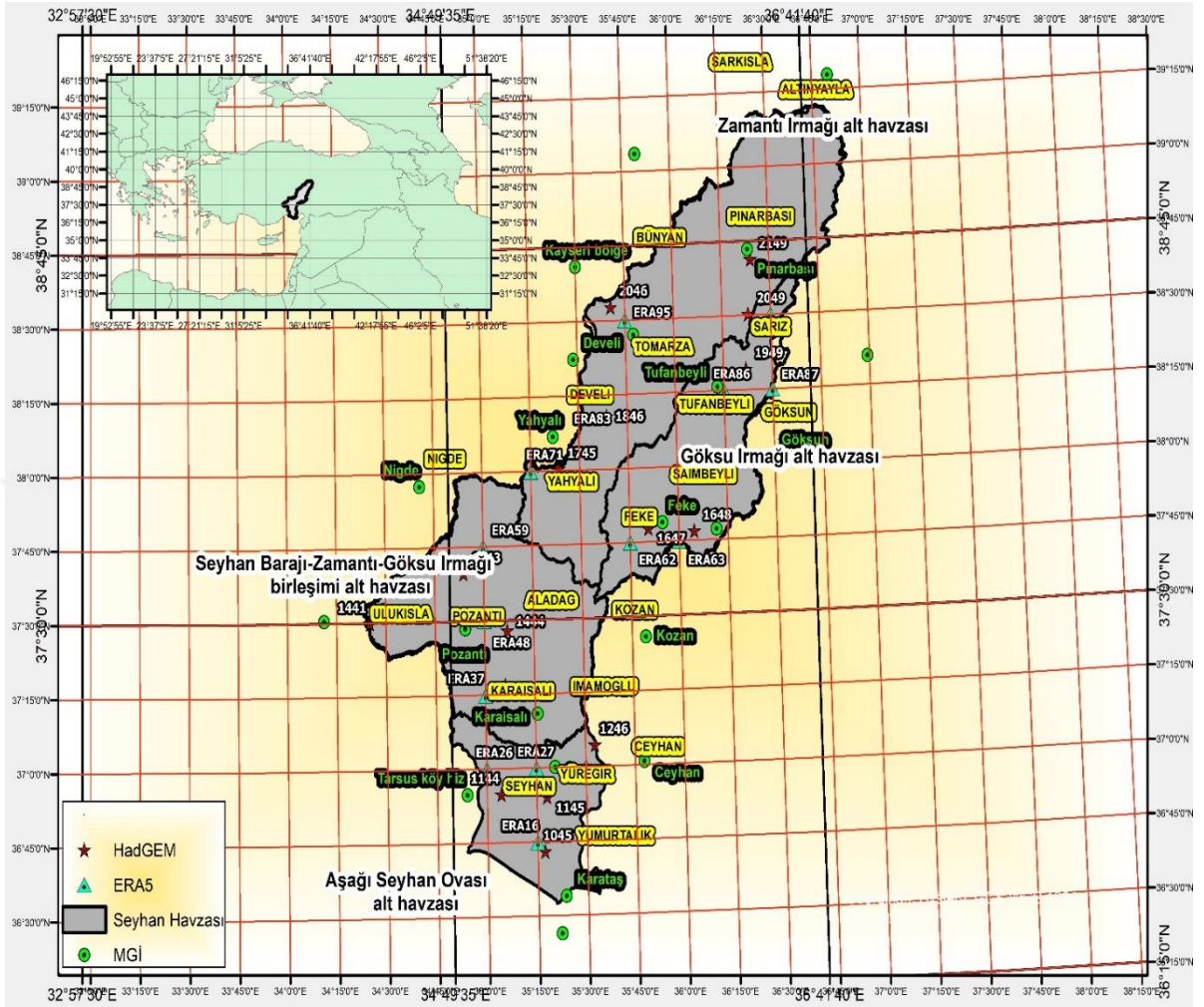
İstasyon Adı	İstasyon Numarası	Veri Periyodu
Adana Bölge	17351	1964-2020
Ceyhan	17960	1929-2020
Develi	17836	1965-2020
Feke	6902	1970-2020
Göksun	17866	1960-2020
İncirlik Meydan	17350	1980-2020
Karaisalı	17936	1965-2020
Karataş	17981	1963-2020
Kayseri Bölge	17196	1931-2020
Kozan	17908	1959-2020
Niğde	17250	1935-2020
Pınarbaşı	17802	1964-2020
Pozantı	17934	1960-2020
Saimbeyli	6560	1987-2020
Sarız	17840	1960-2020
Tarsus Köy Hiz.	9022	1951-2020
Tomarza	17837	1965-2020
Tufanbeyli	6204	1987-2020
Ulukışla	17906	1965-2020
Yahyalı	6377	1985-2020

Araştırmada kullanılan meteoroloji istasyonlarının sıcaklık değerleri, bir zaman serisi halinde düzenlenmiş; uygun regresyon denklemleri elde edilmiştir (Şekil 4.3 ve Şekil 4.4). Bu süreçte, sıcaklık verilerinin sürekli bir yapıda olması ve eksik ayların az olması gibi nedenler, sıcaklık verilerinin tamamlanmasını daha da kolaylaştırmıştır. Araştırma kapsamında kullanılan meteorolojik veriler, aynı zamanda gelecekteki tarımsal etkilenebilirliğin tahmin edilebilmesi için gereklidir. Bu amaçla, IPCC'nin 5. Değerlendirme Raporu'nda belirtilen RCP4.5 senaryosu temelinde, HadGEM2-ES küresel dolaşım modelinin 2021-2098 dönemine ait RegCM4.3 bölgesel iklim model çıktıları (Demir ve ark., 2013) ile model çıktılarında karşılaşılan hataların düzeltilebilmesi amacıyla kullanılan ERA5 projeksiyon verileri, MGM'den temin edilmiştir. Bölgesel iklim modeli yer kürede belirli bir alanı kapladığı için yüksek çözünürlüğe sahiptir. Bu nedenle, ülke ölçeğinde projeksiyonlar ve veriler üretilebilmektedir. Bu veriler, ölçek küçültme yöntemiyle, IPCC tarafından oluşturulan RCP senaryoları temelindedir. Bölgesel iklim

projeksiyonları, MGM ve İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Meteoroloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleriyle yapılan işbirliği kapsamında, küresel model veri setlerinden yaygın olarak kullanılan, HadGEM2-ES, GFDL-ESM2M ve MPI-ESM-MR üretilmiştir (ADBKŞM, 2015). HadGEM2-ES modeli; hidroloji, nehir modeli, aerosoller, troposferik kimya, karasal ve okyanus karbon döngüsü gibi iklim sisteminin fiziksel olarak temsil edildiği farklı modellere ek olarak, karbon döngüsünün kara, atmosfer ve okyanus yoluyla daha iyi temsil edilmesini sağlayan, dinamik küresel bitki örtüsü modeli gibi alt modeli içeren, geniş bir yapıya sahiptir. Bu sayede, iklim değişkenlerinin zamana göre nasıl değişeceğini tahmin edebilmektedir. Bununla birlikte, iklim değişikliği projeksiyonlarında doğal iklim parametrelerinin yanısıra, insan kaynaklı faaliyetlerinde iklim sisteminin dengesini etkileyebilmektedir. IPCC, bu etkileri dikkate alarak, sosyo-ekonomik kalkınma, arazi kullanımı, insan faaliyetleri hakkında çeşitli varsayımlar ve tahminleri içeren birtakım senaryolar hazırlamıştır. Temsili Konsantrasyon Yolu (RCP) olarak tanımlanan bu senaryolar; RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5 ile 4 farklı şekilde kategorize edilmiştir (Balov, 2019). Yapılan literatür çalışmaları göz önüne alındığında, araştırma alanının gelecek dönem iklim parametrelerini daha iyimser bir şekilde tahmin edilebilmesi için, RCP4.5 senaryosu ile RegCM4.3 bölgesel iklim modeli dikkate alınmıştır (Bilgin ve ark., 2023).

HadGEM2 serisi, IPCC 5. Raporu'nda yer alan modellerden biridir (Çizelge 3.5). Modelin yatay çözünürlüğü, enlem ve boylamı sırasıyla, **1.25 ve 1.875** derece olan, 192x145 adet grid hücrelerini içermektedir. Bu modelin çözünürlük değerleri tahminen, Ekvator'da 208x139 km, 55. enlemlerde 120x139 km'dir. Model, amaca yönelik farklı sürümlere sahiptir. Bunlar; HadGEM2-A, HadGEM2-O, HadGEM2-AO, HadGEM2-CC, HadGEM2-CCS, HadGEM2-ES olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada, HadGEM2 serisinin en kapsamlı sürümü olan HadGEM2-ES'in verileri kullanılmıştır.

İklim projeksiyon model verilerinde meydana gelen sistematik hatalardan kaynaklı yanlışlığın giderilebilmesi için, araştırmada yer alan istasyonları temsilen, 30 yıllık (1971-2000) dönemde ve meteoroloji istasyonlarına en yakın gride sahip, ERA5 projeksiyonu gözlem verileri kullanılmıştır (Şekil 3.2). ERA 5, toplam 137 mod katmanı ile 31 km yatay çözünürlükte atmosferik değişkenlerin saatlik tahminleri 0,01 hPa (yüzeyden yaklaşık 80 km uzaklıkta) yapabilen bir projeksiyon modelidir (Jiao ve ark., 2021). ERA5 projeksiyonu; Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi (ECMWF) tarafından, 1979'dan günümüze kadar olan süreci kapsayacak bir şekilde, küresel hava ve iklim parametrelerinin değerlendirilmesi amaçlı tasarlanmıştır (Çalışır ve Akpınar, 2020). ArcGIS programında, araştırmada kullanılan meteoroloji istasyonları ile HadGEM2 ve ERA5 projeksiyonlarının gridleri, eşit uzunluktaki enlem ve boylamların oluşturduğu gridlerin içerisinde Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Meteoroloji istasyonları, Hadgem_4.5 iklim projeksiyon çıktı kodları ve ERA5 projeksiyon noktalarının ArcGIS programında elde edilen görüntüsü

Çizelge 3.5. HADGEM2-ES modelinin genel özellikleri

Seçilen Küresel İklim Modeli	HadGEM2-ES
Küresel Model Çözünürlüğü (km)	112,5
Kaynak Enstitü	Hadley Center / İngiltere
Seçilen Senaryolar	RCP4.5
Referans Dönemi	1971-2000
Projeksiyon Dönemi	2021-2089
Kullanılan Bölgesel İklim Modeli	RegCM4.3
Üretilen Projeksiyonların Çözünürlüğü (km)	20

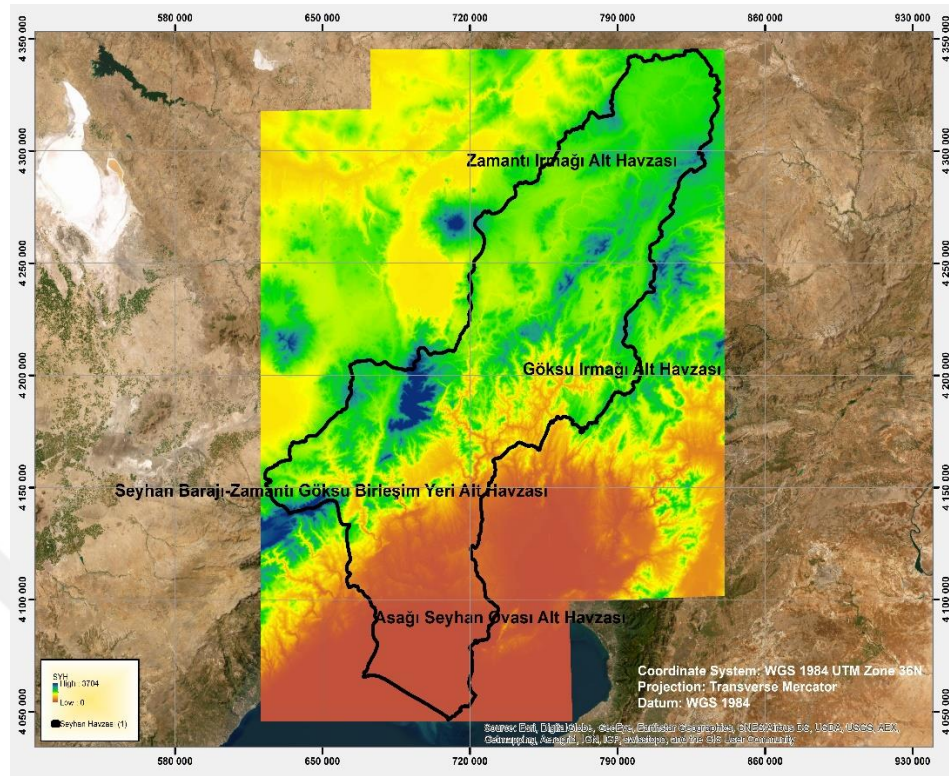
HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin, Seyhan Havzası için üretilen 16 farklı grid kodlarına ait (Çizelge 3.6), aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak, gelecek 78 yıllık (2021-2098) dönem için, kurak ve ortalama üzerindeki sıcak ayların sayısı elde edilmiştir.

Çizelge 3.6. Araştırmada kullanılan HadGEM2-ES küresel dolaşım modelinin, RegCM4.3 bölgesel iklim modeline ait gridler ve konumları

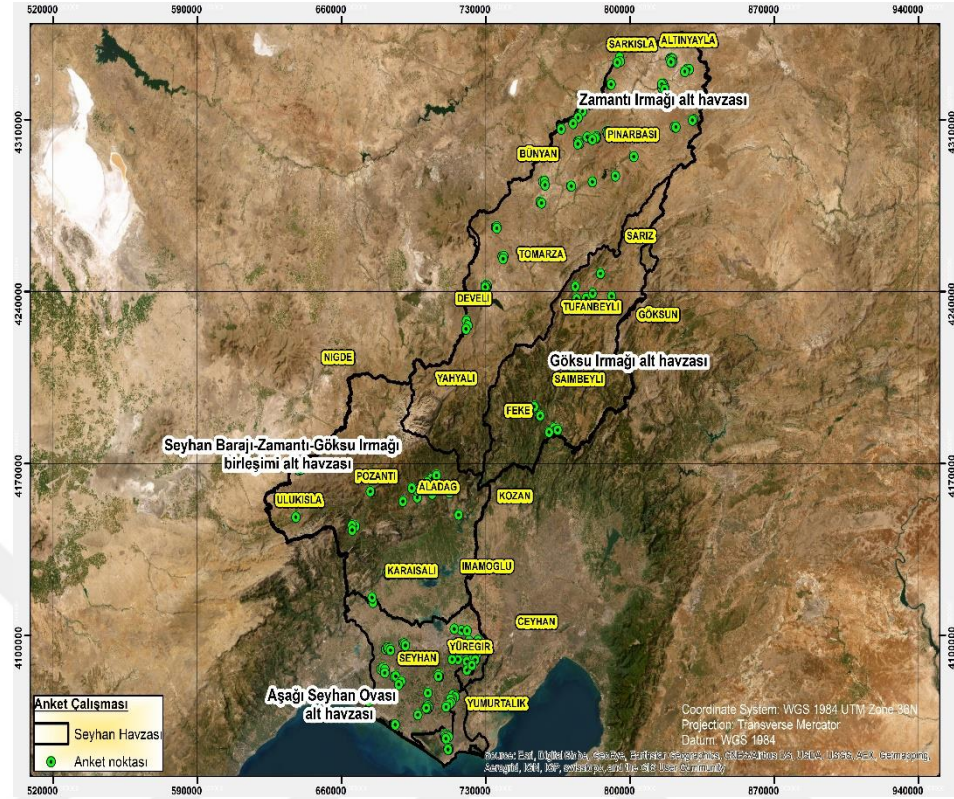
İklim modeli grid kodları	Enlem	Boylam
1045	36.7185	35.2858
1144	36.9142	35.0712
1145	36.9022	35.3010
1246	37.0736	35.5467
1344	37.2819	35.1005
1441	37.4989	34.4193
1444	37.4660	35.1153
1543	37.6616	34.8976
1647	37.7962	35.8444
1648	37.7825	36.0773
1745	38.0063	35.3941
1846	38.1778	35.6443
1949	38.3205	36.3657
2046	38.5465	35.6776
2049	38.5048	36.3845
2149	38.6890	36.4034

Sayısal Yükseklik Haritası (SYH)

Araştırma sahasındaki alt havzaların deniz seviyesine göre yükseklik farkları göz önüne alındığında, tarımsal etkilenebilirlikleri bakımından değerlendirilebilmesi ve temel bileşenlerin karşılaştırılabilmesi amacıyla, coğrafi bilgi sistemi yazılımı olan ArcGIS kullanılmıştır. Bu kapsamda, havzaya ait sayısal yükseklik haritasına (SYH) ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla; <https://earthexplorer.usgs.gov> link adresinden elde edilen, Seyhan havzasını çevreleyecek şekilde 13 farklı mozaik yapıda olan 30m*30m çözünürlüğe sahip sayısal yükseklik haritaları, ArcGIS programında birleştirilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Seyhan Havzası'nın sayısal yükseklik haritası (SYH)



Şekil 3.4. Seyhan Havzası'nda yapılan anket çalışmalarının noktasal konumları

Seyhan Havzasının Bitki Örtüsü Yoğunluğu

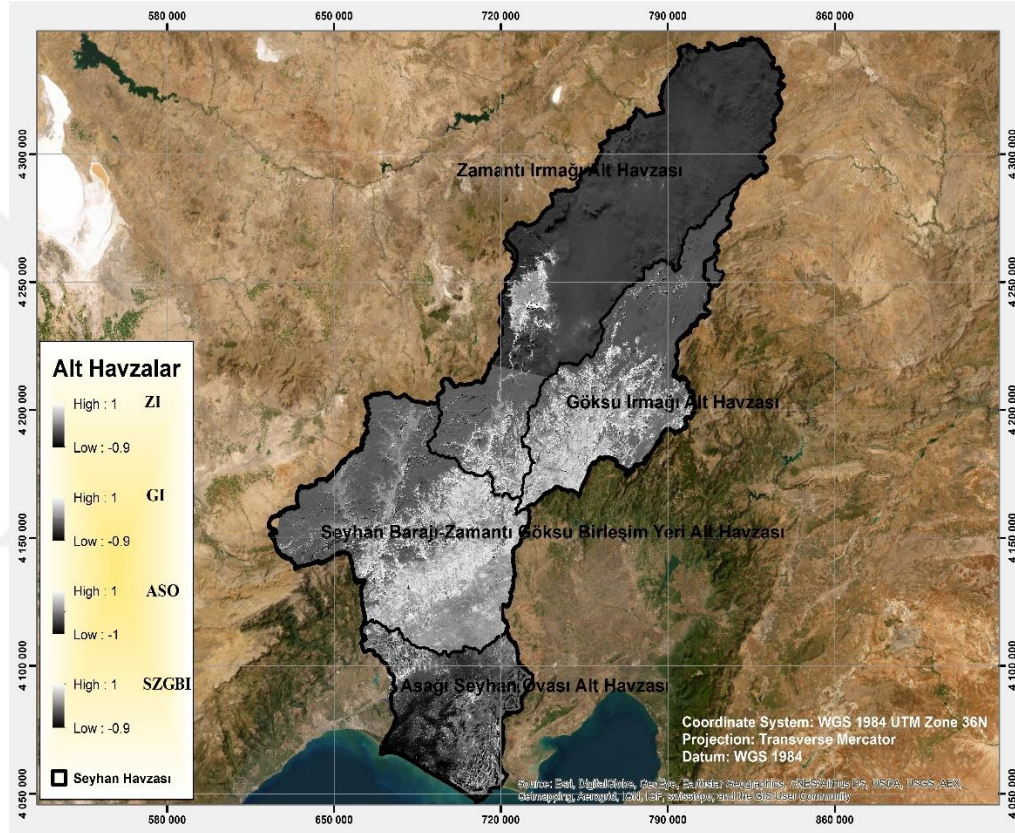
Araştırmada, hassasiyet bileşenlerinin önemli bir kısmını oluşturan ve Seyhan Havzası'nın bitki örtüsü yoğunluğunu temsil eden, Normalleştirilmiş Fark Bitki İndeksi (Normalized Difference Vegetation Index; NDVI) verileri yer almıştır (Tanaka ve ark., 2006; Temelli ve Alkan, 2020; Dikici, 2022). NDVI, bitki örtüsü kapsamı ve bitki büyüme aşamaları ile ilgilidir. Ayrıca, uydu görüntülerinden türetilmekte ve aşağıdaki formül kullanılarak kırmızı (R) ve yakın kızılötesi (NIR) spektral bantlardaki ölçülen yoğunlukların oranı olarak hesaplanmaktadır:

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)} \quad (3.1)$$

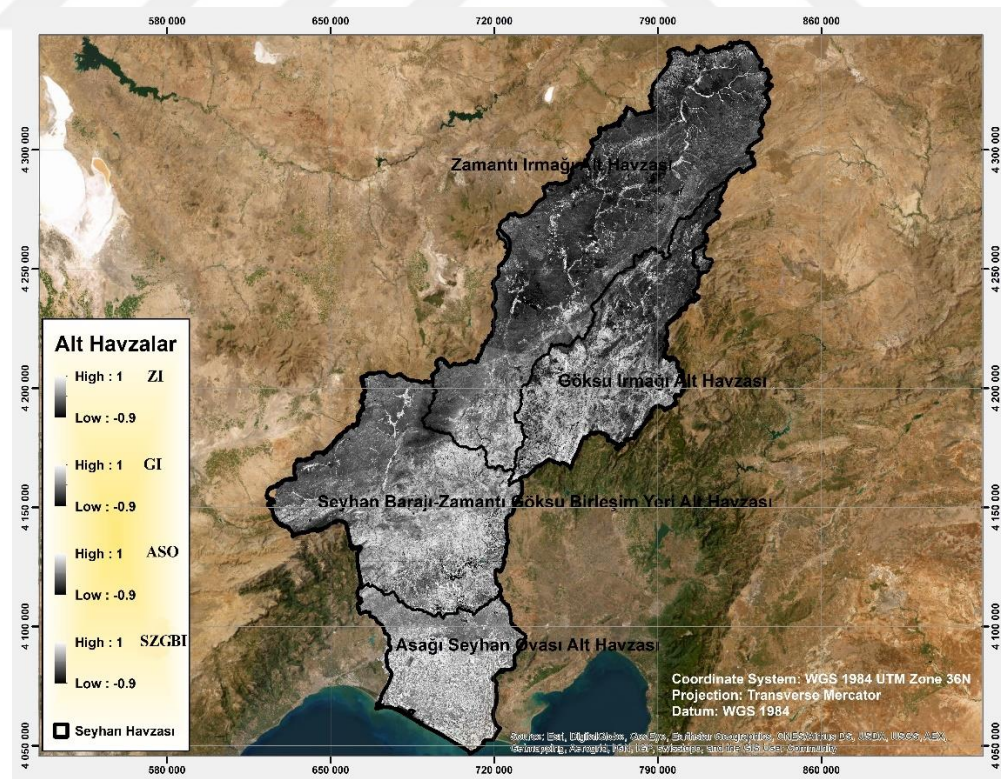
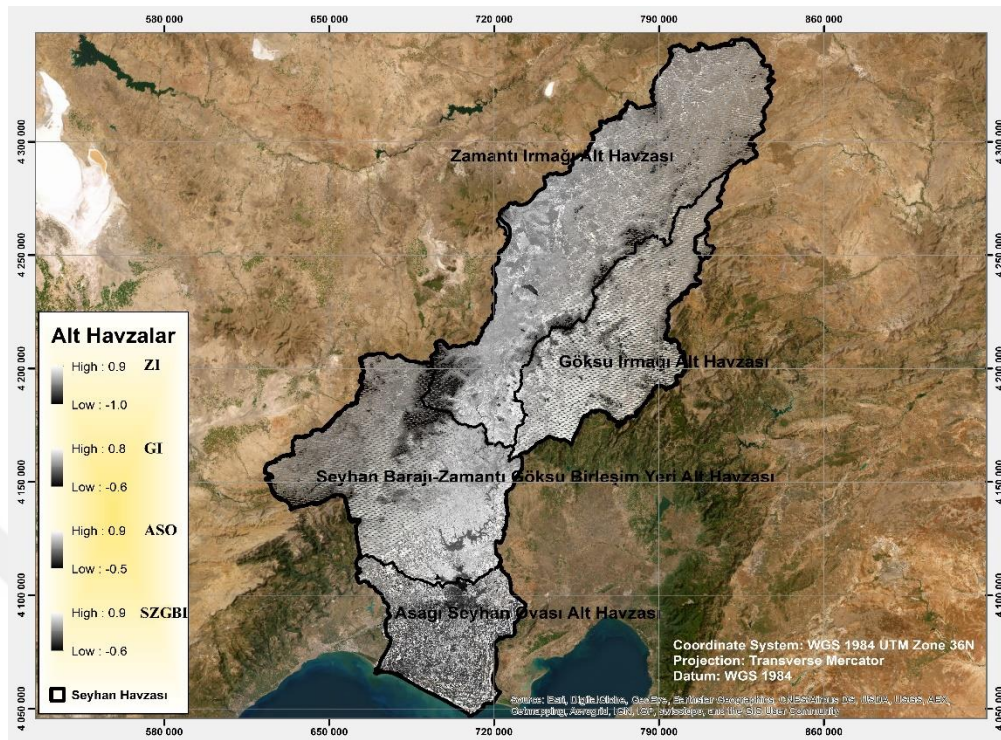
NDVI değerleri, -1 ile +1 arasında değişmektedir. Su kütleleri için, NDVI negatif değerler alırken, yoğun bitki örtüsü için yüksek pozitif değerler almaktadır.

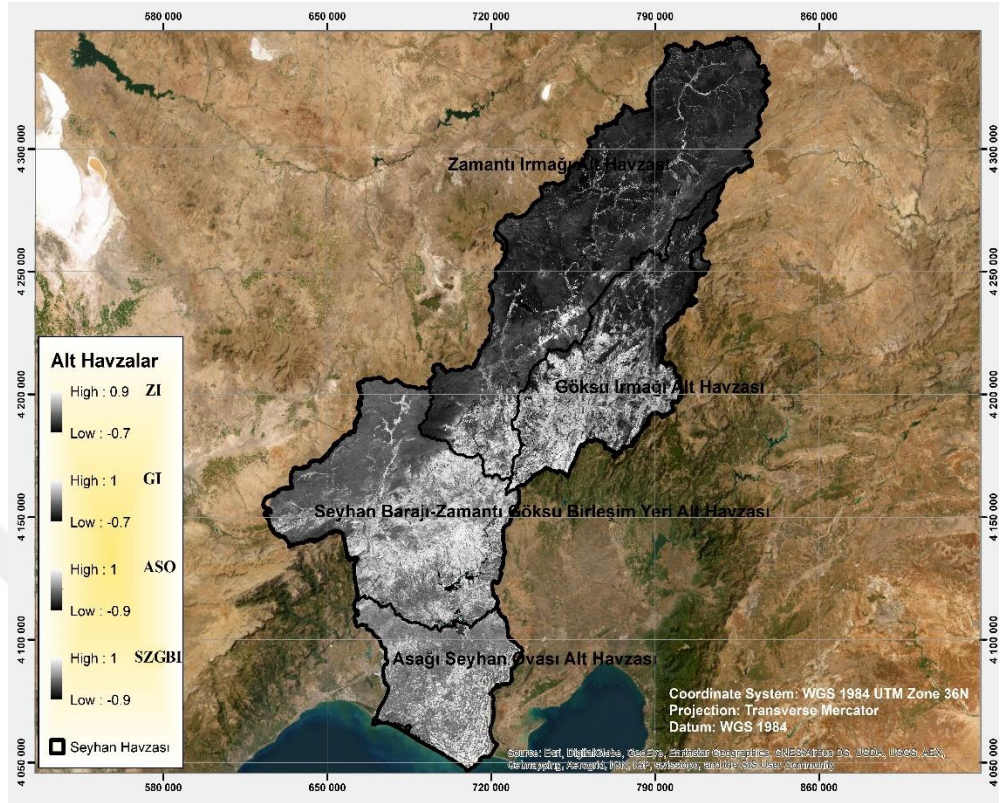
Alt bileşenlerin çoğunluğunu oluşturan anket çalışmasının 2020 yılı içerisinde yapılması ve kullanılan meteoroloji istasyonlarının geçmiş dönem veri aralığının yine aynı yılda son bulması göz önüne alındığında, yalnızca 2020 yılına ait NDVI görüntüleri değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, her 8 veya 16 günde bir mevcut olan ve 2020 yılına ait Landsat görüntüleri, United States Geological Survey

(USGS) Earth Explorer aracı kullanılarak, 30x30m yersel çözünürlüğe sahip Landsat uydu verileri (Landsat 7 (ETM+), Landsat TIRS (Termal Kızılötesi Sensör) ve OLI (Operasyonel Arazi Görüntüleyici) verileri indirilmiştir (www.earthexplorer.usgs.gov). Daha sonra bu görüntü ve veriler, ArcGIS programı kullanılarak, aynı tarihlere uygun olarak birleştirilmiş; alt havzalar bazında 2020 yılına ait ortalama NDVI değerleri elde edilmiştir (Şekil 3.5a, Şekil 3.5b, Şekil 3.5c, Şekil 3.5d).



Şekil 3.5. Seyhan Havzasının 20 Ocak 2020 tarihine ait NDVI görüntüsü





Şekil 3.8. Seyhan Havzası'nın 18 Ekim 2020 tarihine ait NDVI görüntüsü

Etkilenebilirliğin Alt Bileşenleri

Bu çalışmada, hassasiyet ve adaptasyon kapasitesi ana bileşenlerinin tanımlanabilmesi için, bu ana bileşenleri oluşturan ve araştırma alanını temsil edecek alt bileşenlere ihtiyaç vardır. Bu amaçla, araştırma alanının fiziksel ve sosyoekonomik özellikleri göz önünde bulundurularak seçilen bir takım alt bileşenler Çizelge 3.7'de belirtilmiştir. Buna göre, tarımsal etkilenebilirliğin bileşenlerinden; hassasiyet ve adaptasyon kapasitesine ait bazı alt bileşenler, araştırma sahası içerisinde çiftçilerle yapılan anket çalışmaları sonucunda belirlenmiştir. Bunun temel nedeni, birçok alt bileşenin uzun süreli gözleme dayalı olmayan ve çiftçilerin meteorolojik kuraklığa karşı alt yapılarını ortaya koyan anket çalışmalarından elde edilmesidir. Anket çalışması sonucu elde edilen değişkenler, Ndamani ve Watanabe (2016)'de verilen prosedür uygulanarak kategorik değişken haline dönüştürülmüş ve sayısal veriler elde edilmiştir.

Çizelge 3.7. Etkilenebilirlik bileşenleri ve alt bileşenler

Etkilenebilirlik Bileşenleri	Alt Bileşenler	Alt Bileşenlerin Tanımı	Veri Kaynakları
Maruziyet	Kuraklık Olayları (Günümüz)	Kurak ayların sayısı (1990-2020)	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
	Kuraklık Olayları (Gelecek)	Kurak ayların sayısı (2021-2089)	
	İklim Değişikliği	Kış mevsimi ortalamanın üzerindeki sıcak ayların sayısı	
		İlkbahar mevsimi ortalamanın üzerindeki sıcak ayların sayısı	
		Yaz mevsimi ortalamanın üzerindeki sıcak ayların sayısı	
		Sonbahar mevsimi ortalamanın üzerindeki sıcak ayların sayısı	
		İlkbahar mevsimi ortalamanın üzerinde yağış düşen ayların sayısı	
		Sonbahar mevsimi ortalamanın üzerinde yağış düşen ayların sayısı	
		Kış mevsimi ortalamanın üzerinde yağış düşen ayların sayısı	
		Yaz mevsimi ortalamanın üzerinde yağış düşen ayların sayısı	
Hassasiyet	NDVI	2020 yılı kış mevsimi NDVI ortalamaları	Landsat uydu görüntüleri (www.earthexplorer.usgs.gov)
		2020 yılı ilkbahar mevsimi NDVI ortalamaları	
		2020 yılı yaz mevsimi NDVI ortalamaları	
		2020 yılı sonbahar mevsimi NDVI ortalamaları	
	Yükseklik	Deniz seviyesine olan yüksekliği	SYH
	Eğitim	Okuma yazma bilmeyen nüfus oranı	Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)
	Nüfus	Nüfus oranı	Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)
Adaptasyon Kabiliyeti	Tarımsal Faaliyetler	Sulu tarım yapılan arazilerin alanı_S8	Anket
	Bilimsel Bilgi ve Eğitim Seviyesi	Okuma yazma bilen nüfus oranı	Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)
		Kuraklık hakkında bilgisi	
		Kuraklığa karşı önlem becerileri	
	Gelir	Teknoloji kullanımı	Anket
		Tarımsal faaliyetlerde çalışanların sayısı S4	
		Toplam Yıllık üretim miktarı S11	
		Üretim yapılan alanın büyüklüğü (Hektar)_S5	

3.2. Yöntem

3.2.1. Eksik Verilerin Tamamlanması

Etkilenebilirlik çalışmasında gerekli olan maruziyet bileşenin oluşturulabilmesi ve dolayısıyla araştırma alanı içerisindeki farklı bölgelerin iklim değişikliği bakımından karşılaştırmalarının yapılabilmesi için, aynı veri aralığına sahip meteoroloji istasyonlarının kullanılması gereklidir. Bu bağlamda, MGM'den alınan meteoroloji istasyonları içerisinde 20 farklı meteoroloji istasyonu seçilmiştir. Bu istasyonların bazılarının farklı dönemlere ait, aylık bazda eksik veriye sahip oldukları tespit edilmektedir. Bu eksik verilerin tamamlanabilmesi için öncelikle, 20 meteoroloji istasyonuna ait aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış değerleri kullanılarak, aralarındaki ilişkinin belirlenebilmesi için, korelasyon analizi yapılmıştır. Korelasyon analizinin prensipleri doğrultusunda (Gogtay ve Thatte, 2017), sıcaklık ve yağış değişkenleri bakımından aralarında ilişki bulunan meteoroloji istasyonları için Curve Expert programı kullanılarak uygun regresyon denklemi oluşturulmuş ve eksik veriler tamamlanmıştır.

3.2.2. Meteorolojik Kuraklığın Standart Yağış İndeksi (SYİ) Yöntemiyle Değerlendirilmesi

Etkilenebilirlik içerisinde yer alan maruziyet bileşenin oluşturulabilmesi için, Standart Yağış İndeksi yöntemi ile aylık ortalama yağış verileri kullanılarak, her bir meteoroloji istasyonu için 6 ay zaman ölçeğinde SYİ değerleri belirlenmektedir. Bu yöntem araştırmacılar tarafından sıklıkla kullanılmaktadır (Aksoy ve ark., 2018; Said ve ark., 2019; Keskiner ve ark., 2019). Bu çalışmada, meteorolojik kuraklığın araştırma alanı üzerinde orta vadedeki etkilerinin ortaya konulması göz önüne alınarak (SPIUG, 2012; Spinoni ve ark., 2014; Aksoy ve ark., 2018), SYİ yöntemiyle 6 ay zaman ölçeğinde kurak aylar elde edilmiştir. Çizelge 3.8 göz önüne alındığında, her bir meteoroloji istasyonu için negatif değer alan SYİ değerlerinin sayısı toplanarak kurak ayların sayısı elde edilmektedir (Gbetibouo ve Ringler, 2009). SYİ değerleri, SPI_SL_6 programı (WMO, 2012) kullanılarak elde edilmektedir. SYİ yönteminde kuraklık sınıfları (Çizelge 3.8), standart normal dağılımlı (Gaussian) yağış verilerinden elde edilir. Ancak, yağışların olasılık dağılım fonksiyonu normal dağılım göstermez ve Gamma dağılımı, yağış verilerine en iyi uyan olasılık dağılımıdır (Thom, 1966). Bu sebeple, yağış verilerinin Olasılık Dağılım Fonksiyonun (ODF), Gamma ya da uygun olasılık dağılım fonksiyonuna dönüştürülmesi gerekmektedir. Sonrasında, elde edilen yağış olasılıkları, ters standart Gauss (Normal) dağılım fonksiyonu kullanılarak, standardize edilmiş yağış verileri elde edilir.

SYİ yönteminin adımları ve formülasyonu aşağıda verildiği gibidir:

- a) Gamma fonksiyonu;

$$\Gamma(\alpha)=\int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx \quad (3.2)$$

$$\alpha>0$$

b) Gamma olasılık yoğunluk fonksiyonu:

$$f(x)=\frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad (3.3)$$

$$0 < x < \infty, \lambda > 0, \beta > 0$$

c) Ters standart normal dağılım fonksiyonu:

$$f(x;\mu,\lambda)=\left[\frac{\lambda}{2\pi x^3}\right]^{\frac{1}{2}} \exp\left\{-\frac{\lambda(x-\mu)^2}{2\mu^2 x}\right\} \quad (3.4)$$

$$x>0, \mu>0, \lambda>0 \text{ için}$$

d) SYİ değerlerinin elde edilmesinde kullanılan eşitlik:

$$SYİ_{ij}=\frac{X_{ij}-\mu_{ij}}{\sigma_{ij}} \quad (3.5)$$

x_{ij} : i'inci istasyonun (gridin) j'inci ayında gözlenen yağış değerleri,
 μ_{ij} : i'inci istasyonun (gridin) j'inci ayın yağış serisinin beklenen değeri,
 σ_{ij} : i'inci istasyonun (gridin) j'inci ayın yağış serisinin standart sapması.

SYİ kuraklık sınıflandırması Çizelge 3.8'de sunulmaktadır.

Çizelge 3.8. SYİ Yöntemi Değerleri ve Kuraklık Sınıflandırması (McKee ve ark., 1993)

SYİ Değerleri	Sınıflandırma
2.00 ve üzeri	Aşırı nemli
1.50 ile 1.99	Çok nemli
1.00 ile 1.49	Orta düzeyde nemli
0.00 ile 0.99	Hafif nemli
-0.99 ile 0.00	Hafif kurak
-1.49 ile -1.00	Orta düzeyde kurak
-2.00 ile -1.50	Şiddetli kurak

3.2.3. İklim Projeksiyon Verilerinin Yanlılık Düzeltmesi

Bölgesel iklim modelleriyle elde edilen iklim projeksiyonlarında bir takım belirsizlikler ortaya çıkmaktadır. Bu belirsizlikler,

- Kullanılan sayısal yöntemler,
- Yersel ve zamansal çözünürlük,
- Fiziksel ve termodinamik süreçlerdeki basitleştirmeler,
- İklim sistemindeki süreçlerin tam anlamıyla bilinmemesi,

gibi etmenlerden dolayı, modellerde sistematik hatalar meydana getirebilmektedir.

İklim modellerinin ürettiği iklim verileri, gözlenmiş değerlere göre belirli bir yanlılığa sahip olmaktadır. Özellikle iklim değişikliği içerisinde yer alan, kuraklık gibi çalışmalar yapılırken, yanlılığın düzeltilmesi gerekmektedir. Araştırmacılar, bunun için bir takım yöntemler geliştirmişlerdir. Bu yöntemler içerisinde, birçok literatürde yer alan ortalama değer yaklaşımı (Mean Value Bias Correction), sıcaklık ve yağış parametrelerinin yanlılığını düzeltmek için kullanılabilmektedir (Vogl ve Kunstmann, 2013; Ballı, 2014). Sıcaklık parametresi genel olarak normal dağılıma sahip iken, yağış parametresi genellikle gamma dağılımı göstermektedir (Angelidis ve ark., 2012; TOBSYGM, 2019).

Bu nedenle, bu iki iklim parametresinin yanlılıkları farklı denklemler kullanılarak düzeltilmesi gerekir. Bu denklemler, aşağıda gösterildiği gibidir (Ballı, 2019).

Sıcaklık değişkeni için düzeltme formülü;

$$TGO_{ij} = TMO_{ij} + a$$

$$TMOB_{ij} = TMO_{ij} + a \quad (3.6)$$

TGO_{ij} : ERA5 projeksiyonunun (Gözlem veri seti) i'inci gride ait j'inci ayın uzun dönem aylık sıcaklık ortalaması,

TMO_{ij} : HadGEM2-ES modelin i'inci gride ait j'inci ayın uzun dönem aylık sıcaklık ortalaması,

$TMOB_{ij}$: HadGEM2-ES modelin i'inci gride ait j'inci ayın düzeltilmiş aylık sıcaklık ortalaması

$i=1,2,3,\dots,17$ (Grid sayısı)

$j=1,2,3,\dots,12$ (Ay'ların sayısı)

a : Düzeltme katsayısı

Yağış değişkeni için düzeltme formülü;

$$YGO_{ij} / YMO_{ij} = b$$

$$YMOB_{ij} = YMO_{ij} * b \quad (3.7)$$

YGO_{ij} :ERA5 projeksiyonunun (Gözlem veri seti) i'inci gride ait j'inci ayın uzun dönem ortalama aylık yağış toplamı

YMO_{ij} :HadGEM2-ES modelin i'inci gride ait j'inci ayın ortalama aylık yağış toplamı

$YMOB_{ij}$:HadGEM2-ES modelin i'inci gride ait j'inci ayın düzeltilmiş ortalama aylık yağış toplamı

$i=1,2,3,\dots,17$ (Grid sayısı)

$j=1,2,3,\dots,12$ (Ay'ların sayısı)

b : Düzeltme katsayısı

Bu denklemde, b katsayı değeri 1'den büyük ise, modelin yağışları daha az tahmin ettiğini, 1'den küçük ise, daha fazla tahmin ettiğini ifade etmektedir.

HadGEM2-ES model çıktı verilerinin yanlılığının giderilebilmesi için 30 yıllık 1971-2000 zaman aralığına sahip gözlem verilere ihtiyaç vardır. Araştırmada yer alan meteoroloji istasyonlarına ait gözlem verileri ise yetersizdir. Bu husus göz önüne alındığında, geleceğe yönelik yapılmış olan eski

tahminlerle yeni gözlemleri belirli periyotlarda birleştirerek mevcut atmosferik koşullardaki meteotolojik parametreleri saatlik olarak daha doğru tahmin edebilen (CDS, 2021), ERA5 projeksiyon verileri kullanılmıştır (Çizelge 3.9). Bu veri seti, Avrupa Merkez Hava Tahmini (ECMWF) tarafından geliştirilen ve kıtalar arası meteorolojik verileri üreten bir veritabanıdır. Ayrıca, 0.25° yani yaklaşık 27 km çözünürlükte olduğu için gridleri eşleştirirken, her bir meteoroloji istasyonuna en yakın gride ait veriler dikkate alınmıştır (Yılmaz, 2022).

Çizelge 3.9. Meteoroloji istasyonlarına karşılık gelen Hadgem_4.5 iklim projeksiyon çıktı grid ve ERA5 projeksiyon noktaları tablosu

İstasyon Adı	İstasyon Kodu	ERA5 Projeksiyon Noktaları	HadGEM2-ES
Adana Bölge	17351	ERA5_27	1145
Develi	17836	ERA5_83	1846
Feke	6902	ERA5_62	1647
Göksun	17866	ERA5_87	1949
İncirlik Meydan	17350	ERA5_28	1246
Karaisalı	17936	ERA5_37	1344
Karataş	17981	ERA5_16	1045
Niğde	17250	ERA5_59	1543
Pınarbaşı	17802	ERA5_109	2149
Pozantı	17934	ERA5_48	1444
Saimbeyli	6560	ERA5_63	1648
Sarız	17840	ERA5_98	2049
Tarsus Köy Hiz.	9022	ERA5_26	1144
Tomarza	17837	ERA5_95	2046
Tufanbeyli	6204	ERA5_86	1949
Ulukışla	17906	ERA5_46	1441
Yahyalı	6377	ERA5_71	1745

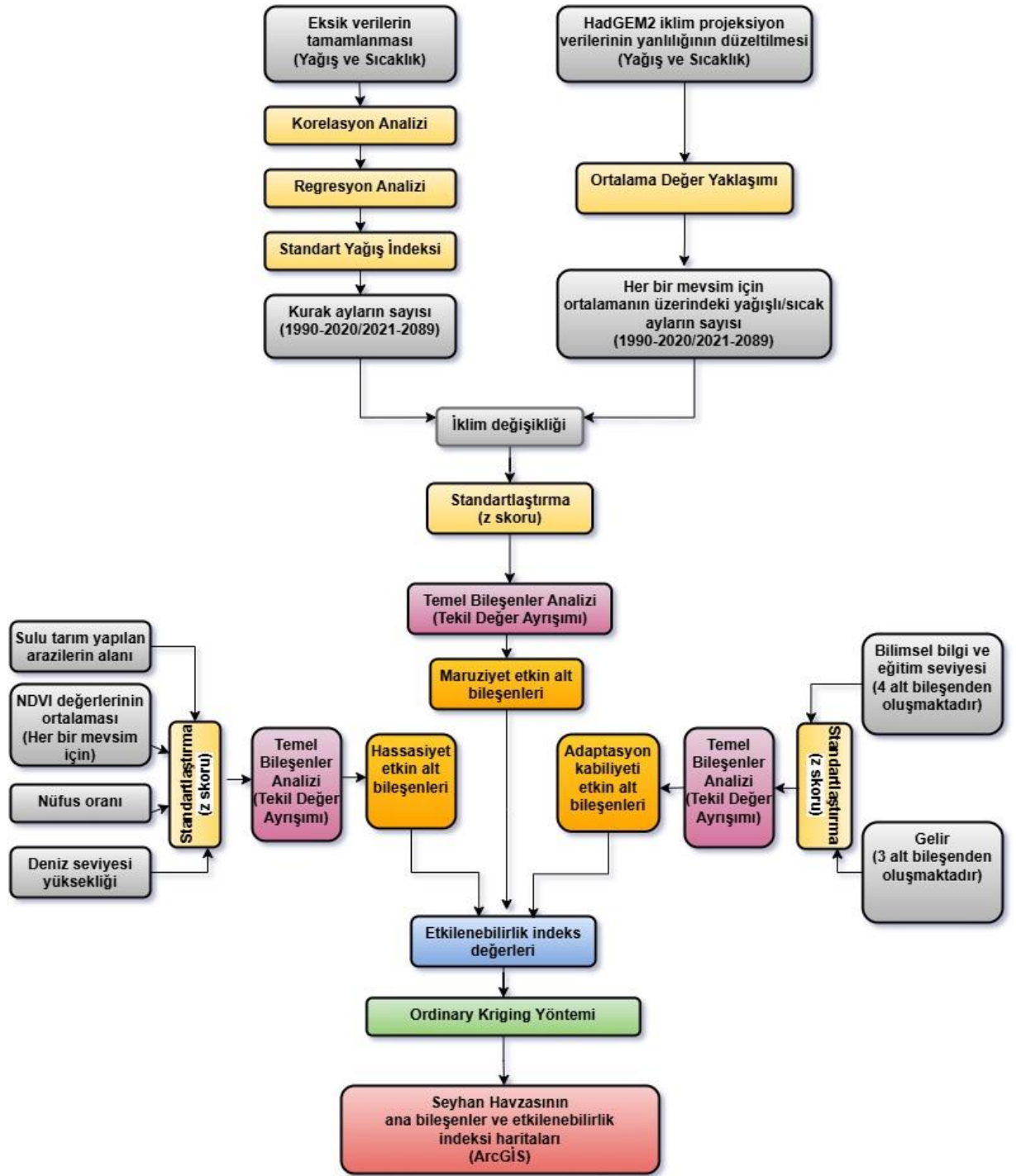
3.2.4. Anket Sorularının Değerlendirilmesi

Etkilenebilirlik çalışmasının adaptasyon kabiliyeti alt bileşenleri, saha kapsamında yapılan anket çalışmalarından elde edilmektedir. Anket çalışmaları, küme örnekleme (cluster sampling) yöntemi kullanılarak yapılmıştır (Jamshidia ve ark., 2019). Buna göre, Seyhan Havzası içerisinde yer alan tarımsal faaliyetlerin sürdürüldüğü köy, kasaba ve ilçelerden rastgele seçilen çiftçilerle yüz yüze anket yapılmıştır. Elde edilen anket sonuçları, kategorize edilerek sayısal verilere dönüştürülmüştür (Ek

Çizelge 2). Çiftçilere yöneltilen bu sorular, katılımcının kişisel özelliklerini, tarımsal faaliyetlerini, kuraklık hakkındaki bilgi ve becerisini tanımlayan içeriklerden oluşturulmuştur. Ayrıca, soruların farklı seçenek ve yapıda olması, cevapların da farklı şekilde sayısallaştırılmasına neden olmuştur. Bu kapsamda, bazı soruların cevapları önem derecesine göre sıralanırken (Örneğin, soru 1-2-4 gibi), bir kısmı ise aynı ölçekte değerlendirilmiştir (Örneğin, Soru 19-24-25 gibi).

3.2.5. Tarımsal Etkilenebilirliğin Belirlenmesi

Tarımsal etkilenebilirlik; maruziyet, hassasiyet ve adaptasyon kapasitesi bileşenlerinin bir fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır. Yapılan önceki çalışmaların rehberliğinde, araştırma alanının ayırt edici özelliklerini yansıtabilmesi ve alt havzaların etkilenebilirlik bileşenleri açısından karşılaştırılabilmesi için, çoklu değişkenleri içeren indikatör yaklaşımı benimsenerek, bu çalışmada İndeks Yöntemi tercih edilmektedir. İndikatör yaklaşımında; temel bileşenlerin içerisindeki tüm değişkenler normalleştirilir, önce indeks değerleri ve ağırlıkları hesaplanır, devamında ise etkilenebilirlik değerlendirmesi yapılır (Şekil 3.6). İzlenen yöntem, işlem sırasına göre aşağıda alt başlıklar halinde sunulmuştur.



Şekil 3.9. Araştırmanın akış şeması

Verilerin Yapısı ve Kullanılan Yöntemler

Tarımsal etkilenebilirliğin belirlenebilmesi amacıyla, bileşenlerin her biri için indeks değerleri hesaplanır. Bu kapsamda, adaptasyon kabiliyeti alt bileşenlerinin oluşturulabilmesi amacıyla, Seyhan Havzası'nda yapılan anket çalışması öncesi, araştırma alanının 4 alt havzası içerisinde yer alan ilçeler tespit edilir. Daha sonra, belirlenen bu ilçeler ile onlara bağlı köylerden, rasgele seçilen çiftçilerle anket çalışması yapılır ve elde edilen veriler kategorik olarak değerlendirilerek, sayısal verilere dönüştürülür. Bu veriler daha sonra, SPSS paket programına aktararak tanımlayıcı istatistikleri elde edilir. Kategorik verileri kapsayan alt bileşenler ve anket soru numaraları, Ek Çizelge 3'te gösterildiği gibidir. Sahada yapılan anket çalışmaları neticesinde elde edilen sonuçlar katagorik olarak değerlendirilmiş ve sayısal verilere dönüştürülmüştür. Daha sonra, bu verilerin güvenli olup olmadığının belirlenebilmesi için, güvenilirlik analizi yapılır. Güvenirlilik, seçilen bir ölçme aracıyla (Anket soruları) benzer koşullarda yapılan bir çalışmanın sonunda, elde edilen değerlerin kararlılık düzeyi olarak tanımlanır. Bu değerlerden elde edilen bilgilerin kararlı olması, benzer koşullarda yapılacak bir diğer ölçümde aynı sonuçlara ulaşılması gerektiği anlamını taşımaktadır (Kılıç, 2016). Bunun için, SPSS paket programı kullanılarak, Cronbach'ın alpha katsayısı test edilir (Bademci, 2014). Cronbach'ın alpha katsayısı aşağıda gösterildiği gibi hesaplanır.

$$\alpha = \frac{k}{(k-1) * \left[1 - \left(\sum_{i=1}^n \frac{\alpha_k^2}{\alpha_T^2} \right) \right]} \quad (3.8)$$

k; testteki değişkenleri sayısı

$\sum_{i=1}^n \alpha_k^2$: k tane değişkenin varyanslarının toplamı

α_T^2 : toplam test skorlarının varyansı

Cronbach'ın alpha katsayısı, 0 ile 1 aralığında değerler alırken, literatür çalışmalarında 0.6 ve üzerindeki katsayı değerlerinin, verilerin güvenilirliği için yeterli olduğu belirtilmektedir (Taber, 2017; Griethuijsen, 2015). Bu husus göz önüne alınarak kabul edilebilir aralıkta olan anket soruları belirlenmekte, daha sonra alt bileşenleri oluşturmak üzere SPSS paket programında bu soruların skor hesaplamaları yapılmakta ve sayısal formatta gruplandırılmaktadır.

Verilerin Standartlaştırılması

Verilerin Standartlaştırılması yöntemi, farklı değişkenleri aynı ölçeğe dönüştürme sürecidir. Bu yöntem, çeşitli yapıdaki değişkenlerin karşılaştırılmasını sağlar. Bundan dolayı, her bir alt bileşene ait olan veriler, istatistiksel yöntemlerden ‘z skoru’ kullanılarak, aşağıdaki denklem ile standart hale getirilir (Rabby ve ark., 2019).

‘z’ skorlarının elde edilmesinde kullanılan eşitlik;

$$Z_i = \frac{x_i - \mu_i}{\sigma_i} \quad (3.9)$$

x_i : i. alt bileşenin gözlenen değeri

μ_i : i. alt bileşenin gözlenen değerlerinin ortalaması

σ_i : i. alt bileşenin gözlenen değerlerinin standart sapması

Etkin İndikatörlerin Temel Bileşenler Analizi Yöntemiyle Belirlenmesi

Etkilenebilirlik bileşenlerinin farklı sayıda indikatörden oluşması ve her bir indikatörün değişken yapıda olmasından ötürü, etkilenebilirliği farklı oranlarda etkilediği görülmektedir (Gbetibouo ve Ringler, 2009; Jamsihidi ve ark., 2019). Etkilenebilirlik tahmininin gerçekçi bir şekilde yapılabilmesi için, bu oranlara ihtiyaç duyulur. Araştırmacılar, bu oranların (ağırlıklar) hesaplanabilmesi için farklı yöntemler geliştirmişlerdir. Bunların içerisinde, en çok tercih edileni Temel Bileşenler Analiz (TBA) yöntemidir. TBA yöntemi karmaşık çok değişkenli verilerin çözümlenmesinde geniş bir bakışa sahip, güçlü ve çok yönlü bir yöntemdir (Bro and Smilde, 2014). Bu çalışmada, alt bileşenlerin ağırlıklarını ayrı ayrı hesaplayarak, tarımsal etkilenebilirliği en gerçekçi bir şekilde açıklayabilme kabiliyetinden ötürü, TBA yöntemi kullanılmaktadır (Gbetibouo ve Ringler, 2009). TBA olarak tanımlanan bu yöntemin formülasyonu, 6 adımda aşağıda belirtildiği gibidir; n birey (gözlem) ve p değişkenden oluşan veri olmak üzere:

1. Veri matrisi X’in n gözlem ve p boyutlu uzaydaki durumu ile p tane değişkenin oluşturulması:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{np} \end{pmatrix} \quad (3.10)$$

p: Alt alt bileşenlerin sayısı

n: Her alt indikatörün veri sayısı (anket çalışması yapılan noktasal kaynakların sayısı)

p tane değişken (temel bileşenler ve bu değişkenlerin kombinasyonları),

$$X_1 = \begin{pmatrix} X_{11} \\ \vdots \\ X_{n1} \end{pmatrix} \quad X_2 = \begin{pmatrix} X_{12} \\ \vdots \\ X_{n2} \end{pmatrix}, \dots, X_j = \begin{pmatrix} X_{1j} \\ \vdots \\ X_{nj} \end{pmatrix}, \dots, X_p = \begin{pmatrix} X_{1p} \\ \vdots \\ X_{np} \end{pmatrix} \quad (3.11)$$

2. X gözlem matrisinin 1. temel bileşenine ait denklem:

$$Y_1 = t_{11}X_1 + t_{21}X_2 + \dots + t_{p1}X_p \quad (3.12)$$

$$Y_1 = t'X$$

$t'_1 = (t_{11}, t_{21}, \dots, t_{p1})$ ve $X = (X_1, X_2, \dots, X_p)$ olmak üzere,

$$t'X = Y_1 = (t_{11}, t_{21}, \dots, t_{p1}) \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_p \end{pmatrix} = t_{11}X_1 + t_{21}X_2 + \dots + t_{p1}X_p$$

3. Varyans-Kovaryans matrisinin özdeğerler ve özvektörlerinin hesaplanması:

$$\bar{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}}{n}, j=1, 2, 3, \dots, p$$

$$s_{jj}' = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{ij} - \bar{x}_j)}{n-1} \quad (3.13)$$

$$j=1, 2, 3, \dots, p; j'=1, 2, 3, \dots, p$$

Varyans-Kovaryans matrisi;

$$S = \begin{bmatrix} s_{11} & \cdots & s_{1p} \\ s_{21} & s_{22} & s_{2p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{p1} & \cdots & s_{pp} \end{bmatrix}$$

4. Temel bileşenlerin doğrusal denklemlerini oluşturmak için $t_1' t_1 = 1$ kısıtlaması ile temel bileşenin varyansı;

$$E \left\{ (t_1' X)(t_1' X)' \right\} = E(t_1' X X' t_1) = t_1' S t_1 \quad (3.14)$$

Lagranj fonksiyonu;

$$\phi(t_1, \lambda_1) = t_1' S t_1 - \lambda_1 (t_1' t_1 - 1)$$

λ_1 lagranj çarpanı olmak üzere, t_1 e göre kısmi türevi alınıp sıfıra eşitlendiğinde, $2S t_1 - 2\lambda_1 t_1 = 0$ ve buradan da $(S - \lambda_1 I) t_1 = 0$ elde edilir.

Eşitlikte, S matrisinin birinci bileşenine ait özdeğerini λ_1 ve birinci özdeğerinden elde edilen özvektörünü ise t_1 terimleri temsil eder. Denklemden, $|S - \lambda_1 I| = 0$ için p tane özdeğer için genişletilirse; $|S - \lambda I| = 0$ elde edilir. $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ olmak üzere p tane özdeğeri vardır. Bu eşitlik; bileşenlerin varyansları özdeğerlere eşit oldukları için, özdeğerlerin büyükten küçüğe sıralanmasını temsil etmektedir. Yapılan işlemler sonrası, p tane özdeğerlerin her birine karşılık gelen özvektörler bulunur. Bunun için, her özdeğerin aynı eşitlikte yerine koyulmasıyla matrisin eşleneği şu şekilde elde edilir;

$$E(S - \lambda_1 I) = K$$

K: kofaktör matrisi

olmak üzere, birinci özvektörün standartlaştırılması:

$$t_{i1} = \frac{k_{i1}}{\sqrt{\sum_{i=1}^p (k_{i1})^2}}, \quad i=1, 2, 3, \dots, p \quad (3.15)$$

k_{i1} , K matrisinin i'inci satır elemanı olmak üzere;

$$Y_1 = t_1'X = t_{11}X_1 + t_{21}X_2 + \dots + t_{p1}X_p$$

$$Y_2 = t_2'X = t_{12}X_1 + t_{22}X_2 + \dots + t_{p2}X_p$$

.

$$Y_p = t_p'X = t_{1p}X_1 + t_{2p}X_2 + \dots + t_{pp}X_p$$

şeklinde bileşenler elde edilir.

5. Toplam varyanstaki en büyük katkıyı sağlayan bileşenin hesaplanması;

Standartlaştırılmış özvektörlerin kareleri toplamı 1'e eşittir.

$$\sum_{i=1}^p (k_{i1})^2 = 1 \quad (3.16)$$

Toplam varyansa en büyük katkısı olan standardize edilmiş özvektör değerinin karesi ile birinci bileşendeki her değişkenin toplam varyansa olan katkısına ulaşılır.

Değişken sayısı;

$$t_{i1}^2, i=1, 2, 3, \dots, p \text{ için}$$

$$\sum_{i=1}^p (t_{i1})^2 < 0,95 \quad (3.17)$$

ile elde edilir. Sıralamadaki diğer değişkenler içinde benzer işlemler yapılarak, toplam varyanstaki katkıları ve sayıları belirlenir. Temel bileşenler analizinde, sahip olduğumuz veri matrisi, genelde kare matris değildir. Kare matris olmayan veri matrisler üzerinde, öz değer ya da spektral ayrışım yöntemleri uygulanamaz. Hatta bazı kare matrisleri üzerinde bile, bu yöntemler sonuç vermez. Bunun temel nedeni, veri matrisinin determinantının sıfır elde edilmesidir. Bu ise, değişkenler arasında yüksek bir ilişkinin olduğu göstermektedir. Diğer bir deyişle determinant sıfır ise bu durum, matrisin pozitif ya da pozitif yarı tanımlı olmadığını ifade eder. Bunun neticesinde, tüm değişkenleri üst üste gelecek bir

biçimde, tam ilişkili bir matrisin tersi de alınamaz. Ters alınamayan bir matris, tekil (singular) matris olarak tanımlanır (Ramirez-Velarde ve ark., 2014).

$$\det(\text{matris}) = 0 \text{ ise } \Sigma^{-1} \text{ tersinir değildir.} \quad (3.18)$$

Veri matrisinin tersi olmadığında, doğrusal tabanlı yöntemler kullanılamaz. Bu sorunun giderilebilmesi için, matrisin sahte tersini üretebilen (Pseuda inverse) “Tekil değer ayrışım yöntemi” kullanılır (Alter ve ark., 2000; Stewart, 1993). Temel bileşenler analizinde, korelasyon ya da kovaryans matrisiyle (Thompson, 2004), öz değer ayrışım metodu kullanılır. Araştırma kapsamında elde edilen tüm değişkenlerin oluşturduğu veri matrisi incelenmiş ve determinantı sıfır bulunmuştur. Bu nedenle, etkilenebilirliğin her bir ana bileşenine (maruziyet, hassasiyet ve adaptasyon kabiliyeti) ait veri matrisi üzerinde, tekil değer ayrışım yöntemi uygulanarak (Golub ve Loan, 2013; Karaman, 2015) etkin alt bileşenler elde edilir. Tekil değer ayrışımında, orjinal veri matrisinin ‘z skoru’ değerleriyle hesaplanır. Daha sonra, gerekli parametreler aşağıda gösterildiği gibi elde edilir. $m \times n$ boyutunda bir X matrisi için;

$$X_{\text{örneklem} \times \text{değişken}} = U * \Sigma * V^T \quad (3.19)$$

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{np} \end{bmatrix}_{n \times p} = U_{n \times p} * \Sigma_{n \times p} * V_{n \times p}$$

Yukarıda belirtilen parametreler;

$U_{n \times p}$ ’nin sütunları, X matrisi’nin sol tekil vektörlerini,

$\Sigma_{n \times p}$ ’nin dioganelleri ve köşegenleri, X matrisi’nin tekil değerlerini,

$V_{n \times p}$ ’nin sütunları ise, X matrisi’nin sağ tekil vektörlerini göstermektedir.

XX^T ile $K_{n \times n}$ matrisi hesaplanmaktadır.

‘p’ tane özdeğerden başka diğer değerleri sıfır olan, n tane tekil değer üretilmektedir. Daha sonra, $(n \times p)$ boyutunda tekil vektör elde edilmektedir. Bu tekil vektöre, $U_{n \times n}$ matrisi de denir. Bu matris aşağıda gösterildiği gibidir:

$$U_{n \times n} = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & \dots & u_{1p} & 0 & \dots & 0 \\ u_{21} & u_{22} & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{n1} & u_{n2} & \dots & u_{np} & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

$X^T X$ ile $L_{p \times p}$ matrisi hesaplanır.

K matrisine benzer şekilde, p tane tekil değer üretilir. Daha sonra, $(p \times p)$ boyutunda $V_{p \times p}$ matrisi de denir. Bu matris aşağıda gösterildiği gibidir:

$$V_{p \times p} = \begin{bmatrix} v_{11} & \dots & v_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{p1} & \dots & v_{pp} \end{bmatrix}$$

Ölçek matrisi de (Σ), p tane özdeğerlerden ve diğer elemanları sıfır olan değerlerden oluşur.

$$\Sigma_{n \times p} = \begin{bmatrix} \sqrt{\lambda_1} & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sqrt{\lambda_2} & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ & 0 & \ddots & 0 & 0 & \dots & 0 \\ & & 0 & \sqrt{\lambda_p} & 0 & \dots & 0 \\ & & & 0 & \ddots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

Orjinal veri matrisi, tekil değer ayrışımı yöntemiyle, farklı boyuttaki alt matrislerine ayrıldıktan sonra, aşağıdaki formülle ağırlık değerleri elde edilir (W_i).

$$\text{Ağırlık değerleri } (W_i) = U_{n \times p} * \Sigma_{n \times p} \quad (3.20)$$

Etkin bileşenlerin hesaplanmasında, etkilenebilirlik üzerinde en fazla etkiye sahip alt bileşenlerin tespit edilmesi gerekmektedir. Araştırmacılar, bu hususta birçok test istatistiği geliştirmişlerdir (Kahraman, 2015). Bunlar, Kaiser Kriteri (Kaiser Criterion), Yamaç Eğim Testi (Cattell Scree Plot), Joliffe Kriteri (Joliffe Criterion), Açıklanan Varyans Kriteri (Variance Explained Criteria) ve Horn Paralel Analizi (Horn's Parallel Analysis) olarak ifade edilmektedir. Bu çalışmada, Henry F. Kaiser

tarafından geliştirilen Kaiser Criterion yöntemi (Kaiser, 1960) dikkate alınarak, değişkenler arasında özdeğerleri 1’den büyük olanların toplam varyanstaki oranları dikkate alınarak en etkin alt bileşenler belirlenir. Aşağıda belirtilen denklem (21) yardımıyla, ana bileşenlerin ve etkilenebilirliğin skorları hesaplanır.

6. Karşıt kuraklık etkilenebilirlik indeksinin formülasyonu (CDVI);

Etkilenebilirlik indeksinin belirlenebilmesi için, karşıt indeks yöntemi kullanılır (Sendhil ve ark., 2018; Balaganesha ve ark., 2020; Ravindranath ve ark., 2011). Bu kapsamda, normalleştirilmiş her bir alt bileşen ve buna karışık gelen ağırlık değerler kullanılarak, seçilen her bir noktanın ana bileşenine ait indeks değerleri Denklem 3.21 kullanılarak hesaplanabilir. Daha sonra, alt bileşenlere ait bu indeks değerleri ile 3.22’de belirtilen formül kullanılarak etkilenebilirlik skorları elde edilir.

$$\text{İndeks değeri} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^t Z_{ijk} * W_{ijk}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^t W_{ijk}} \quad (3.21)$$

Z_{ijk} : i. istasyon, j. ana bileşenine ait k. alt bileşeninin normalleştirilmiş değeri,

W_{ijk} : i. istasyon, j. ana bileşenine ait k. alt bileşeninin ağırlık değeri,

$$\text{Etkilenebilirlik} = (\text{Maruziyet} + \text{Hassasiyet}) - \text{Adaptasyon Kabiliyeti} \quad (3.22)$$

Tekil değer ayrışım yöntemi kullanılarak elde edilen temel bileşenler skorlarıyla, etkilenebilirliği oluşturan ana bileşenlerin indeksleri ile karşıt kuraklık etkilenebilirlik indeks değerleri hesaplanarak, hem grafik hem de harita üzerinde alt havzaların karşılaştırılmaları yapılır.

Etkilenebilirlik ve bileşenlerinin haritalarının oluşturulması

Seyhan Havzası’nda yapılan saha çalışmaları kapsamında, belirlenen ilçe ve onlara bağlı beldelerden rastgele seçilen çiftçilerle anket çalışması yapılarak elde edilen sonuçlar sayısal verilere dönüştürülür. Bununla birlikte, bu veri setleriyle hassasiyet ve adaptasyon kabiliyetine ait alt bileşenler oluşturularak TBA yöntemiyle, her ana bileşenin indeks değerlerine ulaşılır. Bu değerler, ArcGIS programında her meteorolojik istasyon için kaydedilir. Daha sonra, tarımsal etkilenebilirlik ve bileşenlerin indeks sonuçlarını entegre edebilmek için mekansal analiz yapılır. Bu kapsamda, enterpolasyon

yöntemleri içerisinde ölçülen noktalar arasındaki istatistiksel ilişkileri içeren ve istatistiksel modellere dayanan Kriging jeoistatistiksel yöntemi kullanılır. Kriging yöntemi; gözlem noktaları arasındaki yönün ve mesafenin yüzeydeki değişimini açıklamak için, çıktı değerini bir yarıçap içindeki tüm noktalara sığdırır. Kriging yöntemi bir takım aşamalardan oluşmaktadır (Oliver, 1990). Bu aşamalar; i. verilerin istatistiksel analizini, ii. variogram modellemeyi, iii. yüzeyi oluşturmayı ve bir varyans yüzeyini keşfetmeyi içermektedir. Bu araştırmada, Kriging yöntemleri içerisinde en yaygın olarak bilinen Ordinary Kriging yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, enterpolasyon alanının beklenen değerini bilinmeyen bir sabit olduğunu varsayar. Kriging yönteminin genel formülü:

$$\hat{Z}(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (3.23)$$

$Z(x_i)$: x_0 noktasının kestiriminde kullanılacak gözlemlerin değeri,

λ_i : i. konumda ölçülen değer için ağırlığı,

$\hat{Z}$: x_0 noktasında kestirim yapılan değeri,

n : Gözlem sayısını temsil etmektedir.

Her bir meteoroloji istasyonu ve HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modeli gride ait temel bileşenler analiz sonuçlarının, ArcGIS programında kriging enterpolasyon yöntemi kullanılarak, tarımsal etkilenebilirlik ve ana bileşenler haritaları elde edilir. Bileşenlere ait indeks sınıfları göz önüne alınarak (Balaganesha ve ark., 2020), Seyhan Havzası içerisindeki alt havzaların karşılaştırmaları yapılır (3.24).

$$\text{Yüksek} = \text{İndeks} > (\text{Ortalama} + 0,5 * (\text{Standart sapma})) \quad (3.24)$$

$$\text{Orta} = (\text{Ortalama} - 0,5 * (\text{Standart sapma})) < \text{İndeks} < \text{Ortalama} + 0,5 * (\text{Standart sapma}))$$

$$\text{Düşük} = \text{İndeks} < (\text{Ortalama} - 0,5 * (\text{Standart sapma}))$$



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Türkiye’de iklim değişikliğine bağlı farklı etkilenebilirlik çalışmaları yapılmıştır (Turhan ve ark., 2015; Fujihara ve ark., 2008; Kamber ve ark., 2019; Işınkaralar, 2023; Bilgin ve ark., 2023). Yapılan bu çalışmalar incelendiğinde, göçebe işçilerin ya da çiftçilerin etkilenebilirliğinin araştırıldığı görülmüştür. Bu çalışmada, Türkiye’nin sulama faaliyetlerinin yoğun olarak yapıldığı Seyhan Havzası’nda, meteorolojik kuraklığın etkisiyle oluşan kapsamlı bir tarımsal etkilenebilirlik araştırması yapılmıştır. Ayrıca, araştırma alanının karakteristik özelliklerini yansıtan alt bileşenler belirlenmiştir. Araştırmadan elde edilen bulgular alt başlıklar halinde izleyen bölümlerde verilmiştir.

4.1. Maruziyet Ana Bileşenine İlişkin Bulgular

4.1.1. Eksik Meteorolojik Verilerin Tamamlanması

İklim değişikliği etkilerini daha gerçekçi bir şekilde ortaya koyabilmek adına, Seyhan Havzası sınırları içerisinde ve sınıra yakın olan meteoroloji istasyonları belirlenmiş (Şekil 4.1); bu istasyonlara ilişkin veriler MGM’den temin edilmiştir. Temin edilen sıcaklık ve yağış verileri incelendiğinde, birçok istasyonun uzun süreli eksik veriye sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 4.1). Bunun neticesinde;

- i. Meteorolojik kuraklığın anlamlı bir şekilde tespit edilebilmesi,
- ii. Meteorolojik kuraklığın, maruziyet ana bileşenini oluşturan en önemli değişken olması,
- iii. Her bir istasyonun bulunduğu bölgeleri temsil eden etkilenebilirliğe ve ana bileşenlere ait indekslerin eşit koşullarda hesaplanabilmesi ve karşılaştırılabilmesi

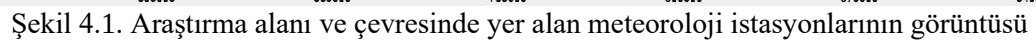
gibi etkenler göz önüne alınarak, 1990-2020 dönemine ait, ortalama aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık verilerine sahip, 20 farklı meteoroloji istasyonu belirlenmiştir (Şekil 4.2). Seçilen bu istasyonların veri dönemleri incelendiğinde, bir kısmı sıralı bir kısmı ise farklı dönemdeki ayların eksik verilere sahip oldukları tespit edilmiştir (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2). Bu eksik verilerin tamamlanabilmesi için öncelikle, 20 meteoroloji istasyonunun uzun dönem aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış verileri kullanılarak, aralarında korelasyon olup olmadığı SPSS programı yardımıyla test edilmiştir. Bunun neticesinde, negatif ya da pozitif ilişkiye sahip istasyonların yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak, Curve Expert programında dağılım grafikleri çizdirilmiş ve uygun regresyon denklemi oluşturularak eksik döneme ait veriler tamamlanmıştır.

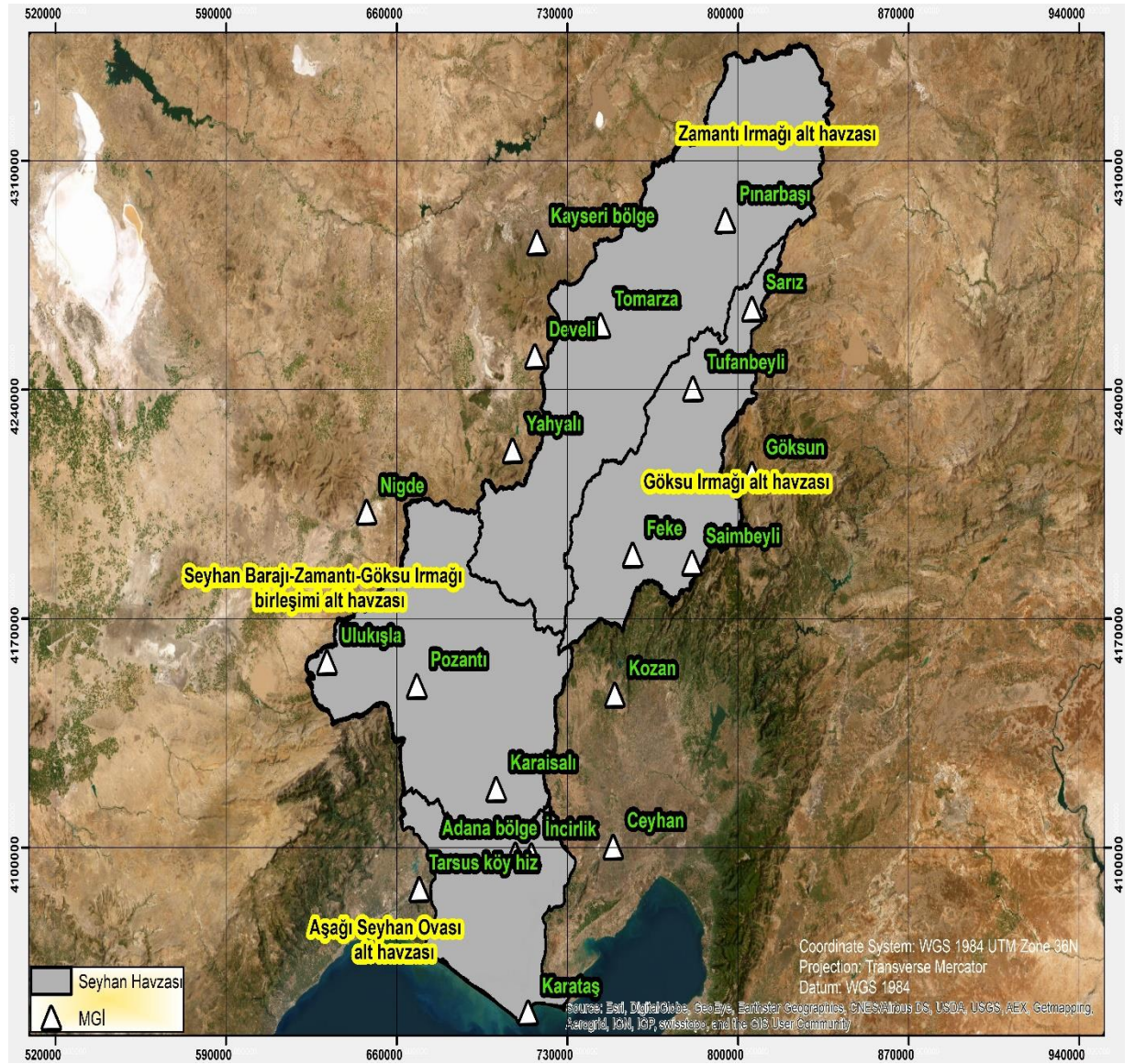
Çizelge 4.1. Meteoroloji istasyonlarının yağış parametresine ilişkin eksik ayların sayısı (1990-2020)

İstasyon Adı	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Adana Bölge	0	0	0	0	0	0	5	5	0	1	0	0
Ceyhan	0	0	0	0	0	1	9	10	3	0	0	1
Develi	0	0	0	0	0	0	7	6	2	0	0	0
Feke	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9
Göksun	0	0	0	0	0	1	3	3	3	0	0	1
İncirlik Meydan	8	8	8	8	8	9	10	10	9	9	8	9
Karaisali	0	0	0	0	0	5	2	1	0	0	0	1
Karataş	0	0	0	0	0	7	10	10	3	0	0	1
Kayseri Bölge	0	0	0	0	0	0	5	9	0	0	0	0
Kozan	0	0	0	0	0	0	2	5	2	0	0	0
Niğde	0	0	0	0	0	0	4	4	3	0	0	0
Pınarbaşı	8	8	8	8	9	9	9	10	9	9	9	9
Pozantı	8	8	9	10	10	10	10	10	9	8	8	8
Saimbeyli	9	9	9	9	9	8	8	10	9	8	8	8
Sarız	0	0	0	0	0	0	4	3	3	0	1	1
Tarsus Köy Hizm	9	8	8	8	8	10	10	10	8	9	8	9
Tomarza	0	0	0	0	0	0	1	3	2	0	0	0
Tufanbeyli	8	8	8	8	8	7	9	10	9	8	8	8
Ulukışla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yahyalı	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Çizelge 4.2. Meteoroloji istasyonlarının sıcaklık parametresine ilişkin eksik ayların sayısı (1990-2020)

İstasyon Adı	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Adana Bölge	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceyhan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Develi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Feke	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Göksun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İncirlik Meydan	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karaisali	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Karataş	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kayseri Bölge	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kozan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Niğde	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pınarbaşı	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pozantı	7	8	8	9	10	10	10	10	8	8	8	8
Saimbeyli	9	10	10	10	10	9	9	10	10	9	9	9
Sarız	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tarsus Köy Hizm	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Tomarza	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tufanbeyli	7	9	9	9	9	8	8	9	9	8	8	8
Ulukışla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yahyah	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10





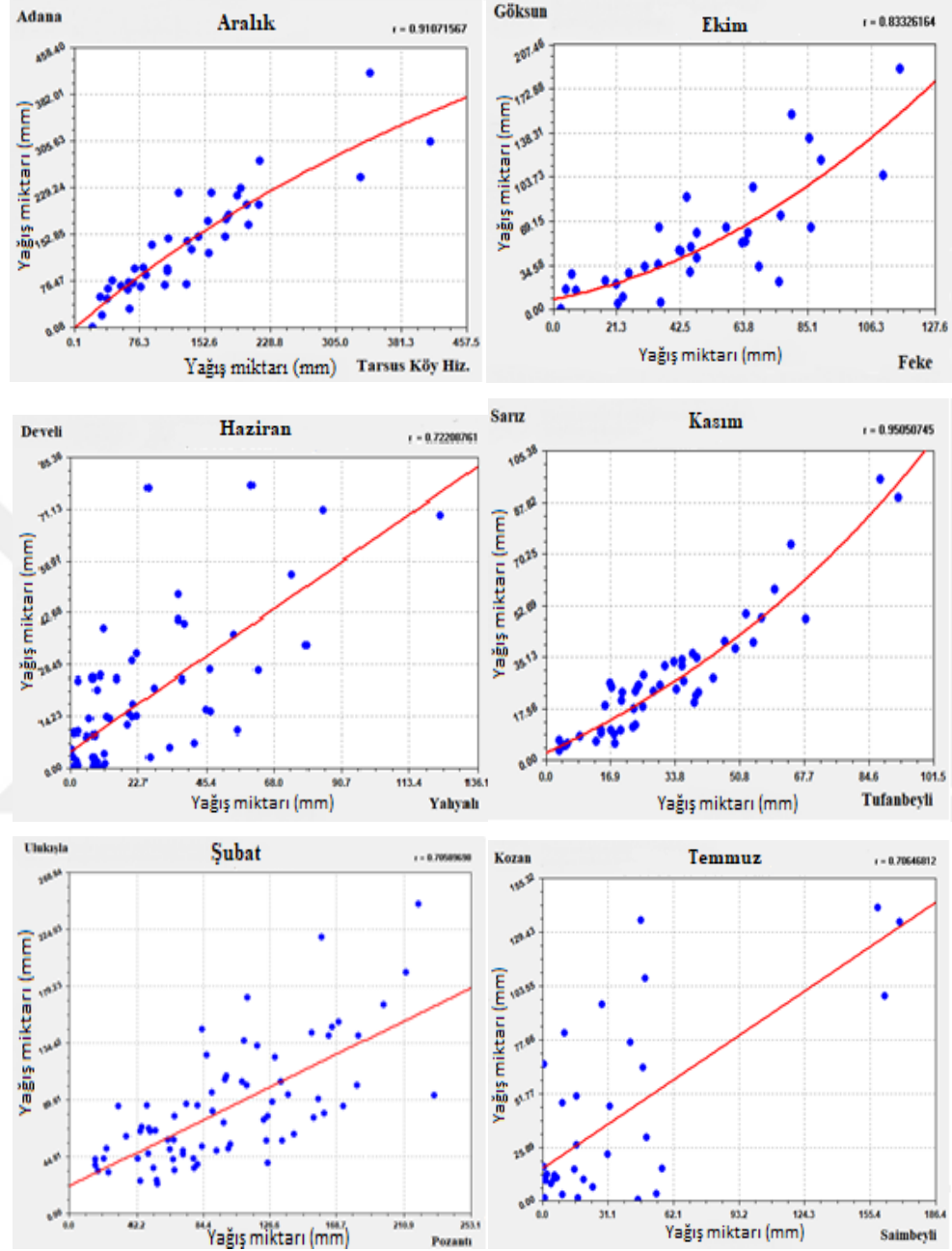
Meteoroloji istasyonlarının ikili korelasyon katsayıları incelendiğinde, en yüksek ilişki Feke-Kozan istasyonları arasında elde edilirken, Pozantı-Ulukışla istasyonlarının en düşük ilişkiye sahip olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Meteoroloji istasyonlarının yağış parametresine ilişkin korelasyon değerleri

Meteoroloji İstasyonları	Korelasyon katsayısı
Adana Bölge-İncirlik Meydan	0,806**
Adana Bölge-Tarsus K.H.	0,823**
İncirlik Meydan-Tarsus K.H.	0,780**
Pozantı-Ulukışla	0,384*
Feke-Kozan	0,887**
Feke-Saimbeyli	0,832**
Feke-Tufanbeyli	0,865**
Feke-Göksun	0,724**
Kozan-Saimbeyli	0,718**
Saimbeyli-Tufanbeyli	0,845**
Saimbeyli-Göksun	0,752**
Tufanbeyli-Göksun	0,771**
Tufanbeyli-Sarız	0,838**
Tufanbeyli-Tomarza	0,744**
Develi-Yahyalı	0,698**
Sarız-Pınarbaşı	0,678**

(**): Korelasyon 0,01 düzeyinde anlamlıdır. (*): Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır. (Spearman korelasyon katsayısı)

Aralarında ilişki olan istasyonların uzun dönem aylık sıcaklık ve yağış değerleri kullanılarak en uygun regresyon modelleri elde edilmiştir. Elde edilen her bir modelin matematiksel formu kullanılarak, excel ortamında eksik aylık yağışlar tamamlanmıştır. Eksik verilerin tamamlanması sürecinde, meteoroloji istasyonlarının yağış değerleri bir zaman serisi halinde düzenlenmiş, Curve Expert programı kullanılarak en uygun regresyon denklemleri elde edilmiştir. Seyhan Havzası'nı oluşturan her bir alt havzanın sınırları içerisinde bulunan meteoroloji istasyonlarından, alt havzaları ve mevsimleri temsilen, aylık toplam yağış verileri kullanılarak elde edilen regresyon modellerinin grafikleri Şekil 4.3'te verilmiştir. Ortalamanın üzerindeki yağışlı mevsimler değerlendirildiğinde, en düşük sayı yaz sezonu ile Karataş istasyonunda bulunurken, aynı mevsimle Saimbeyli ve Feke istasyonları en yüksek değerlere ulaşmıştır.



Şekil 4.3. Aylık toplam yağış değerleri kullanılarak elde edilen regresyon modelleri

Araştırma alanında yapılan çalışmalar içerisinde, 55 meteoroloji istasyonunun yıllık maksimum yağış serileri kullanılarak, farklı uygunluk testleriyle en uygun gumbel ve log-person3 dağılım modeli elde edilmiştir (Topaloğlu, 2002). Keskiner ve ark. (2019) ise, Seyhan havzasında yaptıkları bir kuraklık çalışmasında, 3 ve 12 aylık SYİ değerlerinin hesaplanabilmesi için uygun regresyon denklemleri kullanılarak eksik olan dönemler tamamlanmıştır.

Bu çalışmada ise, aylık toplam yağış verileri kullanılarak kış ayları için en uygun Lineer (doğrusal) Regresyon Modeli (LRM) bulunurken, bahar ve güz mevsimlerinde ise Üssel Regresyon Modeli (ÜRM) elde edilmiştir. Yaz aylarında ise, havzanın farklı bölgeleri ve farklı zaman sürecinde çeşitli yağış olaylarının gerçekleşmiş olması, verilerin dağılımını doğrudan etkilemiş, uygun regresyon modellerinin bulunmasını güçleştirmiştir (Kantil, Lojistik ve Polinomsal). Bu nedenle, kış ve bahar aylarına ait eksik veriler, o ayın uzun yıllık yağış değerleri kullanılarak elde edilmiştir (Şekil 4.3). Örneğin, ASO alt havzasında yer alan, Adana-Tarsus Köy Hizmetleri istasyonlarının uzun dönem aralık ayı yağış verileri ile bir ÜRM elde edilirken, Göksu Irmağı alt havzası sınırları içerisinde bulunan Göksun-Feke istasyonlarının güz aylarına ait uzun dönem yağış verileriyle, artan bir ÜRM bulunmuştur. Diğer taraftan, Zamantı alt havzasını temsilen Develi-Yahyalı istasyonlarının uzun yıllık yaz ayları yağış verileri ile SZGBY alt havzasında yer alan Ulukışla-Pozantı istasyonlarının uzun yıllık Şubat-Mart ayları yağış verileri için en uygun model LRM olarak belirlenmiştir.

Sıcaklık değerleri için de, aralarında anlamlı bir ilişkiye sahip istasyonların korelasyon değerleri Çizelge 4.4’te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Meteoroloji istasyonlarının sıcaklık parametresine ilişkin korelasyon değerleri

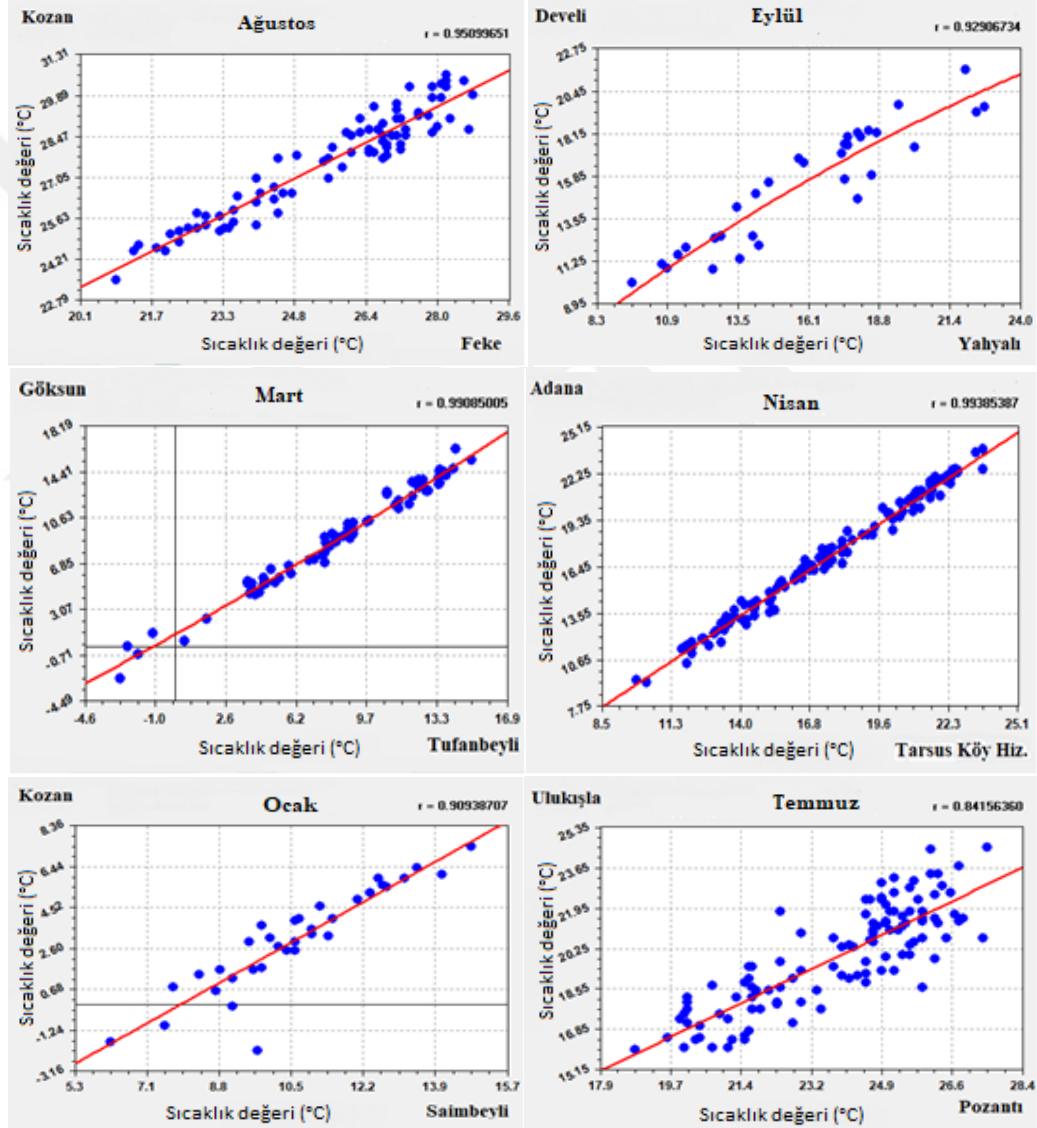
Meteoroloji İstasyonları	Korelasyon katsayısı
Adana Bölge-Tarsus K.H.	0,696**
Pozantı-Ulukışla	0,761**
Feke-Kozan	0,627**
Kozan-Saimbeyli	0,890**
Tufanbeyli-Göksun	0,791**
Develi-Yahyalı	0,773**

(**): Korelasyon 0,01 düzeyinde anlamlıdır. (*): Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır. (Pearson korelasyon katsayısı)

Meteoroloji istasyonlarının korelasyon katsayıları incelendiğinde, Saimbeyli-Kozan arasında yüksek bir ilişki görülürken, en düşük ilişki Feke-Kozan arasında bulunmuştur. Curve Expert programı kullanılarak, eksik her ay için (aylık ortalama sıcaklık) farklı regresyon modelleri bulunmuş; elde edilen her bir modelin matematiksel formülü kullanılarak, excel ortamında eksik veriler tamamlanmıştır. Araştırma alanındaki alt havzaları ve mevsimleri temsilen, aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak regresyon modelleri elde edilmiş ve grafikleri Şekil 4.4’de gösterilmiştir.

Elde edilen dağılım grafikleri incelendiğinde, genel itibarıyla yılın çoğu ayları için, LRM belirlenirken, bazı güz aylarında ÜRM göze çarpmaktadır (Şekil 4.4). Aynı alt havzada yer alan istasyonların sıcaklık değerlerinden doğrusal olmayan dağılımların elde edilmesinde, ölçüm hataları ve farklı deniz yüksekliklerinin etkili olduğunu söyleyebiliriz.

Sıcaklık değerlerinin dağılımları göz önüne alındığında, Aşağı Seyhan Ovası alt havzasında yer alan Adana-Tarsus Köy Hizmetleri istasyonlarının uzun yıllık bahar dönemine ait ortalama sıcaklık değerlerini LRM temsil etmektedir. Benzer bir şekilde, GI alt havzası sınırları içerisinde bulunan Göksun-Tufanbeyli ve Kozan-Feke istasyonları ile SZGBY alt havzasında yer alan Ulukışla-Pozantı istasyonlarının, farklı ay ve mevsimlerine ait sıcaklık değerleriyle elde edilmiştir. ZI alt havzasını temsilen, Develi-Yahyalı istasyonlarının uzun yıllık güz ayları sıcaklık verileri için ise azalan ÜRM elde edilmiştir.



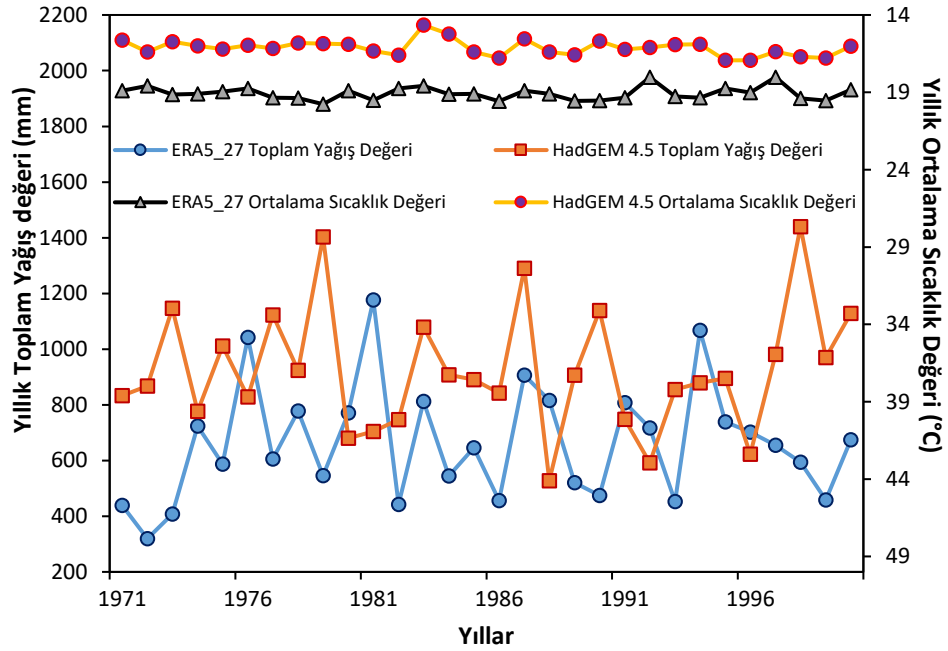
Şekil 4.4. Aylık ortalama sıcaklık değerleri kullanılarak elde edilen bazı regresyon modelleri

4.1.2. İklim Projeksiyon Verilerinin Düzenlenmesi

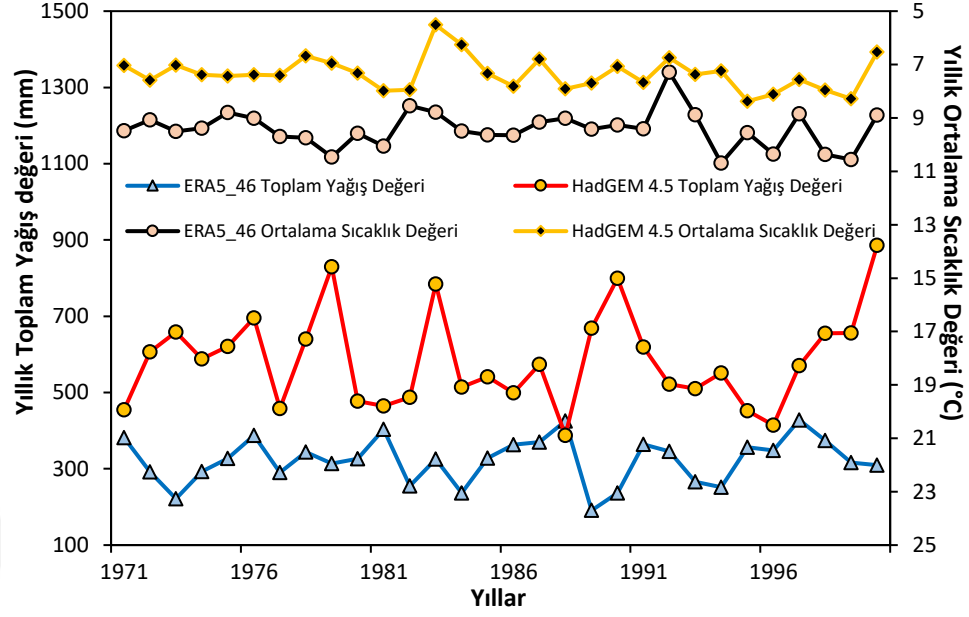
Seyhan Havzası'nın gelecekteki maruziyet bileşenini tahmin edilebilmek için, gerekli olan meteorolojik veriler, HadGEM2-ES küresel dolaşım modeli ile RegCM4.3 bölgesel iklim model

çıktılarından sağlanmıştır. Araştırma alanını oluşturan her bir alt havzayı temsil edecek şekilde, birer istasyon ve buna en yakın HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin gride ait, sıcaklık-yağış grafikleri elde edilmiştir (Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8).

ASO alt havzasında yer alan Adana Bölge meteoroloji istasyonuna en yakın olan, ERA5 projeksiyonu ERA5_27 nolu çıktısı ile HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin 1145 nolu gridin model çıktısına ait sıcaklık-yağış değerleri incelendiğinde, yıllık yağış değerleri bakımından bazı yıllar hariç (Örn; 1976, 1980, 1981) 30 yıllık dönemin çoğunluğunda, modelin yağış verilerini yüksek tahmin ettiği anlaşılmaktadır. Bunun aksine, model tüm yıllarda sıcaklık değerlerinin, ERA5 projeksiyon değerlerinden daha düşük olduğu görülmüştür (Şekil 4.5). SZGBY alt havzasında bulunan Ulukışla istasyonu için benzer bir şekilde, HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin yağış verilerini yüksek, sıcaklık verilerini ise düşük tahmin ettiği görülmektedir (Şekil 4.6).

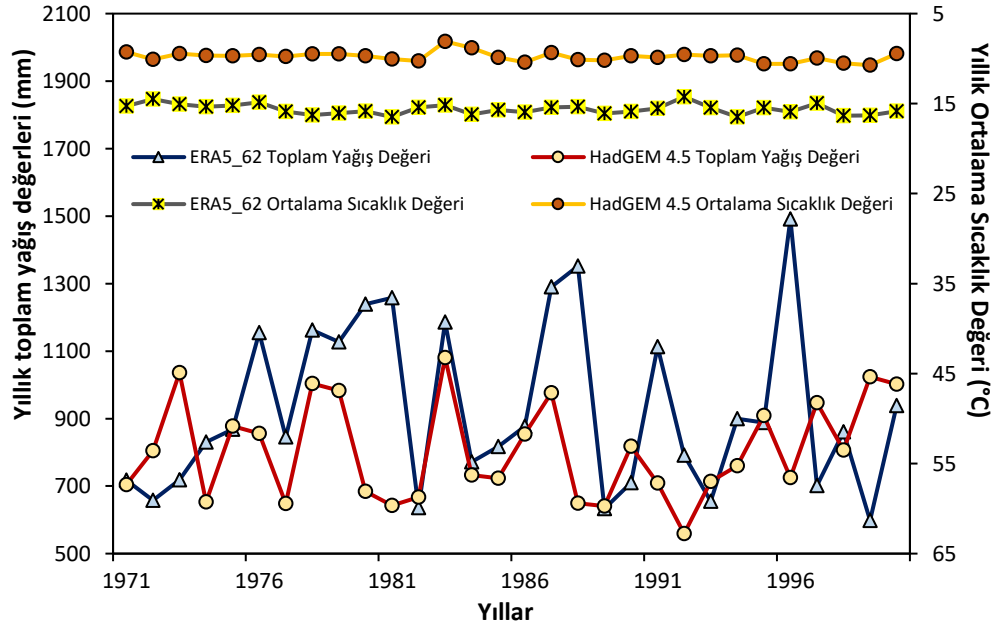


Şekil 4.5. ERA5 projeksiyonunun ERA5_27 nolu çıktısı ile HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin 1145 nolu gride (Adana Bölge) ait 30 yıllık (1971-2000) sıcaklık-yağış grafiği



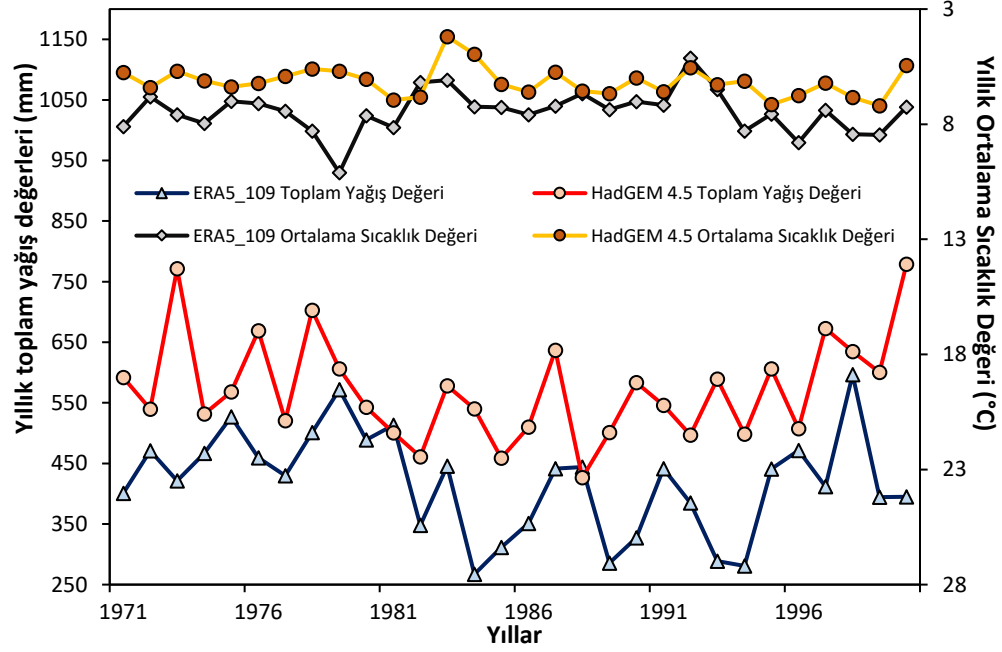
Şekil 4.6. ERA5 projeksiyonunun ERA5_46 nolu çıktısı ile HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin 1441 nolu gride (Ulukışla) ait 30 yıllık (1971-2000) sıcaklık-yağış grafiği

GI alt havzasında yer alan Fekete meteoroloji istasyonu için, ERA5_62 nolu projeksiyon çıktısı ile modelin 1647 nolu gride ait veriler incelendiğinde, diğer alt havzalardaki gridlerin aksine model, yağış verilerini ERA5 projeksiyon verilerine göre daha düşük tahmin etmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. ERA5 projeksiyonunun ERA5_62 nolu çıktısı ile HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin 1647 nolu gride (Fekete) ait 30 yıllık (1971-2000) sıcaklık-yağış grafiği

SZGBY alt havzası ele alındığında ise, model yağış verilerinin neredeyse tamamını yüksek tahmin ederken, sıcaklık verileri için yine gözlenen verilerinin altında bir tahminde bulunmuştur (Şekil 4.7). Benzer bir durum, ZI alt havzasında yer alan Pınarbaşı meteoroloji istasyonu için kullanılan, ERA_109 nolu projeksiyon verileri ile modelin 2149 nolu gride ait veriler arasında da görülmektedir (Şekil 4.8).



Şekil 4. 8. ERA5 projeksiyonunun ERA5_109 nolu çıktısı ile HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin 2149 nolu gride (Pınarbaşı) ait 30 yıllık (1971-2000) sıcaklık-yağış grafiği

Alt havzaları temsilen seçilen meteoroloji istasyonlarına ve buna karşılık gelen HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin gride ait sıcaklık ve yağış grafikleriyle, model verilerinin yanlılığı giderilmiştir. Ortalama değer yaklaşımı (Mean Value Bias Correction) yöntemiyle, HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin gridlerine ait yağış ve sıcaklık verilerinin yanlılıkları düzeltilmiş ve Çizelge 4.5’de gösterilmiştir. Bu süreçte, her bir gridin her bir ayı için düzeltme katsayıları bulunmuş ve bu katsayılar kullanılarak, gelecek dönem sıcaklık ve yağış verileri düzenlenmiştir. ERA5 projeksiyonunun her bir gride ait 30 yıllık (1971-2000) referans sıcaklık ve yağış değerleri ile buna karşılık gelen HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin gridlere ait 78 yıllık (2021-2098) yağış ve sıcaklık değerleri kullanılarak, modelin gözlem verileriyle arasındaki, yağış (%) ve sıcaklık (°C) farkları elde edilmiştir (Çizelge 4.5). Elde edilen sonuçların ve Çizelge 3.8’in rehberliğinde; Adana Bölge, Tarsus Köy Hizmetleri ve İncirlik Meydan meteoroloji istasyonlarının temsil ettiği bölgelerde, gelecek dönemler için yağış miktarlarında %0,01 ile %0,4 arasında bir artış görülürken, diğer tüm istasyonların bulunduğu bölgelerde, yüzde (-0,2) ile (-1,1) arasında bir azalma görülmüştür. Seyhan

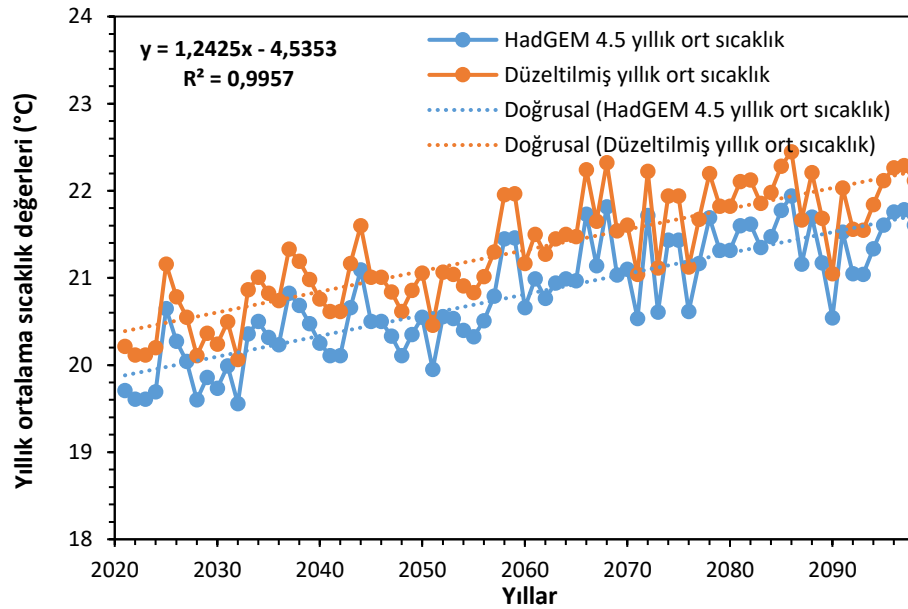
havzasının gelecek dönem uzun yıllık toplam yağış verilerinin ortalamaları dikkate alındığında, önceki yapılan çalışmalardan farklı olarak (Kamber ve ark., 2010; Kanber ve ark., 2019), yağış miktarındaki değişim daha düşük tahmin edilmiştir. Bu sonuçlar, Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğünün “İklim Değişikliğinin Kar Erimelerine ve Akımlarına Etkisinin Belirlenmesi Projesi” ve “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi” çalışmalarındaki sonuçlarla örtüşmektedir (TOBSYGM, 2019; TOBSYGM, 2016). Tahmin edilen sonuçların değişken olmasında en önemli etmenlerin; çalışmalarda kullanılan farklı iklim projeksiyon modelleri, tahmin senaryoları ve farklı uzunluktaki model çıktıları olduğunu söyleyebiliriz. Referans veriler ile modelin ortalama sıcaklık değerleri incelendiğinde ise, tüm istasyonların konumlandığı bölgelerin sıcaklık değerlerinde, 2,4°C ile 2,9°C arasında bir artışın olacağı sonucuna varılmıştır. Tahmin edilen bu değişim aralığı, araştırma alanında daha önceden yapılan bir çok araştırma sonuçlarıyla (Kapur ve ark., 2019; Kanber ve ark., 2010; Kanber ve ark., 2019); Işınkaralar, 2023; Estrela-Segrelles ve ark., 2023; TOBSYGM, 2016; TOBSYGM, 2019) benzerlik taşımaktadır.

Çizelge 4.5. ERA5 projeksiyonunun yağış ve sıcaklık referans değerleri ile HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin gride ait yağış yüzdeleri ve sıcaklık farkları

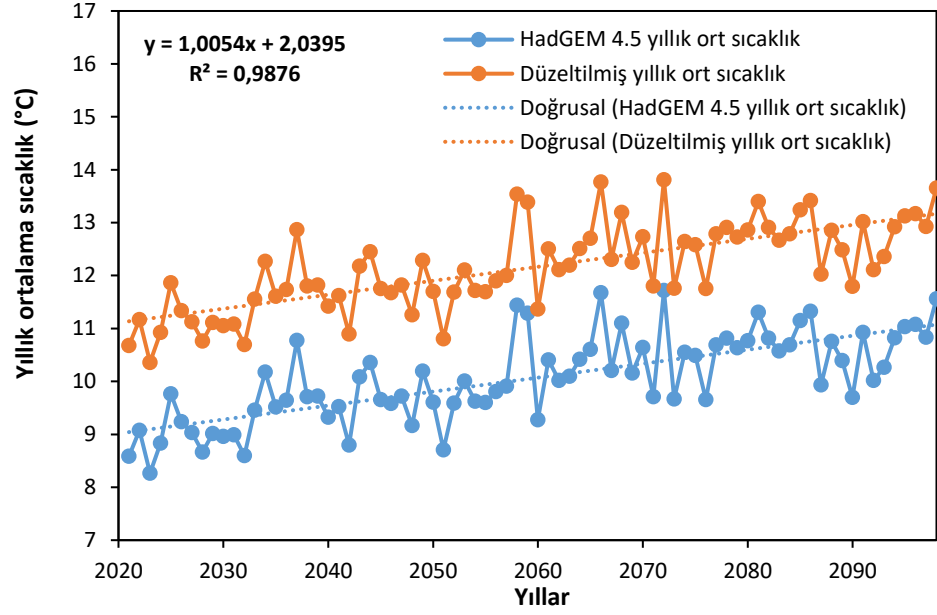
ERA5 Grid Kodları	HadGEM Grid Kodları	Yağış Projeksiyonu			Sıcaklık Projeksiyonu		
		1971-2000 Referans Yağış (mm)	2021-2098 RCP 4.5 Yağış (mm)	Yağış Oranı	1971-2000 Referans Sıcaklık (°C)	2021-2098 RCP 4.5 Sıcaklık (°C)	Sıcaklık Farkı
ERA5_27	1145	662,6	662,7	0,01	19,1	21,6	2,5
ERA5_26	1144	607,7	609,5	0,3	18,2	20,8	2,6
ERA5_16	1045	778,9	771,9	0,9	18,9	21,3	2,4
ERA5_46	1441	322,5	321,9	0,2	9,4	12,1	2,7
ERA5_48	1444	711,9	706,2	0,8	13,5	16,4	2,9
ERA5_37	1344	900,2	897,5	0,3	18,3	21,0	2,7
ERA5_62	1647	926,3	916,1	1,1	15,6	18,3	2,7
ERA5_63	1648	883,0	876,8	0,7	12,6	15,2	2,6
ERA5_87	1949	612,3	608,6	0,6	8,6	11,5	2,9
ERA5_86	1949	572,2	568,8	0,6	10,0	12,9	2,9
ERA5_83	1846	365,3	364,2	0,3	10,5	13,3	2,8
ERA5_71	1745	472,4	470,0	0,5	10,3	13,0	2,7
ERA5_98	2049	532,6	528,9	0,7	7,1	9,9	2,8
ERA5_95	2046	395,1	393,5	0,4	7,8	10,6	2,8
ERA5_109	2149	419,3	417,2	0,5	7,5	10,3	2,8
ERA5_28	1246	628,3	630,8	0,4	18,9	21,4	2,5
ERA5_59	1543	322,4	321,8	0,2	10,7	13,5	2,8

ERA5 projeksiyonu referans değerleri ve HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim model çıktı sonuçları kullanılarak, her bir gridin her bir ayı için düzeltme katsayıları hesaplanmış, gelecek dönem düzeltilmiş sıcaklık ve yağış verileri elde edilmiştir. Seyhan havzasının her bir alt havzasında yer alan

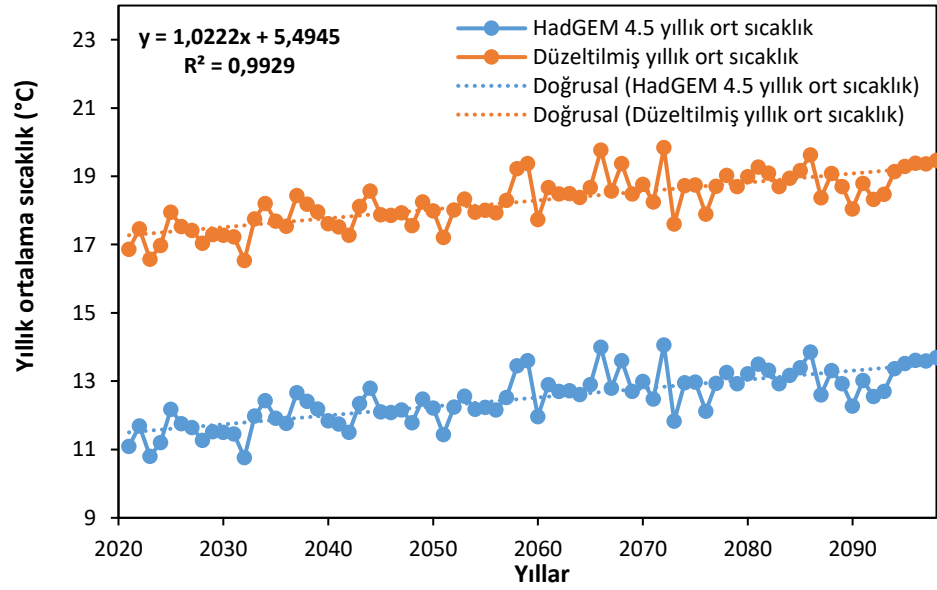
ve birer meteoroloji istasyonuna karşılık gelen, HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin gride ait, yanlı ve düzeltilmiş yağış-sıcaklık değerleri grafiklerde gösterilmiştir. Buna göre; HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin, tüm alt havzaların sıcaklık verilerini düşük tahmin ettiği, ayrıca gelecek dönemler için düzeltilmiş sıcaklık verilerinin artış gösterdiği sonucuna varılmıştır (Şekil 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12). Alt havzaları temsilen, modelin seçilen gridlere ait sıcaklık değerlerindeki değişimler karşılaştırıldığında, Aşağı Seyhan Ovası alt havzasında ortalama 3°C, Seyhan Barajı-Zamantı Göksu Birleşim Yeri alt havzasında 2°C, Zamantı alt havzasında 1,5°C ve Göksu Irmağı alt havzasında yaklaşık 6°C’lik bir artış olacağı hesaplanmıştır. Alt havzalar arasındaki bu farklılıklar, modelin sıcaklık parametresi bakımından, Zamantı Irmağı alt havzasında modelin en iyi sonuçlar verdiğini, ancak Göksu Irmağı alt havzasında daha yanlı veriler ürettiğini göstermektedir (Şekil 4.9). Şekil 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12 ‘de verilen denklemlerdeki x değişkeni HadGEM 4.5 yıllık ort sıcaklığını, y değişkeni ise Düzeltilmiş yıllık ort sıcaklığını ifade etmektedir.



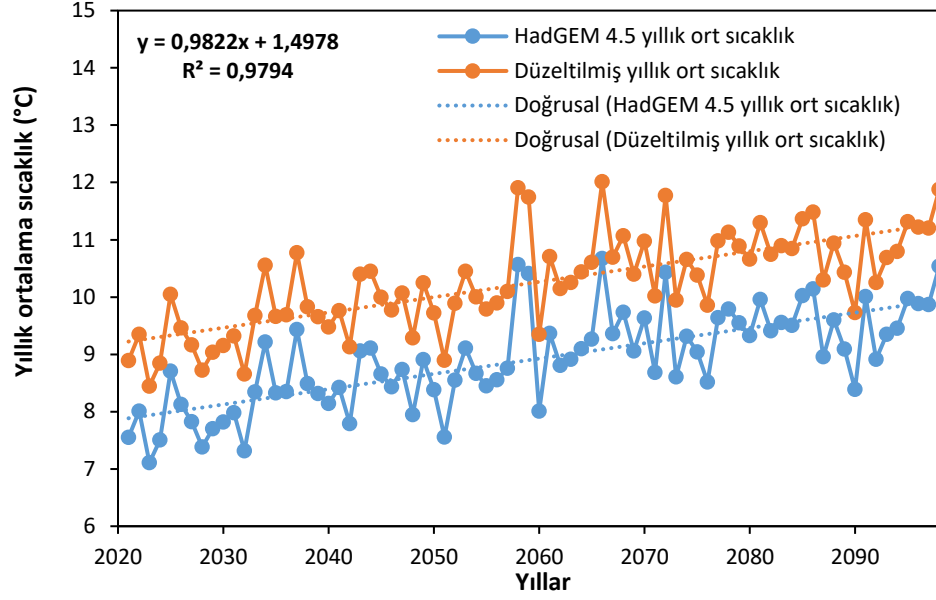
Şekil 4.9. HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin 1045 nolu gride ait (Adana Bölge) 78 yıllık (2021-2098) ortalama sıcaklık değerleri



Şekil 4.10. HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin 1441 nolu gride ait (Ulukışla) 78 yıllık (2021-2098) ortalama sıcaklık değerleri

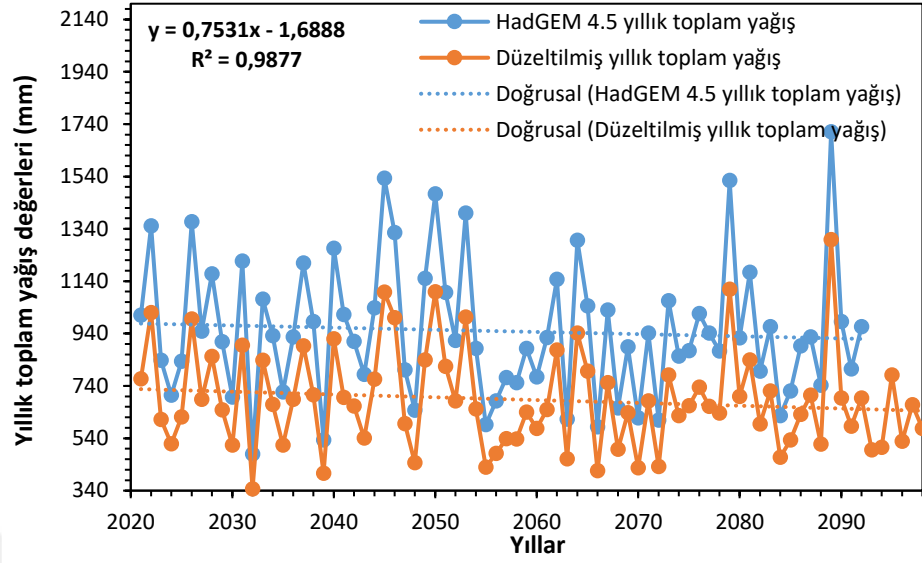


Şekil 4.11. HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin 1647 nolu gride (Feke) ait 78 yıllık (2021-2098) ortalama sıcaklık değerleri

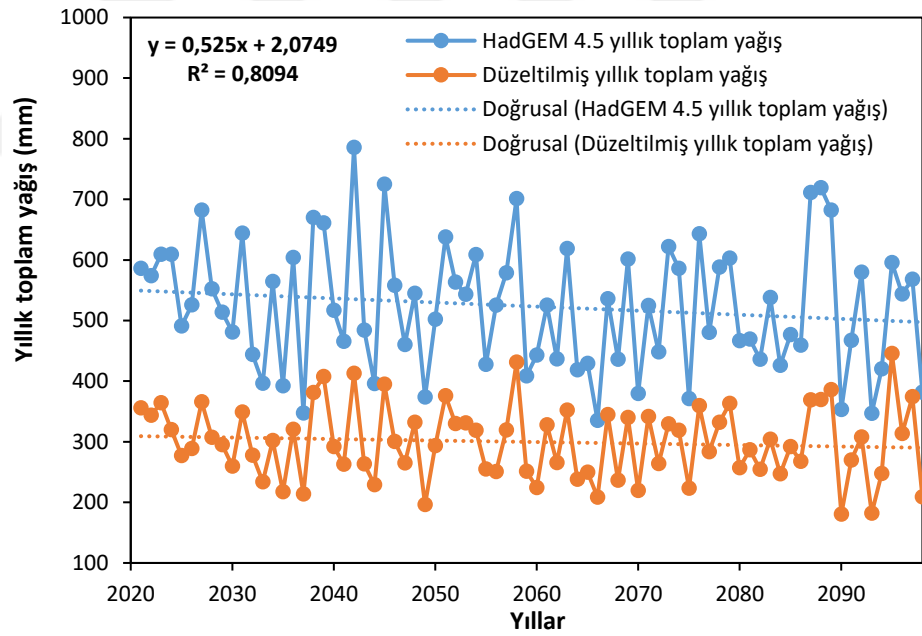


Şekil 4.12. HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin 2149 nolu gride (Pınarbaşı) ait 78 yıllık (2021-2098) ortalama sıcaklık değerleri

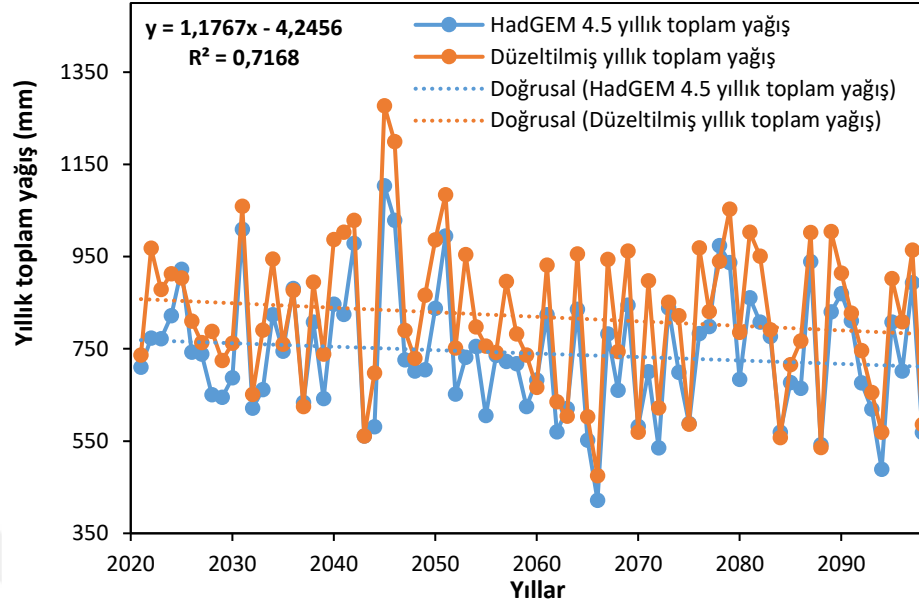
Modelin yağış tahminindeki performansı değerlendirildiğinde; HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin, seçilen gride ait yağış değerlerini, Göksu Irmağı alt havzası hariç tüm alt havzalarda yüksek tahmin ettiği söylenebilir. Ayrıca, tüm gridler için yağış verilerinde, azalan bir eğilim görülmektedir (Şekil 4.13, Şekil 4.14, Şekil 4.15, Şekil 4.16). Modelin seçilen gridlere ait düzeltilmiş yağış değerleri göz önüne alındığında; Aşağı Seyhan Ovası alt havzasını temsil eden (1045 nolu grid) yağış verilerinin, bazı yıllar (Örn; 2031, 2046, 2083 ve 2089) hariç, 400-900 mm arasında değişen değerler aldığı dikkati çekmektedir (Şekil 4.13). Ancak; Seyhan Barajı-Zamantı Göksu Birleşim Yeri alt havzasındaki 1441 nolu gride ait yağış değerleri, 180-445mm aralığında tahmin edilmiştir (Şekil 4.14). Diğer taraftan, Göksu Irmağı alt havzasındaki 1647 nolu grid için, model tahmini en düşük 475mm'yi gösterirken (Şekil 4.15), Zamantı Irmağı alt havzasında bu değer en yüksek 543mm olarak elde edilmiştir (Şekil 4.16). Sonuç olarak, model hatalarını içeren çıktı verileri ile modelin düzeltilmiş verileri karşılaştırıldığında, HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin sıcaklık değerlerinin tahmininde genel olarak başarılı olduğu görülürken, yağış değerlerinde bazı gelecek dönemler için, sapmalar gösterdiği sonucuna varılmıştır. Şekil 4.13, Şekil 4.14, Şekil 4.15, Şekil 4.16 'de verilen denklemlerdeki x değişkeni HadGEM 4.5 yıllık toplam yağışı, y değişkeni ise Düzeltilmiş yıllık toplam yağışı ifade etmektedir.



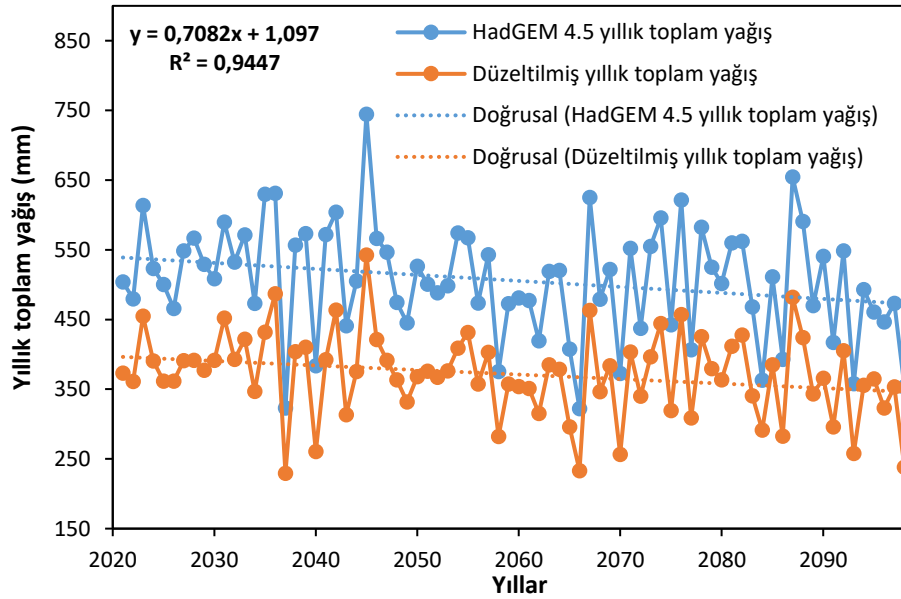
Şekil 4.13. HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin 1045 nolu gride (Adana Bölge) ait 78 yıllık (2021-2098) toplam yağış değerleri



Şekil 4.14. HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin 1441 nolu gride (Ulukışla) ait 78 yıllık (2021-2098) toplam yağış değerleri



Şekil 4.15. HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin 1647 nolu gride (Feke) ait 78 yıllık (2021-2098) toplam yağış değerleri

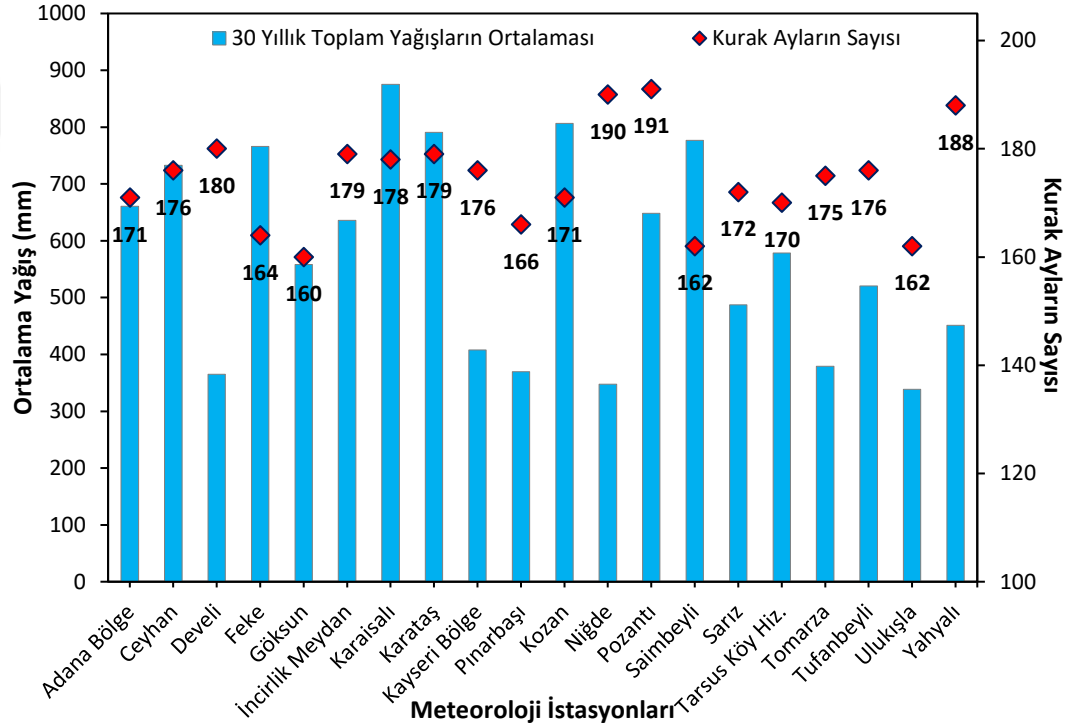


Şekil 4.16. HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin 2149 nolu gride (Pınarbaşı) ait 78 yıllık (2021-2098) toplam yağış değerleri

4.1.3. Uzun Yıllık Yağış Ortalamaları ve Kurak Ayları Sayısının Elde Edilmesi

Araştırmada kullanılan meteoroloji istasyonlarının eksik aylarına ait sıcaklık ve yağış değerleri tamamlanmış; bu istasyonlara karşılık gelen HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modeli çıktı verilerinin yanlılığı giderilmiştir. Elde edilen bu meteorolojik veriler kullanılarak, SYİ yöntemiyle her bir meteoroloji istasyonu ve grid için, 6 aylık kurak ayların sayısı hesaplanmıştır (Denklem 3.5).

Araştırmada yer alan meteoroloji istasyonlarının 30 yıllık toplam yağış ortalamaları ve buna karşılık gelen kurak ayların sayısı incelendiğinde, Karaisalı istasyonu en yüksek yağış ortalamasına sahipken, Pozantı istasyonunun en çok kurak aya sahip olduğu görülmüştür. Fakat, Karaisalı ve Pozantı yörelerinde yer aldığı akdenizin doğu kesiminde yürütülen bir kuraklık çalışmasında, farklı sonuçlar elde edilmiştir (Sağlamoğlu, 2016). Bunun nedeni; kuraklık süresi ve kullanılan veri periyodundan kaynaklanmaktadır. Diğer taraftan, en düşük yağış ortalaması ve kurak ayların sayısının ise sırayla, Ulukışla ve Göksun istasyonlarına ait olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.17).

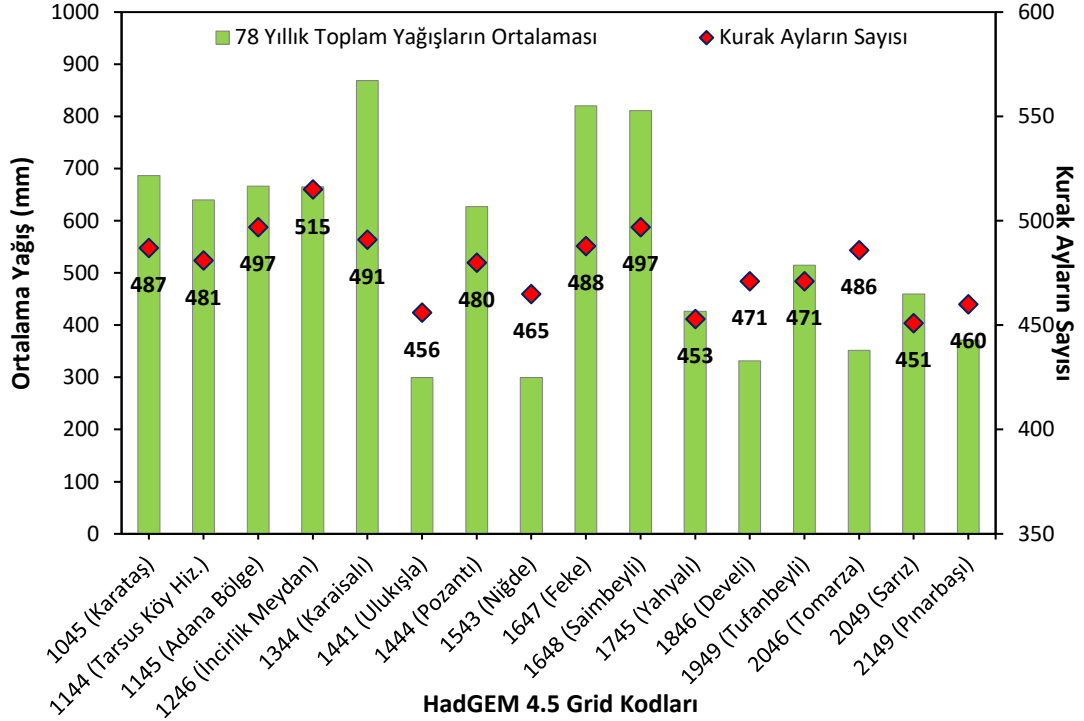


Şekil 4.17. Kullanılan meteoroloji istasyonlarının 30 yıllık (1990-2020) toplam yağış değerleri ortalaması ve kurak ayları sayısı

Meteorolojik kuraklığın temel nedeninin yağış eksikliğinden kaynaklı olduğu bilinmektedir. Ancak, istasyonların uzun yıllık ortalama yağış miktarı ile kurak ayların sayısı göz önüne alındığında; yüksek sayıdaki kurak ayların, sadece düşük ortalama yağışa sahip istasyonlarda olmadığı (Örneğin, Karaisalı ve Karataş), düşük sayıda olan kurak ayların da, yalnızca yüksek ortalama yağışa sahip istasyonlarda meydana geldiği görülmüştür (Örneğin, Ulukışla ve Pınarbaşı). Bu örneklerle, kuraklığın bir tek yağış miktarına bağlı olmadığı, farklı faktörlerin de kuraklık üzerinde etkili olduğu sonucuna varılmaktadır.

HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin farklı gridlere ait 78 yıllık toplam yağış ortalamaları ve kurak ayları değerlendirildiğinde ise, İncirlik Meydan istasyonunu temsil eden 1246 nolu

grid en yüksek kurak ay sayısına ulaşırken, en düşük sayının Sarız istasyonu mevkiinde yer alan 2049 nolu gride ait olduğu görülmüştür (Şekil 4.18). Bu sonuçlar, istasyonların bulunduğu mevkinin toplam yağış ortalamalarının altında ve üzerinde olduklarının bir göstergesidir.



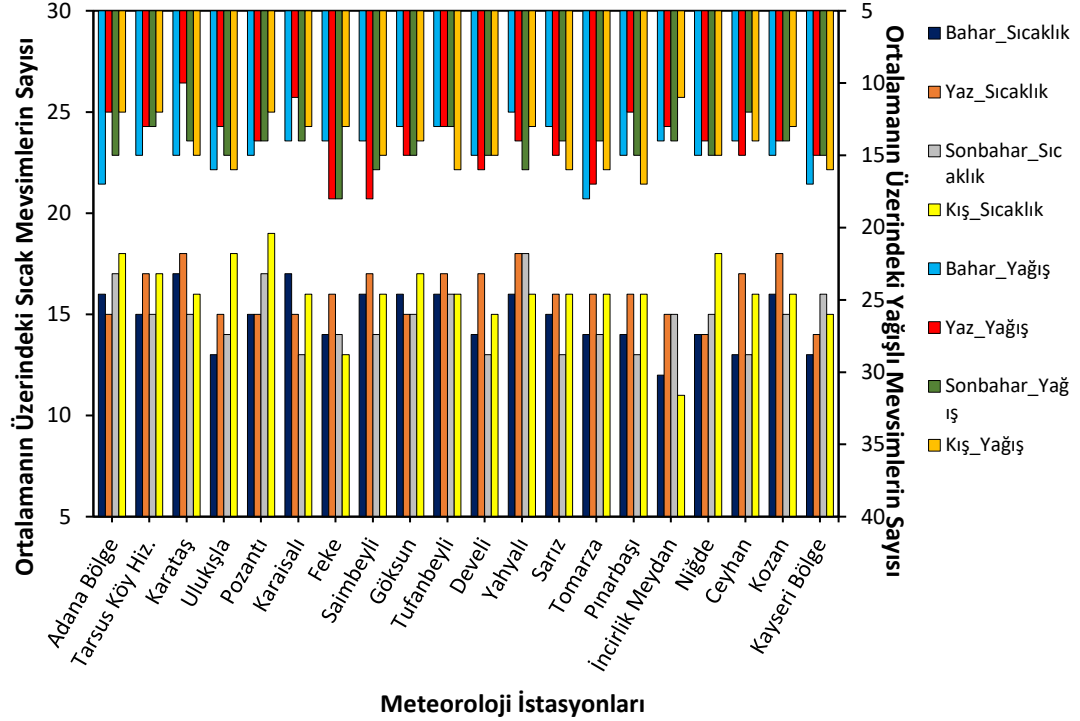
Şekil 4.18. Meteoroloji istasyonlarına en yakın HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modeli gridin 78 yıllık toplam yağış değerleri ortalaması ve kurak ayları sayısı

Uzun dönem yağış ortalamaları göz önüne alındığında ise; en yüksek yağış değeri 1344 nolu gride ait olup Karaisalı istasyonunun bulunduğu bölgede görülürken, Niğde ve Ulukışla istasyonlarını temsilen sırasıyla, 1441 ve 1543 nolu gridlerin en düşük değerlere sahip olacağı tahmin edilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, önceki yapılan çalışmaların bulgularına benzer sonuçların elde edildiği görülmektedir (Isınkaralar ve ark., 2024; Fujihara ve ark., 2008). ASO alt havzasının güneydoğu bölgesi ile SZGBY alt havzasının güneybatı kesimleri, en fazla kurak ayları sayısına sahipken, GI alt havzasının doğu bölgesi için en düşük sayı elde edilmiştir. Bununla birlikte, gelecek dönem verilerinden elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında, ASO alt havzasının orta kesimi en yüksek, GI alt havzasının Sarız ilçesi mevkiinin ise en düşük kurak ay sayısına sahip olduğu tahmin edilmiştir.

4.1.4. Yağış ve Sıcaklıktaki Değişimin Belirlenmesi

Etkilenebilirlik çalışmasının maruziyet bileşenlerinden bir kısmını, iklim değişikliğini oluşturmuştur. Bu kapsamda, her bir meteoroloji istasyonunun uzun dönem yağış ve sıcaklık verileri

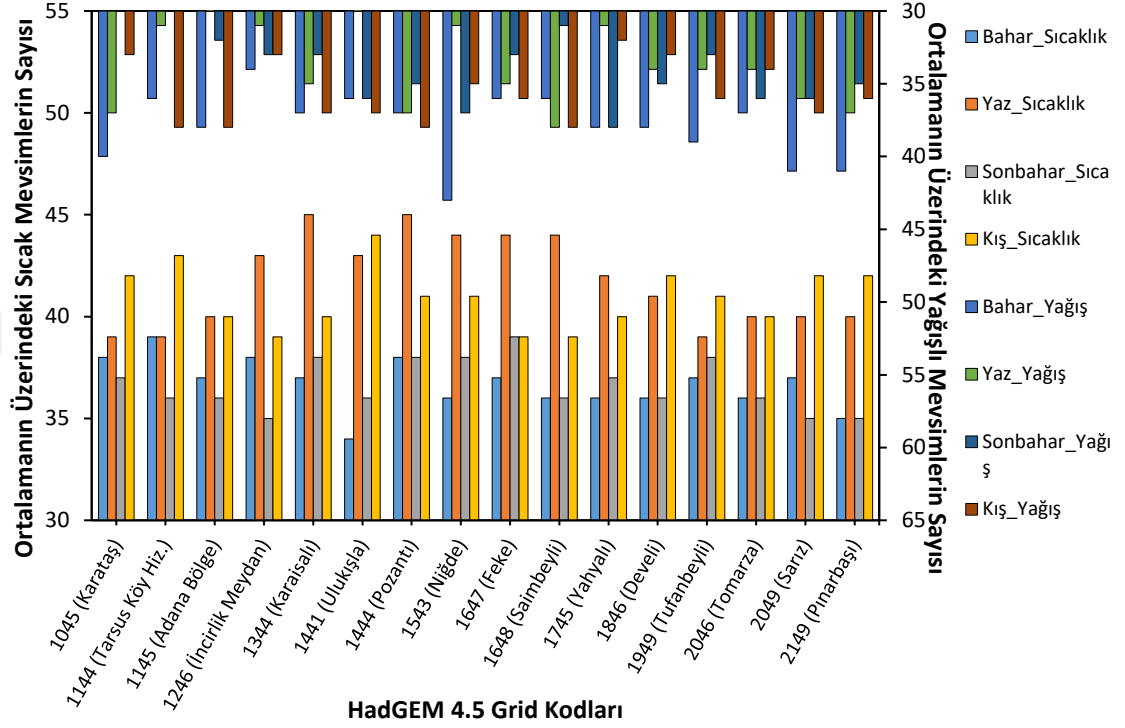
kullanılarak, dört mevsim için ortalamanın üzerindeki yağışlı ve sıcak ayların sayıları belirlenmiştir (Şekil 4.19 ve Şekil 4.20). Sıcaklık parametresi için elde edilen sonuçlar incelendiğinde, en yüksek değer Pozantı istasyonuna ait kış mevsiminde görülürken, aynı mevsim ile en düşük sayıya İncirlik Meydanı istasyonu sahip olmuştur. Diğer taraftan, ortalamanın üzerindeki yağışlı mevsimler değerlendirildiğinde ise, en düşük sayı yaz sezon ile Karataş istasyonu bulunurken, aynı mevsimle Saimbeyli ve Feke istasyonları en yüksek değerlere ulaşmıştır (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Yılın dört mevsimi için her bir meteoroloji istasyonunda yağışlı ve sıcak ayların sayıları

Alt havzalar açısından incelendiğinde; geçmiş dönem için, yağışlı ayların sayısı bakımından GI alt havzasının doğu ve güneydoğu bölgelerinde yaz döneminde en yüksek bulunurken, ASO alt havzası Karataş mevkiisi için yaz döneminde en düşük sayı elde edilmiştir. Sıcak ayların sayısı değerlendirildiğinde ise, SZGBY alt havzası Pozantı ve Ulukışla bölgelerinde kış periyodu için en yüksek sayı elde edilirken, ASO alt havzasının orta kesimleri bahar döneminde en düşük değeri almıştır. 2021-2098 periyotlu gelecek dönem incelendiğinde, en yüksek sayıda yağışlı aylar, SZGBY alt havzasının Niğde-Ulukışla mevkiisinin bahar döneminde bulunurken, en düşük olarak ZI alt havzası Yahyalı ilçesi çevresinin yaz döneminde elde edilmiştir. Sıcak ayların sayısı bakımından, SZGBY alt havzası Karaisalı beldesinin yaz periyodu için en yüksek rakama ulaşılırken, aynı alt havzanın Ulukışla beldesinin bahar dönemi için en düşük değer elde edilmiştir.

HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modeline ait seçili gridler için, ortalamaların üzerinde değer alan yağışlı ve sıcak mevsimler belirlenmiştir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Yılın dört mevsimi için her bir gridin yağışlı ve sıcak ayların sayıları

Buna göre; sıcak mevsimlerin sayısı dikkate alındığında, Karaisalı mevkiinde yer alan 1344 nolu grid, en yüksek rakama sahip olurken (sıcak mevsimlerin sayısı; 45), en düşük sayı bahar sezonu ile Ulukışla bölgesinde bulunan 1441 nolu grid kod için bulunmuştur (sıcak mevsimlerin sayısı; 34). Ayrıca, modelin ürettiği yağış verileriyle, uzun dönem ortalamalar üzerindeki yağışlı mevsimlerin sayısı, en yüksek Niğde istasyonunu temsil eden 1543 nolu grid kod için hesaplanmış (yağışlı mevsimlerin sayısı ; 43); en düşük sayıya ise 1441 nolu kod ile Ulukışla mevkiinde ulaşılmıştır (yağışlı mevsimlerin sayısı ; 28).

4.2. Hassasiyet Bileşeni Alt İndikatörleri

4.2.1. NDVI Değerleri

Seyhan Havzası üzerinden 2020 yılı boyunca geçen, farklı tarihlere ait toplam 16 adet Landsat 7 (ETM+) uydu verileri kullanılarak, NDVI belirlenmiş ve alt havzalar için ortalama, maksimum ve minimum değerleri elde edilmiştir (Çizelge 4.6). Bitki örtüsü yoğunluğunu gösteren NDVI verileri incelendiğinde, her bir alt havza için -1 ve +1 aralığında farklı değerlere ulaşılmıştır. Ayrıca, en yüksek ortalamalar ASO alt havzasında görülürken, en düşük ise ZI alt havzası için hesaplanmıştır.

Çizelge 4.6. 2020 yılının farklı tarihlere karşılık gelen Seyhan alt havzalarının normalleştirilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI) değerleri

Tarih	ASO			SZGBY			ZI			GI		
	Min	Mak	Ort	Min	Mak	Ort	Min	Mak	Ort	Min	Mak	Ort
20.01.2020	-1,00	1,00	0,26	-1,00	1,00	0,26	-1,00	1,00	0,02	-1,00	1,00	0,18
8.03.2020	-1,00	1,00	0,40	-1,00	1,00	0,33	-1,00	1,00	0,13	-1,00	1,00	0,23
17.04.2020	-0,53	0,89	0,42	-0,61	0,89	0,36	-0,74	0,86	0,22	-0,61	0,86	0,30
27.05.2020	-1,00	1,00	0,44	-1,00	1,00	0,42	-0,75	1,00	0,36	-1,00	1,00	0,47
28.06.2020	-1,00	1,00	0,46	-1,00	1,00	0,43	-1,00	1,00	0,35	-1,00	1,00	0,44
14.07.2020	-1,00	1,00	0,46	-1,00	1,00	0,40	-1,00	1,00	0,31	-1,00	1,00	0,41
30.07.2020	-1,00	1,00	0,47	-1,00	1,00	0,38	-1,00	1,00	0,28	-1,00	1,00	0,38
15.08.2020	-1,00	1,00	0,45	-1,00	1,00	0,38	-1,00	1,00	0,27	-1,00	1,00	0,38
31.08.2020	-1,00	1,00	0,42	-1,00	1,00	0,36	-1,00	1,00	0,25	-1,00	0,97	0,36
16.09.2020	-1,00	1,00	0,22	-1,00	1,00	0,35	-0,95	1,00	0,25	-0,81	0,96	0,36
2.10.2020	-0,60	0,95	0,28	-0,68	1,00	0,31	-0,63	0,91	0,18	-0,54	0,92	0,31
18.10.2020	-1,00	1,00	0,32	-1,00	1,00	0,35	-0,67	0,95	0,17	-0,68	1,00	0,36
11.11.2020	-0,60	0,95	0,28	-0,68	1,00	0,31	-0,63	0,91	0,18	-0,54	0,92	0,31
19.11.2020	-1,00	1,00	0,32	-1,00	1,00	0,32	-0,99	1,00	0,19	-0,77	1,00	0,30
5.12.2020	-1,00	1,00	0,34	-1,00	1,00	0,36	-1,00	1,00	0,21	-1,00	1,00	0,35
21.12.2020	-1,00	1,00	0,38	-1,00	1,00	0,35	-1,00	1,00	0,19	-1,00	1,00	0,34

Alt havzaların mevsimsel NDVI ortalamaları değerlendirildiğinde ise, kış sezonu için ZI alt havzası en düşük değeri alırken (0,138), diğer alt havzalar aynı değeri paylaşmıştır (0,30). Diğer taraftan, ASO ve SZGBY alt havzaları yaz, güz ve bahar sezonunda benzer karakter sergilerken, bu üç mevsimde Zamantı ve Göksu Irmağı alt havzaları için farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bilhassa, tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yapıldığı bölgelerde ortalama NDVI değerleri yüksek çıkarken, diğer kesimler için daha düşük elde edilmiştir (Şekil 3.5a,b,c,d)).

Alt havzalarda yer alan meteoroloji istasyonlarının etkili olduğu alanlar, ArcGIS programında thissen poligonları oluşturularak elde edilmiştir (Şekil 4.16). Daha sonra, etkili alanlar içerisindeki NDVI değerlerinin ortalamaları hesaplanmıştır. Buna binaen, dört mevsimi temsilen seçilen tarihlere ait NDVI ortalamaları Çizelge 4.7’de verilmiştir.

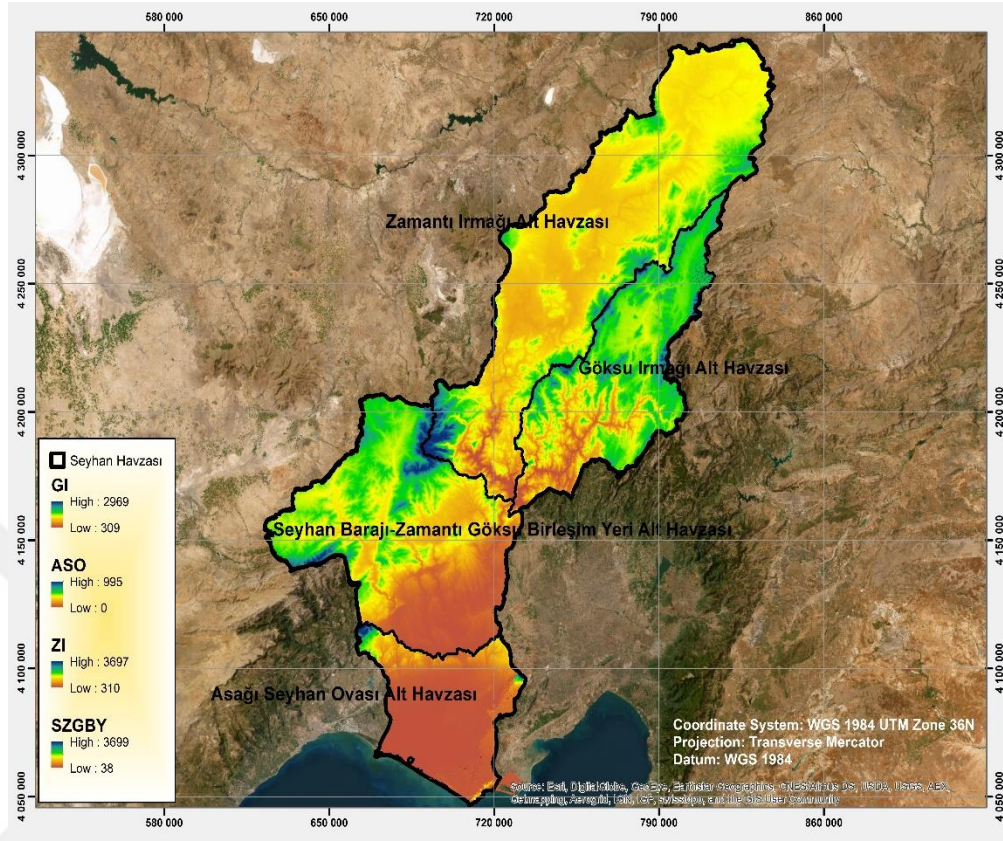
Çizelge 4.7. Araştırmada yer alan meteoroloji istasyonlarının etkili olduğu alanların, 2020 yılının farklı sezonlarına ait NDVI ortalamaları

Farklı dönemlere ait Ortalama NDVI Değerleri				
Meteoroloji İstasyonu	08.03.2020	28.06.2020	18.10.2020	05.12.2020
Adana bölge	0,436	0,455	0,330	0,359
Ceyhan	0,297	0,434	0,475	0,237
Develi	0,131	0,301	0,201	0,173
Feke	0,370	0,515	0,459	0,458
Göksun	0,130	0,410	0,311	0,187
İncirlik	0,436	0,455	0,330	0,359
Karaisalı	0,513	0,493	0,412	0,449
Karataş	0,190	0,267	0,145	0,197
Kayseri bölge	0,170	0,312	0,202	0,178
Kozan	0,482	0,537	0,400	0,402
Nigde	0,159	0,310	0,187	0,171
Pınarbaşı	0,034	0,349	0,180	0,136
Pozantı	0,367	0,418	0,353	0,367
Saimbeyli	0,435	0,564	0,475	0,449
Sarız	-0,031	0,351	0,208	0,180
Tarsus köy hiz.	0,380	0,398	0,350	0,350
Tomarza	0,177	0,311	0,186	0,168
Tufanbeyli	0,122	0,373	0,260	0,255
Ulukışla	0,151	0,314	0,239	0,211
Yahyalı	0,151	0,343	0,250	0,217

4.2.2. Alt Havzaların Ortalama Deniz Seviyesi Yüksekliklerinin Elde Edilmesi

ArcGIS programında, Seyhan Havzası'nın alt havzalarına ait sayısal yükseklik haritaları kullanılarak, her bir alt havzanın ortalama deniz seviyesi yükseklikleri elde edilmiştir (Şekil 4.21).

Çizelge 4.8'e göre, ZI alt havzası deniz seviyesinden en yüksek değere sahip olurken (3704,0) en düşük değer ASO alt havzası için tespit edilmiştir. Ortalama yükseklikler göz önüne alındığında ise yine en düşük değere ASO alt havzasında, en yüksek değere ise ZI alt havzasında ulaşılmıştır.



Şekil 4.21. Seyhan alt havzalarının sayısal yükseklik modeli haritası (SYH)

Çizelge 4.8’de Seyhan alt havzalarının deniz seviyesi yükseklikleri verilmektedir.

Çizelge 4.8. Seyhan alt havzalarının deniz seviyesi yükseklikleri

Alt Havzalar	Min	Ort	Mak
Aşağı Seyhan Ovası	0,0	54,5	996,0
Seyhan Havzası-Zamantı_Göksu Irmağı Birleşim Yeri	37,0	1182,3	3701,0
Zamantı Irmağı	309,0	1697,4	3704,0
Göksu Irmağı	305,0	1496,7	2973,0

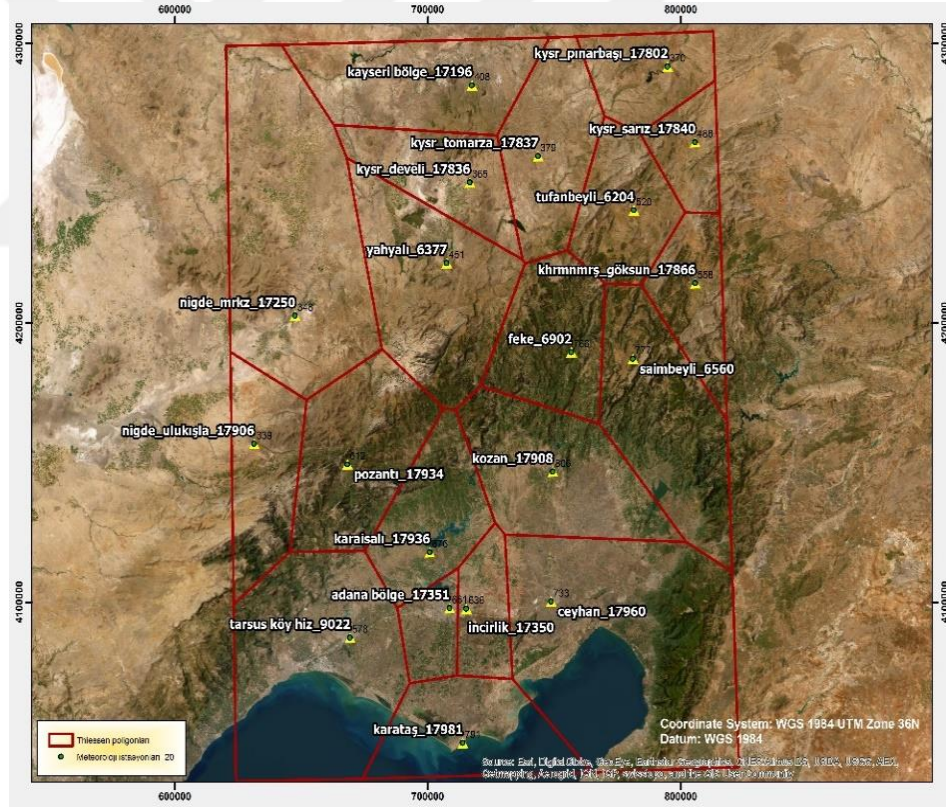
4.2.3. Alt Havzalarda Okuma-Yazma Oranı ve Nüfus Sayısı

Etkilenebilirlik çalışmasının hassasiyet bileşenleri içerisinde yer alan, alt havzaların nüfus oranı ve adaptasyon kabiliyetinin bir alt bileşeni olan okuma-yazma bilenlerin sayısı, Çizelge 4.9’da verilmiştir. ArcGIS programında, meteoroloji istasyonlarının Thiessen poligonları çizilerek (Şekil 4.22), her bir meteoroloji istasyonunun etki alanına giren yerleşim yerlerindeki nüfus ve okuma-yazma bilenlerin toplamıyla elde edilmiştir (Şekil 4.22). Buna göre, nüfus sayısı dikkate alındığında, okuma

yazma bilenlerin oranı bakımından %87,9 ile ASO alt havzası ilk sırada gelirken, ZI alt havzası %87,2 oranıyla son sırada yer almıştır.

Çizelge 4.9. Seyhan alt havzalarında nüfus ve okuma-yazma bilenlerin oranı

Alt Havzalar	Okuma-Yazma Bilenlerin Sayısı	Nüfus Sayısı	Okuma-Yazma Bilenlerin Oranı(%)	Nüfus Oranı (%)
GI	204.198	233.172	87,6	5,7
ZI	1.137.716	1.304.831	87,2	31,7
SZGBY	255.618	292.209	87,5	7,1
ASO	2.014.406	2.290.417	87,9	55,6



Şekil 4.22. ArcGIS ortamında elde edilen Thiessen poligonları görüntüsü

4.3. Adaptasyon Kabiliyeti Alt Bileşenleri

4.3.1. Anket Çalışması Sonuçları

Anket çalışmasının sonuçları değerlendirildiğinde, alt bileşenleri oluşturan sorulara ait cevapların kullanılabilir olup olmadığını tespit edebilmek için güvenilirlik analizi yapılmıştır. Bu analizde kullanılan Cronbach Alfa Katsayısı için (Taber, 2017; Griethuijsen, 2015), kabul edilebilir aralıkta yer alan soruların tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 4.10’da, alt bileşenlerin istatistikleri ise Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Anket sorularından oluşan alt bileşenler ve istatistiksel veri tablosu

Anketten Elde Edilen Alt Bileşenler	Sorular	Ortalama	Varyans	Standart Sapma	Örneklem Sayısı
Kuraklık Hakkında Bilgisi	SORU18	2,773	1,183	1,088	154
	SORU19	2,565	1,149	1,072	154
	SORU20	1,831	0,625	0,791	154
	SORU21	1,968	0,032	0,178	154
	SORU22	3,175	0,851	0,923	154
	SORU23	3,188	1,513	1,230	154
	SORU24	2,175	1,583	1,258	154
	SORU25	1,286	0,258	0,508	154
	SORU26	1,409	0,243	0,493	154
	SORU28	1,961	0,038	0,194	154
	SORU29	1,890	0,099	0,314	154
	SORU30	1,383	0,238	0,488	154
	SORU32	1,591	0,243	0,493	154
	SORU35	1,805	0,158	0,397	154
	SORU2	2,922	0,961	0,980	154
Kuraklığa Karşı Önlem Becerileri	SORU9	2,130	1,094	1,046	154
	SORU13	1,753	1,011	1,005	154
	SORU22	3,175	0,851	0,923	154
	SORU26	1,409	0,243	0,493	154
	SORU30	1,383	0,238	0,488	154
	SORU17	1,539	0,250	0,500	154
	SORU25	1,286	0,258	0,508	154
	SORU32	1,591	0,243	0,493	154
Teknoloji Kullanımı	SORU17	1,539	0,250	0,500	154
	SORU25	1,286	0,258	0,508	154
	SORU31	1,273	0,200	0,447	154
	SORU32	1,591	0,243	0,493	154
Gelir	SORU4	1,312	0,608	0,780	154
	SORU11	1,714	1,173	1,083	154
	SORU5	2,370	1,411	1,188	154
Sulu Tarım Yapılan Arazilerin Alanı	SORU8	3,157	1,054	1,027	154

Çizelge 4.10 ve Ek Çizelge 1 incelendiğinde, çiftçilerin kuraklık hakkındaki bilgilerinin belirlenmesinde, 24. soru en yüksek standart sapmaya sahipken (1,258), en düşük değer 28. soruda bulunmuştur (0,194). Bununla birlikte, aynı alt bileşen içinde yer alan 23. soru en büyük ortalama ile öne çıkarken (3,188), teknoloji kullanımı alt bileşeninin bir ögesi olan 31. soru ile en küçük ortalama ulaşmıştır (1,273). Anket sorularından elde edilen alt bileşenlerin Cronbach Alfa Katsayıları incelendiğinde ise, adaptasyon kabiliyetini oluşturan gelir alt bileşeninin en uygun veri yapısına sahip olduğu görülürken (0,704), diğer bileşenlerin içerdikleri soru sayısı ile ters orantılı olarak güvenilirlik seviyelerinin azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Anket çalışmasından elde edilen alt bileşenlerin tanımlayıcı istatistikleri ve güvenilirlik analizi sonuçları

Alt Bileşenler		Ortalama	Varyans	Standart Sapma	Cronbach Alfa Katsayısı	Değişken Sayısı
Kuraklık Hakkında Bilgisi		31,92	22,05	4,70	0,63	15
Kuraklığa Karşı Önlem Becerileri		14,27	9,35	3,06	0,63	8
Teknoloji Kullanımı		1,42	0,03	0,17	0,65	4
Gelir		5,40	6,02	2,45	0,70	3

4.4. Temel Bileşenler Analiz Sonuçları

Ofis ve saha çalışmaları sonucunda elde edilen sayısal veriler düzenlenmiş, sonrasında R programı yardımıyla TBA yöntemi kullanılarak, her bir ana bileşenin etkin alt bileşenleri tespit edilmiştir. Analiz sonuçları ve buna bağlı tanımlayıcı istatistik değerleri, Çizelge 4.12’de gösterilmiştir.

Kullanılan noktasal kaynaklara (meteoroloji istasyonları) ait her bir alt bileşenin, etkilenebilirlik içerisindeki katkı oranları hesaplanmış ve bu değerlerin ortalamaları alınarak, Seyhan Havzası bünyesinde etkin alt bileşenler ve faktör değerleri elde edilmiştir. Buna göre, maruziyet ana bileşeni içerisinde yer alan, kurak ayların sayısı (%17,3), kış mevsimi ortalamasının üzerindeki sıcak ayların sayısı (%15,0), ilkbahar mevsimi ortalamasının üzerindeki sıcak ayların sayısı (%14,1), yaz mevsimi ortalamasının üzerindeki sıcak ayların sayısı (%12,9) ve sonbahar mevsimi ortalamasının üzerindeki sıcak ayların sayısı (%10,3) alt bileşenlerinin toplam varyansın yaklaşık %70’ini temsil ettiği görülmektedir.

Çizelge 4.12. Etkilenebilirlik alt bileşenlerinin temel bileşenler analiz sonuçları

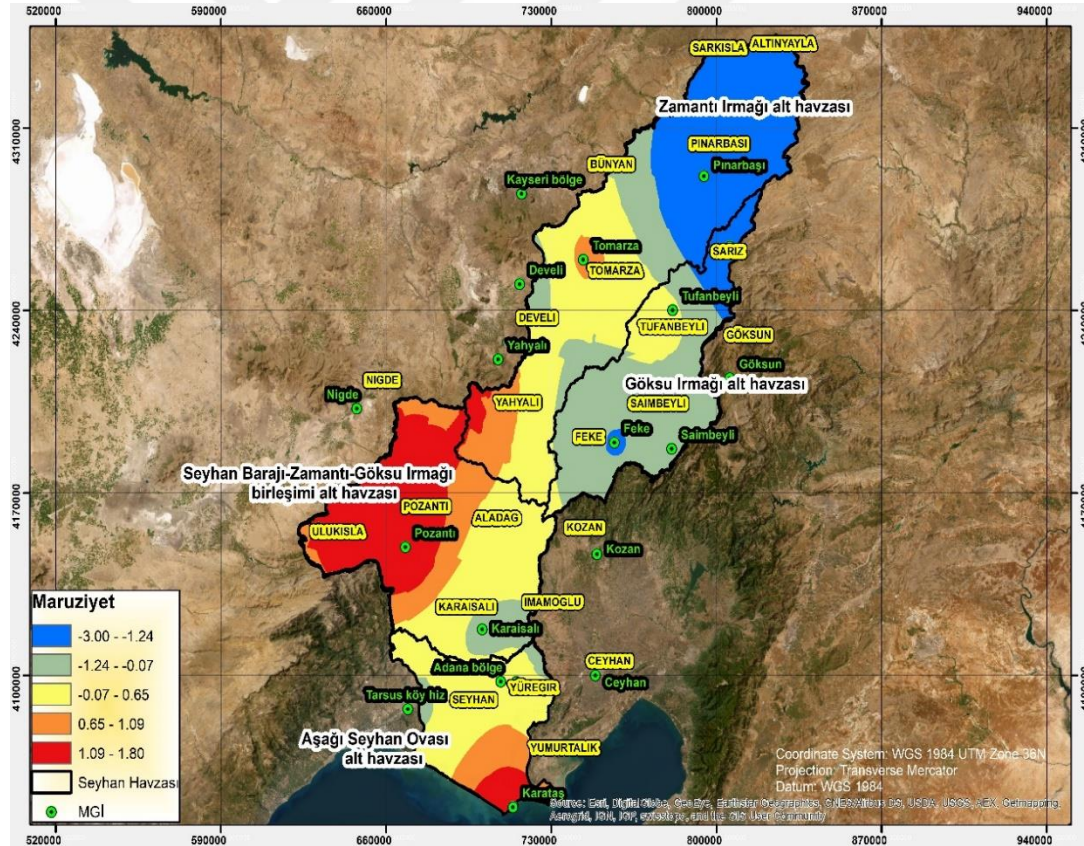
Ana Bileşenler	Alt Bileşenler	Özdeğerler	Oran (%)	Kümülatif Toplam	Faktör Skorları
Maruziyet	Kurak ayların sayısı (1990-2020)	6,4	17,3	17,3	0,5
	Kış mevsimi ortalamasının üzerindeki sıcak ayların sayısı	5,6	15,0	32,4	0,4
	İlkbahar mevsimi ortalamasının üzerindeki sıcak ayların sayısı	5,2	14,1	46,4	0,3
	Yaz mevsimi ortalamasının üzerindeki sıcak ayların sayısı	4,8	12,9	59,3	0,0
	Sonbahar mevsimi ortalamasının üzerindeki sıcak ayların sayısı	3,8	10,3	69,6	-0,2
	İlkbahar mevsimi ortalamasının üzerinde yağış düşen ayların sayısı	3,5	9,4	79,0	-0,6
	Sonbahar mevsimi ortalamasının üzerinde yağış düşen ayların sayısı	3,2	8,5	87,5	-0,2
	Kış mevsimi ortalamasının üzerinde yağış düşen ayların sayısı	2,6	7,1	94,5	-0,2
	Yaz mevsimi ortalamasının üzerinde yağış düşen ayların sayısı	2,0	5,4	100,0	-0,1
Hassasiyet	2020 yılı Kış mevsimi NDVI ortalamaları	9,2	43,8	43,8	-0,6
	2020 yılı İlkbahar mevsimi NDVI ortalamaları	5,1	24,6	68,4	0,1
	2020 yılı Yaz mevsimi NDVI ortalamaları	3,9	18,5	86,9	-0,1
	2020 yılı Sonbahar mevsimi NDVI ortalamaları	2,7	13,1	100,0	0,2
	Deniz seviyesine olan yüksekliği	0,0	0,0	100,0	-0,1
	Nüfus oranı	0,0	0,0	100,0	-0,1
	Sulu Tarım yapılan arazilerin alanı S8	0,0	0,0	100,0	0,2
Adaptasyon Kabiliyeti	Okuma_yazma bilen nüfus oranı	9,3	50,8	50,8	-0,5
	Kuraklık hakkında bilgisi	6,2	33,7	84,5	0,7
	Kuraklığa karşı önlem becerileri	2,8	15,5	100,0	0,1
	Teknoloji kullanımı	0,0	0,0	100,0	0,0
	Tarımsal faaliyetlerde çalışanların sayısı S4	0,0	0,0	100,0	-0,1
	Toplam Yıllık üretim miktarı (ton/dönüm) S11	0,0	0,0	100,0	0,2
	Üretim yapılan alanın büyüklüğü (Hektar) S5	0,0	0,0	100,0	0,1

Bununla birlikte, 2020 yılı kış mevsimi NDVI ortalamaları (%43,8), 2020 yılı ilkbahar mevsimi NDVI ortalamaları (%24,6), 2020 yılı yaz mevsimi NDVI ortalamaları (%18,5) ve 2020 yılı sonbahar mevsimi NDVI ortalamaları (13,1) 100%'e yakın temsil oranıyla, hassasiyet ana bileşenin en etkin alt

bileşenleri olarak göze çarpmaktadır. Ayrıca, adaptasyon kabiliyetinin alt bileşenlerine ait temel bileşenler analiz sonuçları incelendiğinde ise; tarımsal faaliyetlerde çalışanların sayısı toplam yıllık üretim miktarı (ton/dönüm) ve üretim yapılan alanın büyüklüğü (hektar) alt bileşenlerinin, toplam varyansı üzerinde çok az bir etkiye sahipken, okuma-yazma bilen nüfus oranı (%50,8) alt bileşeninin toplam varyansın yarısından fazlasını açıkladığı görülmüştür.

4.4.1. Maruziyet Bileşeni İndeks Değerleri ve Seyhan Havzası'ndaki Dağılımı

Temel bileşenler analizi sonucunda, 20 meteoroloji istasyonunun maruziyet bileşenini oluşturan her bir alt bileşen için, indeks değerleri elde edilmiştir. Bu değerler, ArcGIS programında, meteoroloji istasyonlarına karşılık gelecek şekilde kayıt edilmiş, kriging mekânsal analiz yöntemiyle, harita üzerinde görselleştirilmiştir (Şekil 4.23).

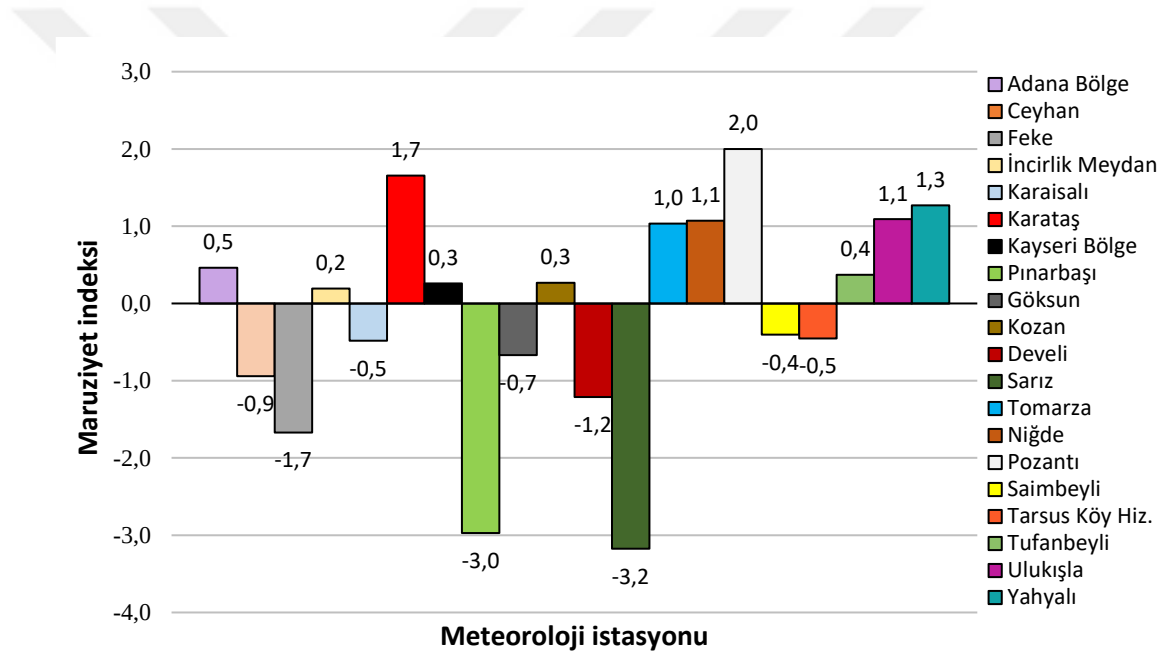


Şekil 4.23. Seyhan Havzası ve alt havzalarının maruziyet bileşeni dağılımı

Şekil 4.23'e göre, Seyhan Havzası'nın kuzeydoğu bölgesi en düşük maruziyet değerlerine sahipken, havzanın batı ve güneydoğu kesimleri en yüksek değerlere ulaşmıştır. Buna ek olarak, havzanın orta kesiminden doğu bölgelerine doğru gidildiğinde, maruziyet bileşeninin etkisinin azaldığı görülmektedir. Ayrıca, alt havzalar göz önüne alındığında, ASO alt havzasının denize açılan kesimi ile

SZGBY alt havzasının batı bölgesi, maruziyet bakımından yüksek değerlerle benzer karakter sergilerken, Göksu ve Zamantı Irmağı alt havzaları düşük değerlerle aynı renk kuşağında yer almıştır.

Şekil 4.24, 4.26, 4.28, 4.30 ve 4.32’de yer alan yukarıdan aşağıya sıralı meteoroloji istasyonlarına karşılık gelen sütun grafikleri, soldan sağa doğru sıralı şekilde sunulmuştur. Bu şekillerde yer alan her bir meteoroloji istasyonunun maruziyet indeks değerleri gösterilmiştir. Buna göre, ASO alt havzasında yer alan Karataş ve SZGBY alt havza içerisinde olan Pozantı meteoroloji istasyonlarının bulunduğu bölgeler, en yüksek maruziyet seviyesine sahiptir. Diğer taraftan, Pınarbaşı ve Sarız isimli meteoroloji istasyonlarının temsil ettiği bölgeler, düşük maruziyet değerleriyle, Şekil 4.24’de betimlenen Göksu ve Zamantı Irmağı alt havzalarının maruziyet sınıflarını doğrulamaktadır.

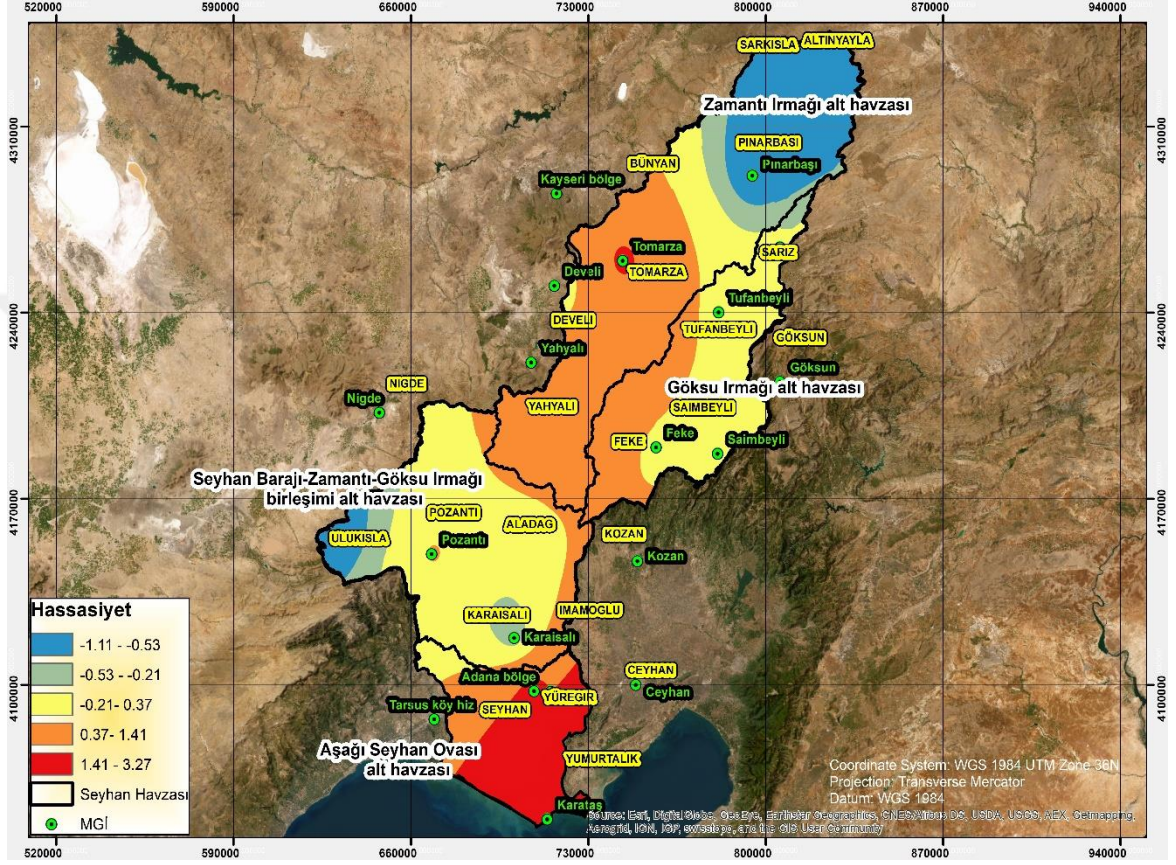


Şekil 4.24. Seyhan Havzası’nda yer alan meteoroloji istasyonlarının maruziyet bileşeni indeks değerleri

4.4.2. Hassasiyet Bileşeni İndeks Değerleri ve Seyhan Havzası’ndaki Dağılımı

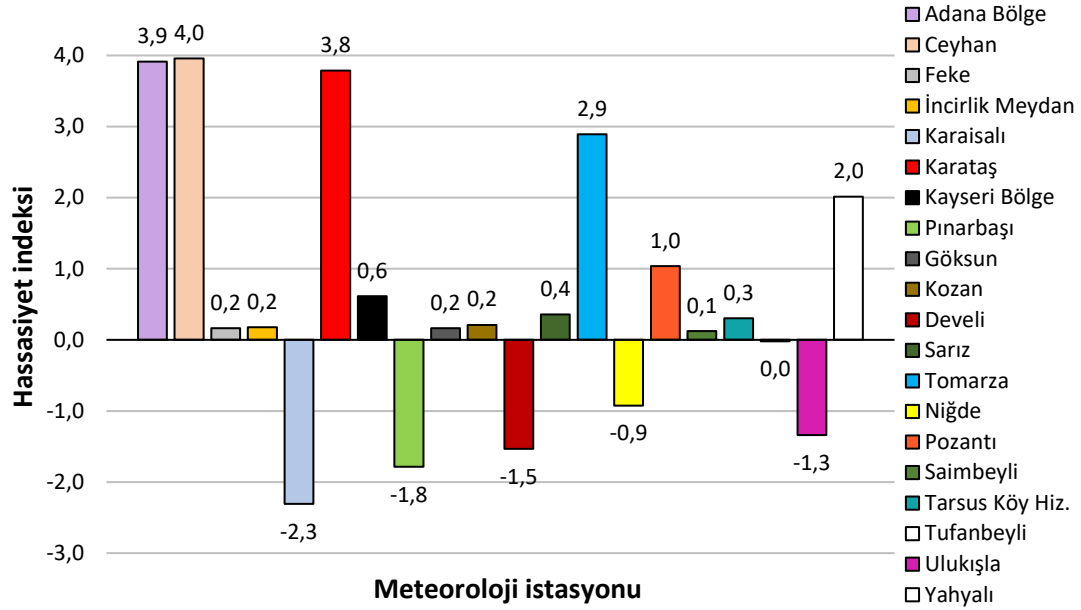
Etkilenebilirliğin belirlenmesinde gerekli diğer bir faktör olan hassasiyet ana bileşeninin indeks değerleri kullanılarak mekânsal analiz yapılmıştır. Seyhan Havzası ve alt havzalarının hassasiyet bileşeni dağılımı Şekil 4.25’de verilmektedir. Buna göre, maruziyet bileşeninde olduğu gibi, Seyhan Havzası’nın kuzeydoğu bölgesine ek olarak, güneybatı kesiminde de hassasiyet bileşeni en düşük seviyede gerçekleşmiştir. Diğer taraftan, havzanın kuzeybatısı ve yine güneydoğu kesimleri en yüksek değerlere ulaşmıştır. Ayrıca, Seyhan Havzası’nın kuzey ve güney bölgelerinin arasında kalan orta kesiminde, maruziyet bileşenin orta derecede bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Elde edilen negatif değerler, al

havzaların sahip olduğu negatif indeks değerleriyle, o bileşene en az maruz kaldığının bir göstergesidir. Benzer nitelikte sonuçlar, yapılan farklı çalışmalarda da görülmektedir (Gbetibouo ve Ringler, 2009).



Şekil 4.25. Seyhan Havzası ve alt havzalarının hassasiyet bileşeni dağılımı

Araştırma alanını oluşturan alt havzalar incelendiğinde ise, ASO alt havzası maruziyet bakımından yine en yüksek değerlere sahipken, SZGBY alt havzası ile ZI alt havzasının düşük hassasiyette olduğu söylenebilir. Mekânsal dağılım haritasında yapılan bu analizler, noktasal kaynakların yer aldığı bölgelerin maruziyet bileşeni indeks değerleriyle örtüşmektedir (Şekil 4.26).

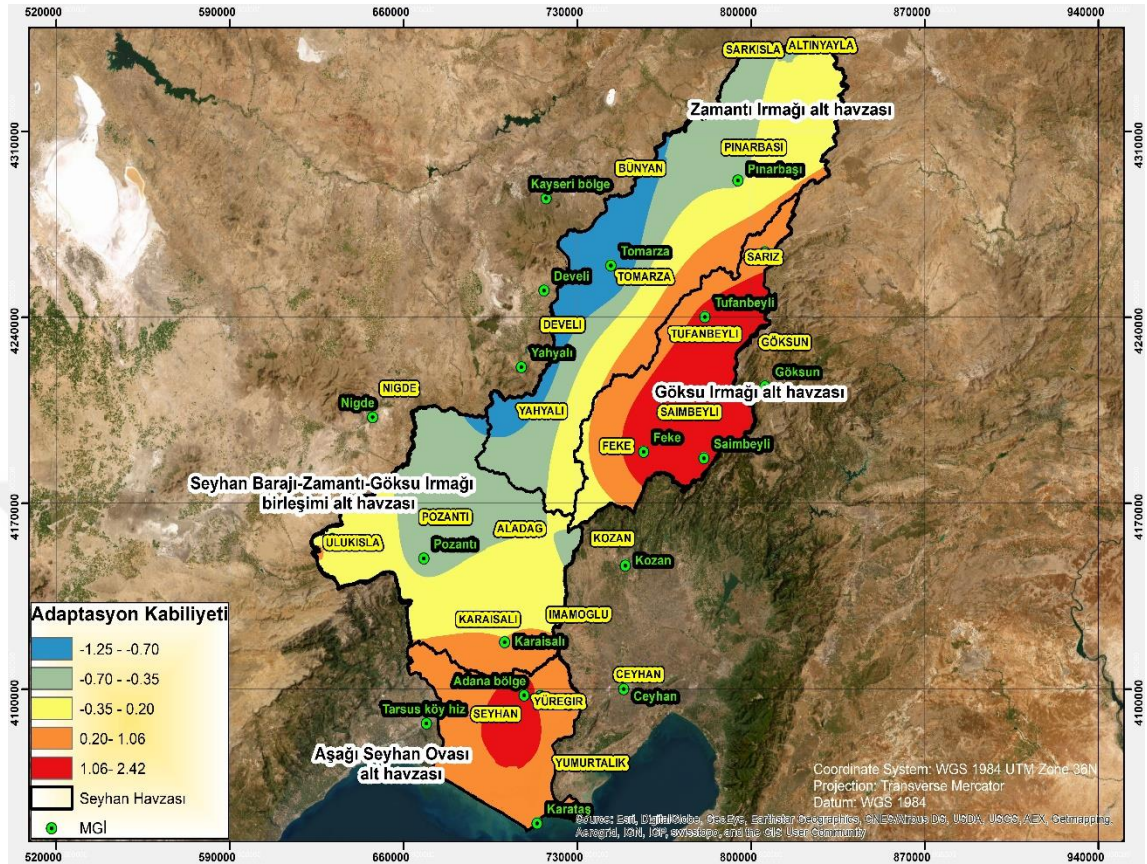


Şekil 4.26. Seyhan Havzası'nda yer alan meteoroloji istasyonlarının hassasiyet bileşeni indeks değerleri

4.4.3. Adaptasyon Kabiliyeti Bileşeni İndeks Değerleri ve Seyhan Havzası'ndaki Dağılımı

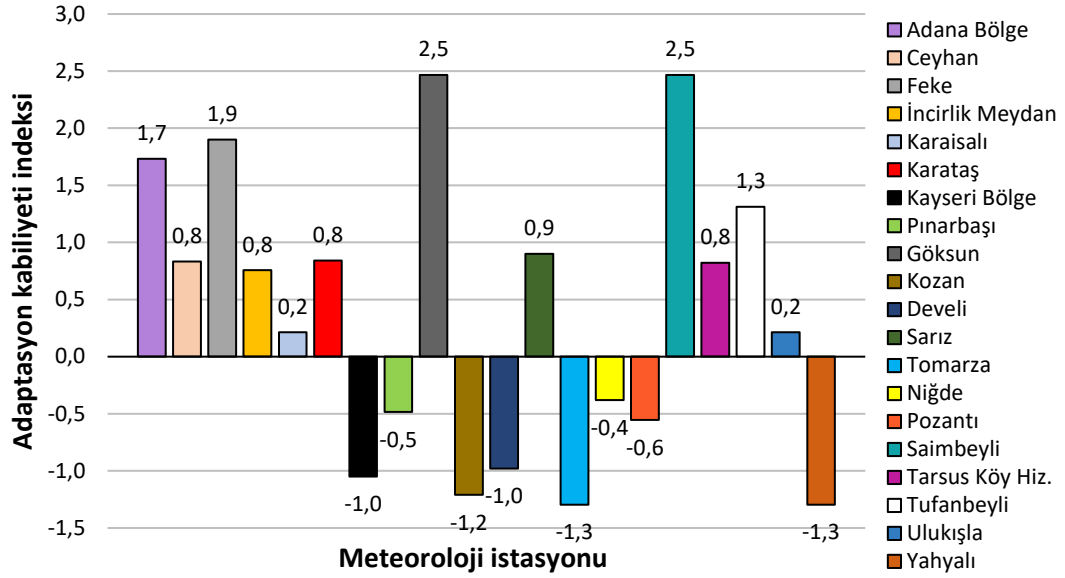
Temel bileşenler analizi yöntemiyle, adaptasyon kabiliyeti indeks değerleri hesaplanmış ve ArcGIS programında kriging yöntemiyle mekânsal dağılımı elde edilmiştir.

Adaptasyon kabiliyeti bileşenin havza bazındaki dağılım haritasına (Şekil 4.27) ek olarak, Şekil 4.28 değerlendirildiğinde; maruziyet ve hassasiyet bileşenlerinin aksine, havzanın kuzeybatı kısmı düşük adaptasyon kabiliyetine sahipken, araştırma alanının doğu kesimi yüksek adaptasyona sahip olduğu, yani kuraklığa karşı yüksek direnç gösterdiği görülmektedir.



Şekil 4.27. Seyhan Havzası ve alt havzalarının adaptasyon kabiliyeti bileşeni dağılımı

Alt havzalar karşılaştırıldığında, GI alt havzası en yüksek adaptasyon kabiliyetine sahipken, en düşük ZI alt havzası için tespit edilmiştir. Alt havzalarda yer alan meteoroloji istasyonlarının bulundukları konumlar göz önüne alındığında da, noktasal kaynakların sahip oldukları adaptasyon kabiliyeti indeksiyle, alt havza bazındaki değer aralıkları örtüşmektedir (Şekil 4.28). Adaptasyon kabiliyetinin en yüksek (Göksun) ve en düşük (Tomarza) değerlerini alan istasyonlar, buna örnek verilebilir.

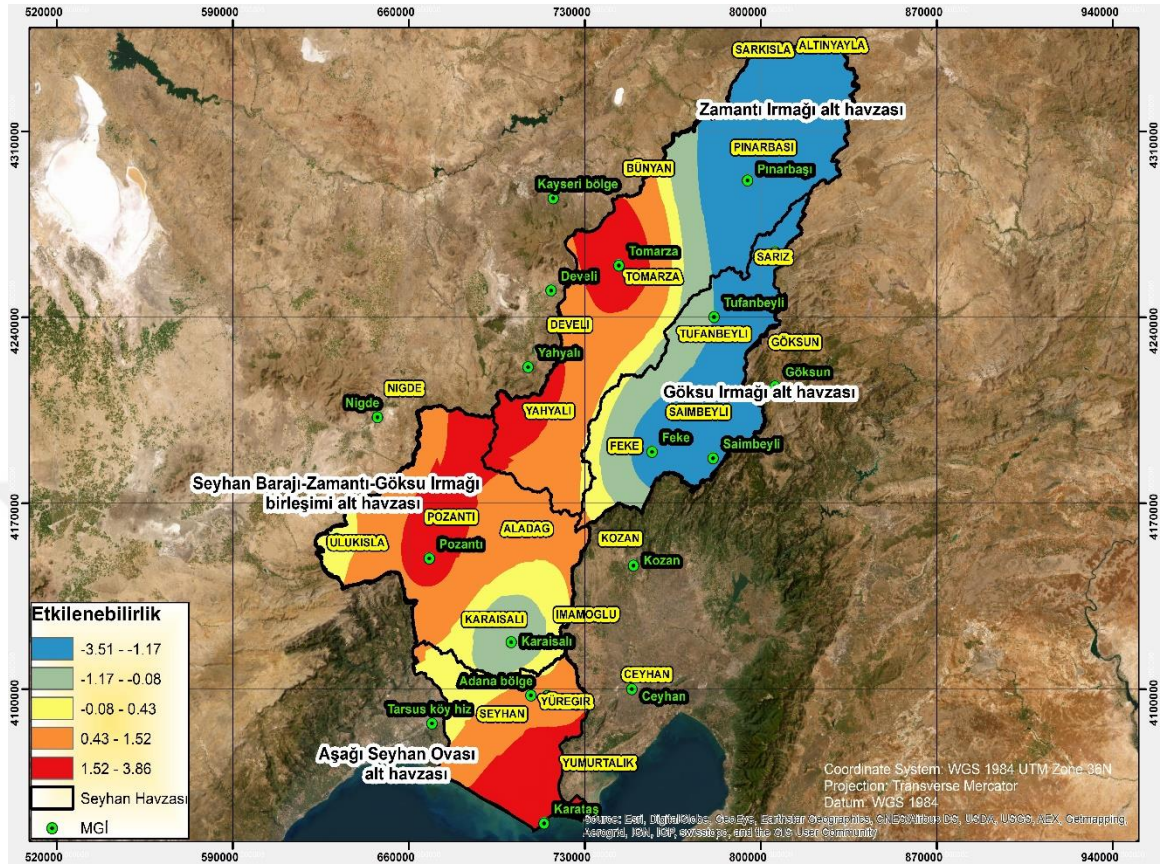


Şekil 4.28. Seyhan Havzası'nda yer alan meteoroloji istasyonlarının adaptasyon kabiliyeti indeks değerleri

4.4.4. Etkilenebilirlik İndeks Değerleri ve Seyhan Havzası'ndaki Dağılımı

Ana bileşenlerin faktör skorları hesaplanmış, bir önceki bölümlerde hem mekânsal dağılım haritalarıyla betimlenmiş hem de grafiklerle noktasal bazda karşılaştırılmıştır. Denklem 21'de de belirtildiği üzere, maruziyet ve hassasiyet ana bileşenlerinin indeks değerlerinin toplanarak, adaptasyon kabiliyeti indeks değerlerinden çıkarılmasıyla, etkilenebilirlik indeks değerleri elde edilmiş ve kriging kullanılarak, mekânsal dağılım haritası elde edilmiştir (Şekil 4.29).

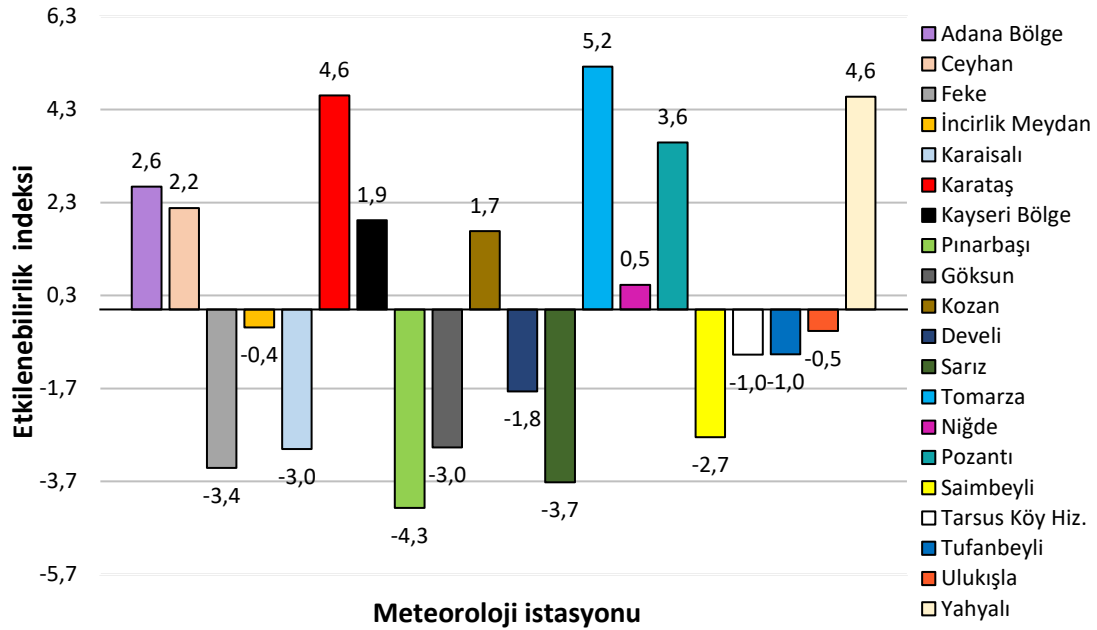
Etkilenebilirliğin Seyhan Havzası'ndaki dağılımı incelendiğinde; sahanın güneydoğu bölgesinin sahil kesimi (Karataş), güneybatının iç cephesi (Pozantı, Ulukışla), batı sınırı (Yahyalı) ve kuzeybatı bölgesi sınırının (Tomarza) yüksek etkilenebilir yapıda olduğu gözlemlenirken, kuzeydoğu kesiminden doğu sınırı boyunca uzanan hattın düşük etkilenebilirliğe sahip olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.29. Seyhan Havzası ve alt havzalarının etkilenebilirlik indeksi dağılımı

Alt havzaların ana bileşenleri göz önüne alındığında; maruziyet ve hassasiyet bileşenlerinin yüksek, adaptasyon kabiliyetinin ise düşük olduğu bölgelerin etkilenebilirlik indeksinin en yüksek değerler aldığı görülmüştür (Şekil 4.24, Şekil 4.26, Şekil 4.28 ve Şekil 4.30).

Bu husus göz önüne alındığında; Aşağı Seyhan Ovası alt havzasının güneydoğu sahili SZGBY alt havzasının iç batı bölgesi ve Zamantı Irmağı alt havzasının batı ile kuzeybatı sınırı, etkilenebilirlik bakımından yüksek indeks değerlerine sahipken, Göksu ve Zamantı Irmağı alt havzalarının kuzeydoğu ile doğu sınır bölgeleri, düşük seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Nitekim bu alt havzalarda yer alan meteoroloji istasyonlarının, bulunduğu bölgelerin etkilenebilirlik seviyeleri, benzer karakter sergilemiştir (Şekil 4.30).



Şekil 4.30. Seyhan Havzası'nda yer alan meteoroloji istasyonlarının etkilenebilirlik indeks değerleri

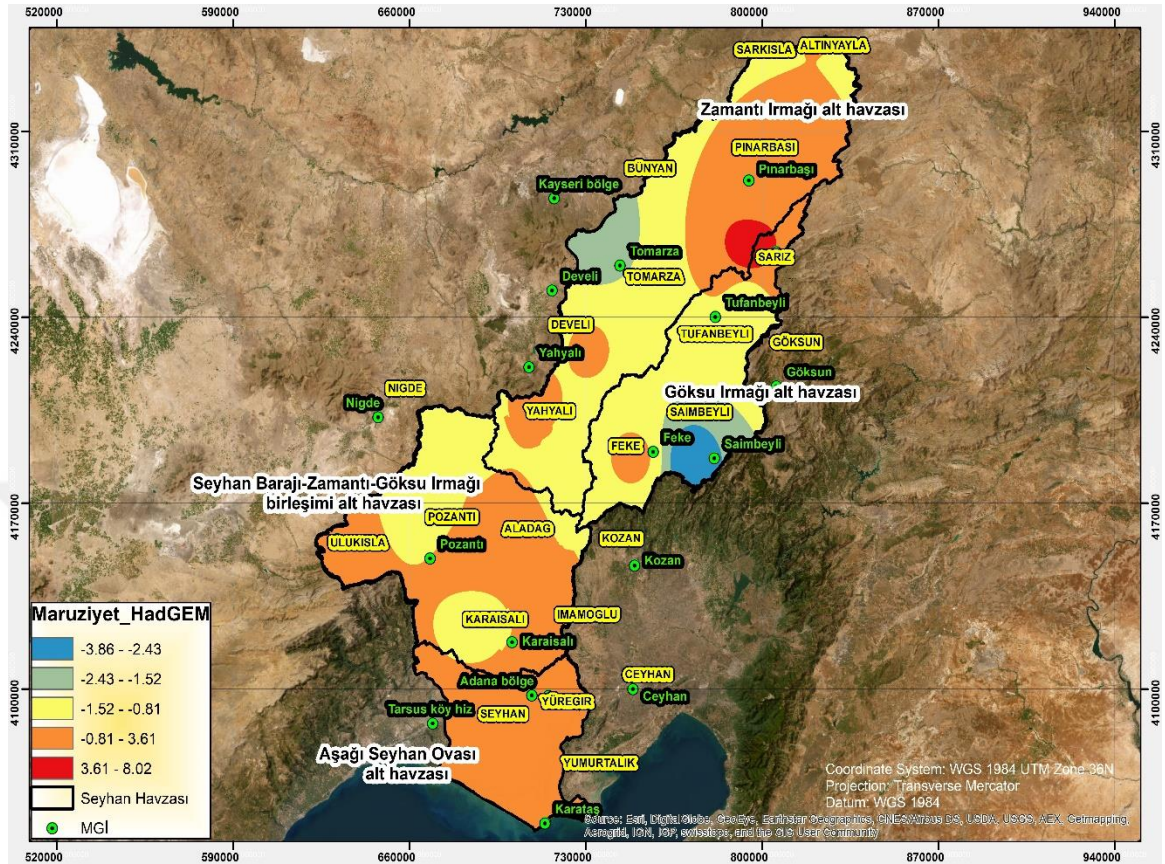
4.4.5. Gelecek Dönem Maruziyet Bileşeni İndeks Değerleri ve Seyhan Havzası'ndaki Dağılımı

Seyhan Havzası'nın gelecek dönem maruziyet bileşenini tahmin edebilmek için, HadGEM2-ES küresel iklim model çıktılarıyla elde edilen 2021-2098 periyotlu yağış ve sıcaklık verileri kullanılmıştır. Bu verilerle oluşturulan alt bileşenler içerisinde, TBA yöntemiyle, etkin alt bileşenler ve onlara karşılık gelen faktör skorları elde edilmiştir. Kullanılan gridlere (HadGEM2-ES küresel iklim model çıktısı) ait her bir alt bileşenin, etkilenebilirlik içerisindeki katkı yüzdeleri hesaplanmış ve bu değerlerin ortalamaları alınarak Çizelge 4.13'de verilmiştir. Buna göre, gelecek dönem maruziyet ana bileşeni içerisinde yer alan, kurak ayların sayısı (%20,6), kış mevsimi ortalamanın üzerindeki sıcak ayların sayısı (%16,2), ilkbahar mevsimi ortalamanın üzerindeki sıcak ayların sayısı (%14,1), yaz mevsimi ortalamanın üzerindeki sıcak ayların sayısı (%13,1) ve sonbahar mevsimi ortalamanın üzerindeki sıcak ayların sayısı (%11,2), alt bileşenlerinin toplam varyansın yaklaşık %75,2'sini temsil ettiği görülmektedir.

Çizelge 4.13. Gelecek dönem maruziyet ana bileşenine ait temel bileşenler analiz sonuçları

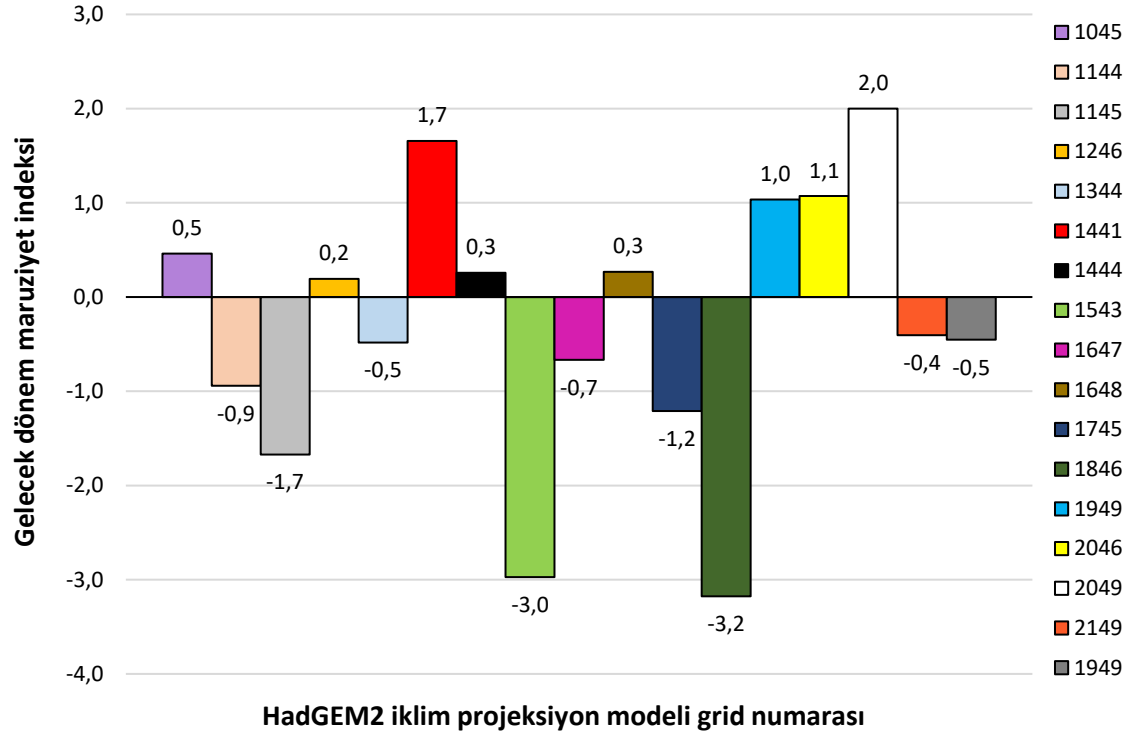
Alt Bileşenler	Özdeğerler	Oran (%)	Kümülatif Toplam	Faktör Skorları
Kurak ayların sayısı (2021-2089)	6,51	20,6	20,6	-0,8
Kış mevsimi ortalamanın üzerindeki sıcak ayların sayısı	5,12	16,2	36,8	0,2
İlkbahar mevsimi ortalamanın üzerindeki sıcak ayların sayısı	4,46	14,1	50,9	0,4
Yaz mevsimi ortalamanın üzerindeki sıcak ayların sayısı	4,15	13,1	64,0	0,3
Sonbahar mevsimi ortalamanın üzerindeki sıcak ayların sayısı	3,54	11,2	75,2	-0,4
İlkbahar mevsimi ortalamanın üzerinde yağış düşen ayların sayısı	2,56	8,1	83,3	-0,3
Sonbahar mevsimi ortalamanın üzerinde yağış düşen ayların sayısı	2,33	7,4	90,7	-0,2
Kış mevsimi ortalamanın üzerinde yağış düşen ayların sayısı	1,93	6,1	96,8	-0,1
Yaz mevsimi ortalamanın üzerinde yağış düşen ayların sayısı	1,00	3,2	100,0	0,0

HadGEM2-ES küresel iklim model çıktılarına ait 16 farklı gridin, gelecek dönem maruziyetini oluşturan her bir alt bileşen için, indeks değerleri elde edilmiştir. Bu veriler kullanılarak, ArcGIS programında kriging yöntemiyle mekânsal analizi yapılmıştır (Şekil 4.31). ArcGIS programı ile elde edilen harita incelendiğinde, en yüksek maruziyet sarız bölgesi için elde edilmiştir. Bununla birlikte, ASO alt havzasının bütünü, ZGIB alt havzasının batı, orta ile doğu kesimi ve araştırma alanının kuzeydoğu bölgeleri için, maruziyet değerleri yüksek tahmin edilmiştir.



Şekil 4.31. Seyhan Havzası ve alt havzalarının gelecek dönem maruziyet bileşeni haritası

Diğer taraftan; GI alt havzasının doğu ve ZI alt havzanın kuzeybatı kesimleri düşük indeks değerleriyle, maruziyet bakımından diğer bölgelerden farklılık göstermiştir. Şekil 4.32’de görüldüğü üzere, dört alt havzada yer alan farklı gridlerin temsil ettiği alanlara ait, gelecek dönem maruziyet ana bileşeni indeks değerleri ve grafikleri verilmiştir. Bu grafiklerde yer alan gridlerin indeks değerleri karşılaştırıldığında; Sarız, Pozantı ve Ulukışla ilçelerinin olduğu bölgeler yüksek maruziyete sahipken, Feke ve Tomarza ilçe sınırlarında yer alan, 1648 ve 2046 nolu gridlere ait gelecek dönem maruziyet indeksleri düşük maruziyet göstermiştir. Ayrıca; alt havzalarda yer alan tüm gridlerin indeks değerleri pozitif iken, Gökusu Irmağı alt havzasının doğu kesiminde yer alan, 1648 nolu gridin gelecek dönem maruziyet indeks değeri, negatif bulunmuştur. Buda bizlere, gelecek dönemde bu alt havzalarda yapılacak tarımsal faaliyetlerin kuraklıktan en az etkileneceğini göstermektedir.



Şekil 4.32. Seyhan havzasındaki meteoroloji istasyonlarına karşılık gelen gridlerin gelecek dönem maruziyet bileşeni indeks değerleri

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Türkiye'nin akarsu havzalarından biri olan Seyhan Havzası'nda, meteorolojik kuraklığın tarım sektörü üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla bir tarımsal etkilenebilirlik çalışması yapılmıştır. Araştırmada yer alan değişkenler, verilerin yapısı ve kullanılan yöntemlerden elde edilen sonuçlar alt başlıklar halinde özetlenmiştir.

5.1.1. Maruziyet Alt Bileşenleri

Etkilenebilirlik çalışmasında yer alan maruziyet bileşeninin alt bileşenleri için, aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış verileri kullanılmıştır. Bunlar içerisinde geçmiş döneme ait olan eksik veriler tamamlanırken, gelecek dönem verilerinin (HadGEM2-ES/RegCM4.3) ise yanlılığı giderilmiştir. Bu süreçte geçmiş dönem verilere sahip olan istasyonların, uzun dönemli ortalama sıcaklık ve toplam yağış verileri kullanılarak meteoroloji istasyonları arasında korelasyonlar bulunurken, aylık periyot değerlendirildiğinde, bazı istasyonlar arasında ilişkinin olmadığı görülmüştür. Bu durum bilhassa yaz dönemleri için tespit edilmiştir. Diğer yandan, HadGEM2-ES/RegCM4.3 iklim projeksiyon modeline ait gelecek dönem yağış ve sıcaklık verilerinin yanlılıkları, ERA5 projeksiyon verileri ile düzeltilmiştir. Düzeltilmiş ve ham veriler karşılaştırıldığında, HadGEM2-ES/RegCM4.3 iklim projeksiyon modelinin sıcaklık değerlerini düşük ürettiği görülürken, yağış değerlerini yüksek tahmin ettiği sonucuna varılmıştır.

Meteorolojik kuraklığın belirlenmesinde, meteoroloji istasyonlarının eksik yağış verilerinin tamamlanmasının ardından SYİ Yöntemi kullanılarak, 30 yıllık dönemdeki 6 aylık meydana gelen kurak aylar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, Seyhan havzasının güneydoğu bölgesi ile güneybatı kesimleri, en fazla negatif SYİ sayısına sahipken, en az sayı doğu bölgesi için elde edilmiştir. Bununla birlikte, gelecek dönem verilerinden elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında, Aşağı Seyhan Ovası alt havzasının orta kesimi en yüksek, Göksu Irmağı alt havzası Sarız ilçesi mevkinin ise en düşük negatif SYİ sayısına sahip olduğu tahmin edilmiştir.

Maruziyet alt bileşenleri içerisinde bir diğeri olan iklim değişikliğinin belirlenebilmesi için, her bir meteoroloji istasyonuna ait, ortalamanın üzerindeki uzun yıllık yağışlı ve sıcak ayları sayıları belirlenmiştir. Geçmiş dönem için değerlendirildiğinde, ortalamanın üzerindeki yağışlı ayların sayısı bakımından en yüksek ve en düşük, sırasıyla havzanın doğu ve güney bölgesi yaz dönemlerinde elde edilmiştir. Sıcak ayların sayısı ise; en yüksek sayı, havzanın batı kesimlerinde kış periyodu için elde edilirken, Aşağı Seyhan Ovası alt havzasının orta kesimlerinin bahar döneminde, en düşük sayıya ulaşılmıştır.

Gelecek dönem incelendiğinde ise, en yüksek sayıda yağışlı aylar, Seyhan Barajı - Zamantı Göksu Birleşim Yeri alt havzasının Niğde-Ulukışla mevkisinin bahar döneminde bulunurken, en düşük ise havzanın batı kuzeybatı kesiminin yaz döneminde elde edilmiştir. Sıcak ayların sayısına gelindiğinde ise, Seyhan Barajı - Zamantı Göksu Birleşim Yeri alt havzası Karaisalı Ulukışla beldelerinin yaz ve bahar dönemlerinde, sırasıyla en yüksek ve düşük değerler elde edilmiştir. Diğer yandan, gelecek dönem için Seyhan Havzası alt havzaları ve onları oluşturan bölgelerin, iklim değişikliği etkisinde kalacağı ve bu değişimde batı-kuzeybatı hattının daha fazla etkileneceği tahmin edilmiştir.

5.1.2. Hassasiyet ve Adaptasyon Kabiliyeti Alt Bileşenleri

Hassasiyet ve Adaptasyon Kabiliyeti alt bileşenlerinin meydana getirilmesinde, literatür çalışmalarından yararlanıldığı gibi, Seyhan Havzasının coğrafi, sosyal ve kültürel yapısı göz önüne alınarak, araştırma alanına özgü parametreler oluşturulmuştur. Bunun için coğrafi olarak; Seyhan Havzası içerisinde yer alan göller, ormanlar, tarım alanları, çorak kesimler, dağlık alanlar ve yerleşim yerlerinin bitki örtüsü yoğunluğu bakımından ayrışması, bir hassasiyet alt bileşeni olarak değerlendirilmiş ve bunun sayısal olarak elde edilebilmesi için NDVI ortalama değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar göz önüne alındığında; araştırma alanının güney ve batı kesimlerinin, yoğun tarımsal faaliyetler nedeniyle benzer karakter sergileyerek, yıllık ortalama bitki örtüsü bakımından en yüksek değeri alırken, havzanın kuzeybatı kesiminde tarımsal faaliyetlerin az olması nedeniyle en düşük değere ulaşılmıştır. Öte yandan, Seyhan Havzası içerisinde, farklı yüksekliğe sahip coğrafi bölgelerin olmasının, iklim değişikliği açısından çeşitlilik yaratacağı düşünülerek, alt havzaların ortalama deniz seviyesi yükseklikleri karşılaştırılmıştır. Buna göre; araştırma alanının kuzeybatı ve güneybatı bölgelerinin ortalama deniz seviyesi bakımından yüksek, Aşağı Seyhan Ovası alt havzasının ise düşük olması, alt havzalar içerisinde yağış ve sıcaklık bakımından farklılıklara neden olmuş, bunun neticesinde hassasiyetin açıklanmasında önemli bir değişken olduğu düşünülmüştür.

Diğer taraftan, Seyhan Havzasında yaşayan çiftçilerin tarımsal faaliyetlerinin alt yapısını, gelir düzeyini, kuraklığa karşı mukavemetlerini ölçmek ve alt havzalar düzeyinde karşılaştırmak amacıyla, anket çalışmaları yapılmıştır. Anket sonuçları değerlendirildiğinde; merkezi yerleşim yerlerinde ve bu yerlere yakın kesimlerde yaşayan çiftçilerin, kırsal ve dağlık alanda yaşayanlara göre, eğitim seviyesinin daha yüksek olması; hem tarımsal faaliyetlerindeki alt yapılarını hemde kuraklığa karşı mukavemetlerini doğrudan etkilemiştir. Ayrıca, nüfusun daha yoğun olduğu bölgelerde (merkezi il-ilçe) yaşayan çiftçilerin, tarım dışı gelir kaynaklarının, daha çok olduğu gözlemlenmiştir.

Tarımsal faaliyetlerini sürdüren çiftçilerin içerisinden rastgele seçilen kişilerle yapılan bu anket çalışması sonucu, Seyhan Havzasının batı ve kuzey bölgelerinde yaşayan çiftçilerin diğer kesimlerdeki çiftçilere göre, kuraklığa karşı önlem, bilgi ve beceri hususunda daha zayıf olduğu belirlenmiştir.

5.1.3. Temel Bileşenler Analiz Sonuçları

Geçmiş dönemin değerlendirilmesi (1990-2020)

Maruziyet, hassasiyet ve adaptasyon kabiliyeti alt bileşenlerinin belirlenmesinin ardından, TBA yöntemiyle etkin alt bileşenler elde edilmiştir. Buna göre; havza genelinde meteorolojik kuraklık ve bunu destekleyen sıcaklık değişkeni, en etkin maruziyet alt bileşenlerini oluşturmuştur. Bu etkin alt bileşenlerle; SGZBI alt havzasının batı bölgesi ile Aşağı Seyhan Ovası alt havzasının güney kesimi, yüksek maruziyet gösterirken, en düşük Zamantı Irmağı ile Göksu Irmağı alt havzalarının kuzeydoğusu sınırlarında görülmüştür. Diğer taraftan, bitki örtüsü yoğunluğunu ifade eden NDVI alt bileşeni, en etkin hassasiyet alt bileşeni olarak bulunmuştur. Bu sonuç Seyhan Havzası için değerlendirildiğinde; Zamantı Irmağı alt havzasının kuzeybatı bölgesi ile Aşağı Seyhan Ovası alt havzasının güney bölgesi, en hassas kesimler olarak bulunurken, Seyhan Barajı - Zamantı Göksu Birleşim Yeri alt havzasının batı bölgesi ile yine Zamantı Irmağı ve Göksu Irmağı alt havzalarının kuzeydoğu sınırları, düşük hassasiyete sahip bölgeler olarak elde edilmiştir. Bununla birlikte, anket çalışmaları kapsamında oluşturulan, okuma-yazma bilen nüfus oranı, kuraklık hakkında bilgi ve önlem becerileri, en etkin adaptasyon kabiliyeti alt bileşenleri olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar göz önüne alındığında ise; Aşağı Seyhan Ovası alt havzasının kuzeybatı sınırı ile Göksu Irmağı alt havzasının doğu kesimleri, kuraklığa karşı en yüksek adaptasyona sahipken, Zamantı Irmağı alt havzasının batı-kuzeybatı sınırları, en düşük aralıkta yer almıştır.

Etkin alt bileşenlerin elde edilmesiyle, önce ana bileşenlerin sonra etkilenebilirliğin indeks değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde; Aşağı Seyhan Ovası alt havzasının güney cephesi, Seyhan Barajı - Zamantı Göksu Birleşim Yeri alt havzasının orta kesimi ve Zamantı Irmağı alt havzasının batı-kuzeybatı sınırları, kuraklığın tarım faaliyetleri üzerinde en çok etkilenebilir bölgeler olarak tespit edilirken, Zamantı Irmağı alt havzasının kuzeydoğu ile Göksu Irmağı alt havzasının doğu sınırları, etkilenebilirlik bakımından en düşük yerleri temsil etmiştir.

Maruziyet ve hassasiyet ana bileşenlerinin, etkilenebilirlik üzerinde pozitif bir etkiye sahipken, adaptasyon kabiliyetinin ise negatif bir etkisinin olması, alt havzalar içerisinde etkilenebilirliği değişken kılmıştır. Buna göre; Aşağı Seyhan Ovası alt havzasının meteorolojik kuraklığa ve yüksek sıcaklığa maruz kalmasının yanında, tarımsal faaliyetler sonucu bitki örtüsünün geniş olması, hassasiyeti arttırmış ve buda etkilenebilirliği yüksek seviyeye getirmiştir. Öte yandan, Seyhan Barajı - Zamantı Göksu Birleşim Yeri alt havzasının yüksek kuraklıkla birlikte, düşük hassasiyet ve adaptasyon kabiliyetine sahip olması göz önüne alındığında, alt havza içerisinde etkilenebilirliği, yüksek ve orta derecede göstermiştir. Bununla birlikte, Zamantı Irmağı alt havzasının bilhassa kuzeydoğu hattında, tarımsal aktivitelerin az ve ortalamanın üzerinde düşük sıcaklığa sahip olmasına ek olarak, kuraklığa karşı orta seviyede bir direnç göstermesi, etkilenebilirlik derecesini düşürmüştür. Göksu Irmağı alt havzası ise,

yüksek adaptasyona sahip olmasının yanısıra, diğer ana bileşenler bakımından Zamantı Irmağı alt havzasıyla benzer karakter göstermesi, etkilenebilirliğini azaltmıştır.

Gelecek dönemin değerlendirilmesi (2021-2098)

HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin, aylık ortalama sıcaklık ve toplam yağış verilerinde meydana gelen yanlılık sorunu giderilmiş ve geçmiş dönem verilerin analiz sonuçlarında yer alan, etkin maruziyet alt bileşenleri elde edilmiştir. Maruziyet haritası incelendiğinde ise; havzanın kuzeybatı ve doğu kesimleri hariç, neredeyse tüm bölgelerin maruziyet seviyelerinin arttığı gözlemlenmiştir. Bu durumun temel nedeni; tüm alt havzalar için HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin, ortalama sıcaklık değerlerini yüksek, toplam yağış değerlerini ise düşük tahmin etmesi, meteorolojik kuraklığı arttırmış ve bunun neticesinde maruziyetin yükseldiği sonucuna varılmıştır.

5.2. Öneriler

Araştırmadan elde edilen sonuçlar dikkate alınarak, sunulan öneriler şöyledir:

1. Etkilenebilirlik çalışmasının özgünlüğü, araştırma alanının farklılıklarını ortaya koyan alt bileşenlere ve onların veri aralıklarına bağlıdır. Bu nedenle, Seyhan havzasında meteoroloji istasyonlarının artması, araştırma alanında meydana gelecek iklim değişikliklerinin daha sağlıklı bir şekilde belirlenmesine olanak sağlayacaktır.
2. Yağış ve sıcaklık değişkenlerine ek olarak, farklı iklim parametreleri de (nem, rüzgâr ve basınç gibi) kullanılarak, meydana gelen iklim değişiklikleri farklı boyutlarıyla ele alınabilir.
3. İklim değişikliği konusunda, geliştirilecek HadGEM2-ES/RegCM4.3 bölgesel iklim modeli tahmin sonuçlarının, sorumlu birimlerin hazırlayacağı acil önlem planlarına daha gerçekçi yön verebilir.
4. Seyhan havzasına ait gelecek dönem iklim parametrelerinin tahmini için, araştırma alanının coğrafi, iklim ve sosyokültürel yapısını dikkate alacak şekilde, farklı iklim modelleri test edilebilir.
5. Araştırma alanında yaşayan çiftçilerle, daha fazla sayıda yapılacak bir anket çalışması, hassasiyet ve adaptasyon kabiliyeti alt bileşenlerinin veri kalitesini yükseltebilir, dolayısıyla etkilenebilirlik çalışmasının sonucunu iyileştirebilir.
6. Meteorolojik kuraklığın tarımsal faaliyetler üzerindeki olumsuz etkilerini azaltabilmek amacıyla, sorumlu kurum personeline ve bölgedeki çiftçilere su kaynaklarının korunması ve suyun etkin kullanılmasıyla ilgili eğitim seminerlerinin verilmesi gerekmektedir.

7. Araştırmadan elde edilen sayısal verilerle, tarımsal etkilenebilirliği en yüksek bölgelerin kuraklığa karşı adaptasyon kabiliyetlerini artırmak amacıyla planlamalar yapılabilir. Bunlar içerisinde; bilhassa kırsal kesimlerde yaşayan çiftçilerin gelir kaynaklarının artırılmasına yönelik yatırımların yapılması ya da çiftçilerin tarımsal faaliyetlerinde kullanabileceği fonların oluşturulması örnek gösterilebilir.
8. Seyhan havzasında tarımsal etkilenebilirliğe karşı hassasiyeti yüksek olan alt havzalardan küçük ölçekteki bölgelere kadar, tüm yerleşim yerlerinin karakteristik özellikleri dikkate alınarak, tarımsal etkilenebilirlik seviyesinin azaltılmasına yönelik önlemler alınabilir. Örneğin, bölgenin iklim ve coğrafi özelliklerine uygun tarım ürünlerinin yetiştirilmesi teşvik edilebilir.



KAYNAKLAR

- Adger, W.N., 1996. Approaches to Vulnerability to Climate Change. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment Working Paper GEC 96–05. Norwich, U.K.: University of East Anglia.
- Adger, W.N., Barnett, H., Brown, K., Marshall, N. ve O’Brien, K., 2012. Cultural Dimensions of Climate Change Impacts and Adaptation, DOI: 10.1038/NCLIMATE1666.
- Aksoy, H., Onoz, B., Cetin, M., Yuce, M.I., Eris, E., Selek, B., Aksu, H., Burgan, H.I., Esit, M., Orta, S. ve Cavus, Y., 2018. SPI-based Drought Severity-Duration-Frequency Analysis. 13th International Congress on Advances in Civil Engineering, 12-14 September 2018, Izmir/TURKEY.
- Alam, G.M., Alam, K., Mushtaq, S. ve Clarke, M.L., 2017. Vulnerability to climatic change in riparian char and river-bank households in Bangladesh: Implication for policy, livelihoods and social development. *Ecological Indicators*, 72, pp.23-32.
- Alkan, A. ve Temelli, S. U., 2020. Drought Monitoring Based On Satellite Data Of Seyhan Basin. *International Journal of Engineering Science and Application*, 4(3), 130-134.
- Alharbi, S., Nath, S., Faizan, O.M., Ul Hasan, M.S., Alam, S., Khan, M.A., Bakshi, S., Sahana, M. ve Saif, M.M., 2022. Assessment of Drought vulnerability through an integrated approach using AHP and Geoinformatics in the Kangsabati River Basin. *Journal of King Saud University - Science* Volume 34, Issue 8, November 2022, 102332.
- Al-Hassan, R.M., Kuwornu, J.K., Etwire, P.M. ve Osei-Owusu, Y., 2013. Determinants of choice of indigenous climate related strategies by smallholder farmers in Northern Ghana Br. *J. Environ. Climate Change*, 3 (2), pp. 172-187.
- Alnail M., Lia, J., Elarua, J., Elbashierb, M. M. A., Keesstrac, S., Artemie, C., Martina, K., Reubena, M. ve Tefferaaa, Z., 2018. Assessing drought vulnerability and adaptation among farmers in Gadaref region, Eastern Sudan. UN Environment-Tongji Institute of Environment for Sustainable Development, State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse Study, Tongji University, Siping Rd 1239, Shanghai, 200092, China.
- Alsumaiei, A.A. ve Alrashidi, M.S., 2020. Hydrometeorological drought forecasting in hyper-arid climates using nonlinear autoregressive neural networks *Water*, 12 (9), p. 2611, 10.3390/w12092611.
- Alter, O., Brown, P. O. ve Botstein, D., 2000. Singular value decomposition for genome-wide expression data processing and modeling. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(18), 10101-10106.

- Angelidis, P., Maris, F., Kotsovinos, N. ve Hrissanthou, V., 2012. Computation of drought index SPI with alternative distribution functions. *Water Resources Management*, 26(9), 2453-2473. <https://doi.org/10.1007/s11269-012-00260>.
- Araştırma Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Şube Müdürlüğü (ADBKŞM), 2015. Yeni Senaryolar ile Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği.
- Armah, F.A., Odoi, J.O., Yengoh, G.T., Obiri, S., Yawson, D.O. ve Afrifa, E.K., 2011. Food security and climate change in drought-sensitive savanna zones of Ghana Mitig. Adapt. Strat. Glob. Change, 16 (3), pp. 291-306.
- Atay, M.U., 2015. The Impact of Climate Change On Agricultural Production in Mediterranean Countries. Doktora Tezi, A Dissertation Submitted to The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University.
- Azhdari, Z., Bazrafshan, O., Zamani, H., Shekari, M. ve Singh, V.P., 2021. Hydro-meteorological drought risk assessment using linear and nonlinear multivariate methods *Phys. Chem. Earth, Parts A/B/C*, 123, Article 103046, 10.1016/j.pce.2021.103046.
- Bademci, V., 2014. Cronbach's Alpha is not a Measure of Unidimensionality or Homogeneity. *Journal of Computer and Education Research*, 2(3), 19-27.
- Balaganesha, G., Malhotraa, R., Sendhilb, R., Sirohia, S., Maitic, S., Ponnusamyc, K., ve Adesh Kumar Sharmaa, A.K., 2020. Development of Composite Vulnerability Indeks and District Level Mapping of Climate Change Induced Drought in Tamil Nadu, India, *Ecological Indicators* 113 (2020) 106197.
- Ballı, C., 2014. Bölgesel İklim Modelinin Farklı Konfigürasyonlarıyla Simüle Edilmiş Yağış Verisinin Türkiye Üzerindeki Yanlılık Düzeltmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ballı, C., 2019. İklim Değişikliğinin Kar Erimelerine ve Akımlarına Etkisinin Belirlenmesi Projesi, 2. Eğitim Çalışması. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Daire Başkanlığı.
- Balov, M. N., 2019. A Comprehensive Assessment on Various Impacts of Climate Change in Western Black Sea and Euphrates-Tigris Basins, Turkey. İstanbul Teknik Üniversitesi, Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Baltacı, G., 2019. Küresel İklim Değişikliği ve İklim Değişikliği Politikalarını Etkileyen Argümanlar. Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü, Selçuk Üniversitesi.
- Berry, P.M., Rounsevell, M.D.A., Harrison, P.A. ve Audsley, E., 2006. Assessing The Vulnerability of Agricultural Land Use and Species to Climate Change and The Role of Policy in Facilitating Adaptation, *Environmental Science & Policy* 9 (2006) 189–204.

- Bilgin, B., Bayindir, E., Demiralay, Z., Turp, M. T., An, N. ve Kurnaz, M. L., 2023. Human comfort analysis for Turkey's coastal tourism in a changing climate. *Theoretical and Applied Climatology*, 154(3), 945-958.
- Bizikovaa, I., Larkinb, P., Mitchellb, S. ve Waldickb, R., 2019. An Indicator Set to Track Resilience to Climate Change in Agriculture: A Policymaker's Perspective, *Land Use Policy* 82 (2019) 444–456.
- Bohle, H.G. 2001. Vulnerability and Criticality: Perspectives from Social Geography. *IHDP Update, Newsletter of The International Human Dimension Programme On Global Environmental Change (IHDP)* 2:1–4.
- Bro, R. and Smilde, A. K., 2014. Principal component analysis. *Analytical Methods*. The Royal Society of Chemistry. DOI: 10.1039/c3ay41907j.
- Brooks, N., 2003. Vulnerability, Risk and Adaptation: A Conceptual Framework. Working Paper 38. Norwich, U.K.: Tydall Centre for Climate Change Research, University of East Anglia.
- CDS, 2021. Climate Data Store, ECMWF Copernicus, <https://cds.climate.copernicus.eu>.
- Chambers, R. 1989. Editorial Introduction: Vulnerability, Coping and Policy. *IDS Bulletin* 20 (2): 7.
- Coulibaly, J.Y., Mbow, C., Sileshi, G.W., Beedy, T., Kundhlande, G. ve Musau, J., 2015. Mapping Vulnerability to Climate Change in Malawi: Spatial and Social Differentiation in the Shire River Basin, *American Journal of Climate Change*, 2015, 4, 282-294.
- Çalışır, E. ve Akpınar, A., 2020. ERA5 ve Era-Interim Rüzgarları ile Çalıştırılan Swan Model Sonuçlarının Performans Analizi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 25(1), 65-80.
- Das, S., Majumder, S. ve Sharma, K. K., 2023. Assessing integrated agricultural livelihood vulnerability to climate change in the coastal region of West Bengal: Implication for spatial adaptation planning. *Regional Studies in Marine Science*, 57, 102748.
- Demir, D., Atay, H., Eskioğlu, O., Tuvan, A., Demircan, M. ve Akçakaya, A., 2013. RCP4.5 Senaryosuna Göre Türkiye'de Sıcaklık ve Yağış Projeksiyonları, III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, Tıkdek 2013.
- Dendir, Z. Ve Simane, B., 2019. Livelihood Vulnerability to Climate Variability and Change in Different Agroecological Zones of Gurage Administrative Zone, Ethiopia, *Progress in Disaster Science* 3 (2019) 100035.
- Dikici, M., 2022. Drought analysis for the Seyhan Basin with vegetation indices and comparison with meteorological different indices. *Sustainability*, 14(8), 4464.

- Dong, Z., Pana, Z., An, P., Wang, L., Zhang, J., He, D., Han, H. ve Pan, X., 2015. A Novel Method for Quantitatively Evaluating Agricultural vulnerability to Climate Change, *Ecological Indicators* 48 (2015) 49–54.
- Downing, T.E., Butterfield, R., Cohen, S., Huq, S., Moss, R., Rahman, A., Sokona, Y. and L. Stephen. 2001. *Vulnerability Indices: Climate Change Impacts and Adaptation*. United Nations Environment Programme, Policy Series 3. New York: United Nations.
- Eroğlu, G. Ö., 2019. *The Role of Local Governments in Climate Change Adaptation: Achievements and Barriers in The Turkish Case*. Doktora Tezi, A Thesis Submitted to The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University.
- Etwire, P.M., Al-Hassan, R.M., Kuwornu, J.K. ve Osei-Owusu, Y., 2013. Application of livelihood vulnerability index in assessing vulnerability to climate change and variability in Northern Ghana. *Journal of Environment and Earth Science*, 3(2), pp.157-170.
- Fujihara, Y., Simonovic, S. P., Topaloğlu, F., Tanaka, K., ve Watanabe, T., 2008. An inverse-modelling approach to assess the impacts of climate change in the Seyhan River basin, Turkey/Une approche de modélisation inverse pour évaluer les impacts du changement climatique dans le bassin versant de la Rivière Seyhan, Turquie. *Hydrological Sciences Journal*, 53(6), 1121-1136.
- Füssel, H. Ve Füssel, M., 2007. Vulnerability: A Generally Applicable Conceptual Framework for Climate Change Research, *Global Environmental Change* 17 (2007) 155–167.
- Gbetibouo, G. A. ve Ringler, C., 2009. *Mapping South African Farming Sector Vulnerability to Climate Change and Variability*, IFPRI Discussion Paper 00885, August 2009.
- Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2013. *Adana Tarımsal Sulama Altyapısının Analizi Sulamanın Sorunları ve Çözüm Önerileri*, Yayın No: 26.
- Gogtay, N. J. ve Thatte, U. M., 2017. Principles of correlation analysis. *Journal of the Association of Physicians of India*, 65(3), 78-81.
- Golub, G. H. ve Van Loan, C. F., 2013. *Matrix computations*. JHU press.
- Guo, H., Feng, L., ve Wu, Y., 2022. Assessment of smallholders' vulnerability to drought based on household-scale planting strategies and adaptability: A survey study of Xinghe County. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 72, 102820.
- Guo, X., Zhang, Z., Zhang, X., Bi, M. ve Das, P., 2023. Landscape vulnerability assessment driven by drought and precipitation anomalies in sub-Saharan Africa. *Environmental Research Letters*, 18(6), p.064035.
- Climatic Conditions.

- Hakala, K., Jauhiainen, L., Himanen, S. J., Rötter, R., Salo, T. ve Kahiluoto, H., 2012. Climate Change and Agriculture Paper Sensitivity of Barley Varieties to Weather in Finland, *Journal of Agricultural Science* (2012), 150, 145–160. Doi:10.1017/S0021859611000694.
- Hasan, M.K. Ve Kumar, L., 2019. Comparison Between Meteorological Data and Farmer Perceptions of Climate Change and Vulnerability in Relation to Adaptation, *Journal of Environmental Management* 237 (2019) 54–62.
- Hebb, A. And L. Mortsch. 2007. Floods: Mapping Vulnerability in The Upper Thames Watershed Under a Changing Climate. Final Report of the Canadian Foundation for Climate and Atmospheric Sciences (CFCAS) Project: Assessment of Water Resources Risk and Vulnerability to Changing
- Ideki, O. ve Weli, V.E., 2019. Assessment of drought vulnerability and occurrence zones in north central Nigeria. *Atmospheric and Climate Sciences*, 9(03), p.298.
- IPCC, Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Fourth Assesment Report. Cambridge University Press, Cambridge, 2007.
- IPCC, Climate Change 2014: Synthesis Report Summary Chapter for Policymakers, 2014.
- Isinkaralar, O., Isinkaralar, K., Sevik, H. ve Küçük, Ö., 2024. Spatial modeling the climate change risk of river basins via climate classification: a scenario-based prediction approach for Türkiye. *Natural Hazards*, 120(1), 511-528.
- Kahraman, H., 2015. Açımlayıcı Faktör Analizinde Kullanılan Faktör Çıkartma Yöntemlerinin Karşılaştırılması. H.Ü. Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 94s.
- Kaiser, H. F., 1960. The Application of Electronic Computers to Factor Analysis. *Educational and Psychological Measurement*.
- Kaman, H. ve Çetin, M., 2015. Tübitak Aratırma Projesi Gelişme Raporu (Bilimsel Rapor), 4.
- Kanber, R., Baştuğ, R., Büyüktaş, D., Ünlü, M. ve Kapur, B., 2010. Küresel İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Ve Tarımsal Sulamaya Etkileri. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi At: Ankara. Volume: Bildiriler Kitabı, s.83-118.
- Kanber, R., Ünlü, M., Kapur, B., Özekici, B. ve Donma, S., 2019. Adaptation of contemporary irrigation systems to face the challenges of future climate changes in the mediterranean region: a case study of the lower seyhan irrigation system. *Climate Change Impacts on Basin Agro-ecosystems*, 125-161.
- Karaman, H., Burcu, A. T. A. R. ve Aktan, D. Ç., 2017. Açımlayıcı faktör analizinde kullanılan faktör çıkartma yöntemlerinin karşılaştırılması. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 37(3), 1173-1193.
- Karaman, S. ve Gökalp, Z., 2010. Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkileri, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1, 59-66.

- Keskiner, A.D., Cetin, M., Simsek, M., Akın, S. ve Cetiner, I., 2019. Probabilistic Regional Meteorological Drought Analysis with Standardized Precipitation Index and Normal Precipitation Index Methods in Geographic Information Systems Environment: A Case Study in Seyhan Basin. Volume 28-No. 7/2019 pages 5675-5688.
- Khan, M.M.H., Muhammad, N.S. ve El-Shafie, A., 2018. Wavelet-ANN versus ANN-based model for hydrometeorological drought forecasting Water, 10 (8) (2018), p. 998, 10.3390/w10080998.
- Kılıç, S., 2016. Cronbach'ın Alfa Güvenirlik Katsayısı. Journal of Mood Disorders Volume: 6, Number: 1, 2016. DOI: 10.5455/jmood.20160307122823.
- Kuwornu, J.K., Al-Hassan, R.M., Etwire, P.M. ve Osei-Owusu, Y., 2013. Adaptation strategies of smallholder farmers to climate change and variability: evidence from Northern Ghana Inf. Manage. Bus. Rev., 5 (5), p. 233.
- Kwak, J., Kim, S., Jung, J., Singh, V.P., Lee, D.R. ve Kim, H.S., 2016. Assessment of meteorological drought in Korea under climate change. Advances in Meteorology, 2016, pp.1-13.
- Lange, B., Holman, I. ve Bloomfield, J.P., 2017. A framework for a joint hydro-meteorological-social analysis of drought Sci. Total Environ., 578 (2017), pp. 297-306, 10.1016/j.scitotenv.2016.10.145.
- Laube, W., Schraven, B. ve Awo, M., 2012. Smallholder adaptation to climate change: dynamics and limits in Northern Ghana Climatic change, 111 (3–4) (2012), pp. 753-774.
- Lindoso, D.P., Rocha, J.D., Debortoli, N., Parente, I.C.I., Eiró, F., Bursztyn, M., Rodrigues Filho, S., 2012. Indicators for Assessing the Vulnerability of Smallholder Farming to Climate Change: The Case of Brazil, Semi-Arid Northeastern Region.
- Liu, X., Yanglin, W., Jian, P., Braimoh, A.K., ve He, Y., 2013. Assessing Vulnerability to Drought Based on Exposure, Sensitivity and Adaptive Capacity: A Case Study in Middle Inner Mongolia of China. Chin. Geogra. Sci. 2013 Vol. 23 No. 1 pp. 13–25 Springer Science Press. Doi: 10.1007/s11769-012-0583-4.
- Liverman, D.M., 1990. Vulnerability to Global Environmental Change. In Understanding Global Environmental Change: The Contributions of Risk Analysis and Management, R.E. Kasperson, K. Dow, D. Golding, And J.X. Kasperson, Eds. Worcester, Ma: Clark University.
- Liverpool-Tasie, L.S.O., Pummel, H., Tambo, J.A., Olabisi, L.S. Ve Osuntade, O., 2020. Perceptions and Exposure to Climate Events Along Agricultural Value Chains: Evidence from Nigeria, Journal of Environmental Management 264 (2020) 110430.
- Luers, A.L., D.B. Lobell, L.S. Skar, C.L. Addams and P.A. Matson. 2003. A Method for Quantifying Vulnerability, Applied to The Agricultural System of the Yaqui Valley, Mexico. Global Environmental Change 13: 255– 267.

- Mallari, Ve Alyosha E. C., 2016. Climate Change Vulnerability Assessment in The Agriculture Sector: Typhoon Santi Experience, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 216 (2016) 440 – 451.
- Marengo, J.A., Borma, L.S., Rodríguez, D.A., Pinho, P., Soares, W.R. ve Alves, L.M., 2013. Recent extremes of drought and flooding in Amazonia: vulnerabilities and human adaptation.
- Marigi, S.N., 2017. Climate change vulnerability and impacts analysis in Kenya. *American Journal of Climate Change*, 6(01), p.52.
- Mckee, T.B., Doesken, N. J., Kleist, J., (1993). The Relationship of Drought Frequency and Duration of Time Scales, presented at the 8th Conference on Applied Climatology. American Meteorological Society, Jan 17-23, Anaheim CA, pp: 179-186.
- Menike, L., Arachchi, K.K., 2016. Adaptation to Climate Change by Smallholder Farmers in Rural Communities: Evidence from Sri Lanka. *Procedia Food Science* 6, 288–292.
- Moeu, 2013. Turkey's Fifth National Communication Under The UNFCCC. Ankara, Turkey.
- Mohammed, A., Li, J., Elaru, J., Elbashier, M.M., Keesstra, S., Artemi, C., Martin, K., Reuben, M. ve Teffera, Z., 2018. Assessing drought vulnerability and adaptation among farmers in Gadaref region, Eastern Sudan. *Land use policy*, 70, pp.402-413.
- Nauditta, A., Stahlb, K., Rodríguezc, E., Birkeld, C., Formiga-Johnssone, R.M., Kalliof, M., Ribbea, L., Baez-Villanuevaa, O.M., Thurnera, J. ve Hann, H., 2022. Evaluating tropical drought risk by combining open access griddedvulnerability and hazard data products. *Science of The Total Environment*, Volume 822, 20 May 2022, 153493.
- Ndamani, F. ve Watanabe, T., 2016. Determinants of farmers' adaptation to climate change: A micro level analysis in Ghana. *Scientia Agricola*, 73, pp.201-208.
- Nematchoua, M.K., Orosab, J.A. Ve Reiter, S., 2019. Climate Change: Variabilities, Vulnerabilities and Adaptation Analysis - A Case of Seven Cities Located in Seven Countries of Central, Africa. *Urban Climate* 29 (2019) 100486.
- Jamir, C., Sharma, N., Sengupta, A. ve Ravindranath, N. H., 2013. Farmers' vulnerability to climate variability in Dimapur district of Nagaland, India. *Regional Environmental Change*, 13, 153-164.
- Jamshidia, O., Asadia, A., Kalantaria, K., Azadib, H., Scheffranb, J., 2019. Vulnerability to Climate Change of Smallholder Farmers in The Hamadan Province, Iran. *Climate Risk Management* 23, 146–159.
- Jia, H., Chen, F., Du, E. ve Wang, L., 2023. Drought Vulnerability Curve s Based on Remote Sensing and Historical Disaster Dataset. *Remote Sensing*, 15(3), p.858.
- Jiao, D., Xu, N., Yang, F. ve Xu, K., 2021. Evaluation of spatial-temporal variation performance of ERA5 precipitation data in China. *Scientific Reports*, 11(1), 17956.

- O'Brien, K.L., S. Eriksen, A. Schjolden and L. Nygaard. 2004a. What's in A Word? Conflicting Interpretations of Vulnerability in Climate Change Research. CICERO Working Paper 2004:04. Oslo, Norway: Centre for International Climate and Environmental Research.
- Oliver, M. A. 1990. Kriging: A Method of Interpolation for Geographical Information Systems. *International Journal of Geographic Information Systems*. 4: 313–332.
- Omar, A.A., Chiang, J.L. ve Daud, B.H., 2023. Spatiotemporal Analysis of Meteorological Drought Using Standardized Precipitation Index (SPI) in Gabiley Region, Somaliland. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 11(5), pp.47-59.
- Rabby, Y.W., Hossain, M.B. ve Hasan, M.U., 2019. Social vulnerability in the coastal region of Bangladesh: An investigation of social vulnerability index and scalar change effects. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 41, p.101329.
- Rama, C. A., Raju1, B. M. K., Subba, A. V. M., Rao, K. V., Rao, V. U. M., Ramachandran, K., Venkateswarlu, B., Sikka, A. K., Srinivasa, M., Maheswari, M. ve Srinivasa, Ch., 2016. A District Level Assessment of Vulnerability of Indian Agriculture to Climate Change, *CURRENT SCIENCE*, VOL. 110, NO. 10, 25 MAY.
- Ramirez-Velarde, R. V., Roderus, M., Barba-Jimenez, C. ve Perez-Cazares, R., 2014. A parallel implementation of singular value decomposition for video-on-demand services design using principal component analysis. *Procedia Computer Science*, 29, 1876-1887.
- Ravindranath, N. H., Rao, S., Sharma, N., Nair, M., Gopalakrishnan, R., Rao, A. S., ve Bala, G. (2011). Climate change vulnerability profiles for North East India. *Current Science*, 384-394.
- Razak, M. A. ve Kruse, S., 2017. The adaptive capacity of smallholder farmers to climate change in the Northern Region of Ghana. *Climate Risk Management* Volume 17, Pages 104-122.
- Said, A.A., Cetin, M. ve Yurtal, R., 2019. Drought Assessment and Monitoring Using Some Drought Indicators in the Semi-Arid Puntland State of Somalia. Volume 28-No. 11A/2019 pages 8765-8772.
- Sağlamoğlu, A., 2016. Doğu Akdeniz bölgesinde yağışların trend ve kurak dönem analizleri (Master's thesis, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi).
- Sanogo, A., Owusu, P.A., Kabange, R.S., Djire, B.I., Donkoh, R.F. ve Dia, N., 2023. Meteorological Drought Detection and Forecast Using Standardized Precipitation Index and Univariate Distribution Models: Case Study of Bamako, Mali. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 11(7), pp.30-55.
- Saptutyningisih, E., Diswandib, D. ve Jaungcdoes, W., 2019. Social Capital Matter in Climate Change Adaptation? A Lesson from Agricultural Sector in Yogyakarta, Indonesia, <https://doi.org/10.1016/J.Landusepol.2019.104189>.

- Sarkodie, S.A. ve Strezoveconomic, V., 2019. Social and Governance Adaptation Readiness for Mitigation of Climate Change Vulnerability: Evidence from 192 Countries, *Science of The Total Environment* 656 (2019) 150–164.
- Schilling, J., Freier, P.K., Hertige, E., Scheffran, J., Freier, K.P., Hertige, E. ve Scheffrana, J., 2012. Climate Change, Vulnerability and Adaptation in North Africa with Focus On Morocco, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 156 (2012) 12– 26.
- Sendhil, R., Jha, A., Kumar, A. ve Singh, S., 2018. Extent of vulnerability in wheat producing agro-ecologies of india: tracking from indicators of cross-section and multi-dimension data. *Ecol. Ind.* 89C, 771–780.
- Spinoni, J., Naumann, G., Carrao, H., Barbosa, P. and Vogt, J., 2014. World drought frequency, duration, and severity for 1951–2010, *International Journal of Climatology*, 34: 2792–2804.
- Standardized Precipitation Index User Guide (SPIUG), 2012. World Meteorological Organization. ISBN 978-92-63-11090-9.
- Stewart, G. W., 1993. On the early history of the singular value decomposition. *SIAM review*, 35(4), 551-566.
- Su, Z., He, Y., Dong, X. ve Wang, L., 2017. Drought Monitoring and Assessment Using Remote Sensing V. Lakshmi (Ed.), *Remote Sensing of Hydrological Extremes*. Springer Remote Sensing/Photogrammetry, Springer, Cham, 10.1007/978-3-319-43744-6_8.
- Taber, K. S., 2018. The use of Cronbach’s alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Research in science education*, 48, 1273-1296.
- Tanaka, K., Fujihara, Y., Watanabe, T., Kojiri, T. ve Ikebuchi, S., 2006. Projection of the impact of climate change on the surface energy and water balance in the Seyhan River Basin Turkey. *PROCEEDINGS OF HYDRAULIC ENGINEERING*, 50, 31-36.
- Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (TOBSYGM), İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi Proje Nihai Raporu EK 2–İklim Değişikliği Projeksiyonları 2016.
- Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (TOBSYGM), Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Daire Başkanlığı 2. Eğitim Çalışması. İklim Değişikliğinin Kar Erimelerine ve Akımlarına Etkisinin Belirlenmesi Projesi, 2019.
- Tao, S., Xu, Y., Liu, K., Pan, J. ve Gou, S., 2011. Research Progress in Agricultural Vulnerability to Climate Change, *ADVANCES IN CLIMATE CHANGE RESEARCH* 2(4): 203{210, DOI: 10.3724/SP.J.1248.2011.00203.
- Thom, H.C.S., 1966. Some Methods of Climatological Analysis. WMO N. 199. Technical Note N. 81., Ginevra. 53 p.

- Thompson, B., 2004. Exploratory and Confirmatory Factor Analysis: Understanding Concepts and Applications. (First Edition). Washington: American Psychological Association.
- Turhan, E., Zografos, C. ve Kallis, G., 2015. Adaptation as Biopolitics: Why State Policies in Turkey Do Not Reduce the Vulnerability of Seasonal Agricultural Workers to Climate Change, *Global Environmental Change* 31 (2015) 296–306.
- UNDP (United Nations Development Programme), 2002. Human Development Report. United Nations Development Programme. New York.: United Nations.
- Van Griethuijsen, R. A., van Eijck, M. W., Haste, H., Den Brok, P. J., Skinner, N. C., Mansour, N. ve BouJaoude, S., 2015. Global patterns in students' views of science and interest in science. *Research in science education*, 45, 581-603.
- Van Tuan, N., Van Hieu, N., Bang, N.K., Hai, P.H., Van, N.K. ve Hoa, T.T., 2023. Spatio-Temporal Analysis of Drought in the North-Eastern Coastal Region of Vietnam Using the Standardized Precipitation Index (SPI). *Atmospheric and Climate Sciences*, 13(2), pp.175-200.
- Vogl, S. ve Kunstmann, H., 2013. Lokale Verfeinerung und Bias-Korrektur von regionalen Klimaszenarien: Abschlussbericht Projekt VH-ID: 32722/TUF01UF-32722.
- Yılmaz, M., 2022. Türkiye Üzerinde ERA5 Saatlik Hava Sıcaklığı Verilerinin Doğrulanması. *Journal of Natural Hazards and Environment. (Doğ Afet Çev Dergisi)*. 2022; 8(2): 207-220, DOI: 10.21324/dacd.1001820.
- Wambua, R.M., Mutua, B.M. ve Raude, J.M., 2018. Detection of spatial, temporal and trend of meteorological drought using standardized precipitation index (SPI) and effective drought index (EDI) in the upper Tana river basin.
- Wang, X., Hou, X., Li, Z. ve Wang, Y., 2014. Spatial and temporal characteristics of meteorological drought in Shandong Province, China, from 1961 to 2008. *Advances in Meteorology*, 2014.
- Wirehn, L., Danielsson, A. ve Neset, T.S.S., 2015. Assessment of Composite Indeks Methods for Agricultural Vulnerability to Climate Change, *Journal of Environmental Management* 156 (2015) 70-80.
- Wiréhn, L., Opach, T. ve Neset, T.S., 2017. Assessing Agricultural Vulnerability to Climate Change in The Nordic Countries – An Interactive Geovisualization Approach, ISSN:0964-0568(Print)1360-0559(Online)Journalhomepage: <https://Www.Tandfonline.Com/Loi/Cjep20>.
- WMO, 2012. Standardized Precipitation Indeks User Guide. World Meteorological Organization, 1090:16.
- Zarafshani, K., Maleki, T., ve Keshavarz, M., 2020. Assessing the vulnerability of farm families towards drought in Kermanshah province, Iran. *GeoJournal*, 85, 823-836.

ÖZGEÇMİŞ

Muhammet Said GÖLPINAR, ilk, orta ve lise öğrenimini İzmir’de tamamladı. 2002 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Matematik Bölümü’nden 2006 yılında mezun oldu. Mezuniyet sonrası farklı özel kurumlarda matematik öğretmeni olarak görev yaptı. Askerlik görevini, 2009- 2010 yılları arasında kısa dönem erbaş olarak İstanbul’da tamamladı. 2013 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim dalında yüksek lisansa başladı ve 2017 yılında yüksek lisans çalışmasını tamamladı. Aynı yıl içerisinde, TYS bölümünde doktora eğitimine başladı. 2013 yılından beri Çukurova Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü’nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmakta, uluslararası dergilerde yayınlanan bilimsel yayınlara ek olarak çeşitli projelerde ve bu kapsamda tarımsal arazilerde aktif olarak çalışmalarını sürdürmektedir.





EKLER



İşletme Adı:

İşletme Sahibinin Adı Soyadı:

İşletme Adresi: (Şehir/ilçe)

S1) İşletme sahibinin yaşı

- 1) 25-35
- 2) 36-45
- 3) 46-55
- 4) 56-90

S2) İşletme sahibinin eğitim durumu nedir?

- 1) Okur yazar değil
- 2) Sadece okur yazar
- 3) İlkokul
- 4) Ortaokul
- 5) Lise
- 6) Üniversite
- 7) Lisansüstü

S3) Hanenizde kaç yetişkin (18 yaş ve üzeri) çalışmamaktadır?

S4) Hanenizde kaç yetişkin (18 yaş ve üzeri) tarımsal faaliyetlerde çalışmaktadır?

S5) Üretim yapılan alanın büyüklüğü ne kadardır? (Hektar)

- 1) 10-50 2) 50-100 3) 100-500 4) >500

S6) Tarım dışı ek geçim kaynaklarınız var mıdır? Varsa nelerdir?

- 1) Evet (.....) 2) Hayır

S7) Kuru tarım yapıyor musunuz? Yapıyorsanız yıllık üretim miktarı ne kadardır? (ton/dönüm)

- 1) Hayır
- 2) 1-100
- 3) 100-500
- 4) 500-1000
- 5) 1000—

S8) Sulu tarım yapıyor musunuz? Yıllık üretim miktarı ne kadardır? (ton/dönüm)

- 1) Hayır
- 2) 100-500
- 3) 500-1000
- 4) 1000--

S9) Su kaynağınız nelerdir?

- 1) Su tankı
- 2) Göl, nehir
- 3) Borulu sistem
- 4) Yağmur suyu
- 5) Diğer belirtiniz

S10) Alternatif su kaynağınız varmı? Varsa hangisidir belirtiniz?

- 1) Hayır 2)

S11) Toplam yıllık üretim miktarı ne kadardır? (ton/dönüm)

- 1) 100-500
- 2) 500-1000
- 3) 1000-1500
- 4) 1500--

S12) Yıllık kazancınız ne kadardır? (TL/yıl)

- 1) 20000-30000
- 2) 30000-40000
- 3) 45000-60000

4) 60000 ---

S13) Traktör, mekanik pulluk veya harman ekipmanı gibi tarımsal araçların hangilerine sahipsiniz?

- 1) Traktör
- 2) Mekanik pulluk
- 3) Harman ekipmanı
- 4) Diğer belirtiniz

S14) Daha verimli bir üretim için bunların dışında araç ve ekipmanları kullanıyor musunuz?

- 1) Evet 2) Hayır

S15) Yıllık su kullanım miktarı nedir? (ton/yıl)

S16) Yıllık su maliyeti nedir? (TL/yıl)

S17) Damlama / yağmurlama sulama gibi tasarruflu yöntemler kullanılmakta mıdır?

- 1) Evet 2) Hayır

S18) Kuraklık hakkında ne derece bilgiye sahipsiniz?

- 1) Hiç
- 2) Biraz
- 3) Yeteri kadar
- 4) İyi
- 5) Çok İyi

S19) Kuraklığın nedenleri sizce nelerdir? (Not: birden fazla şık işaretlenebilir)

- 1) Bilmiyorum
- 2) Yağışın azalması
- 3) Yağışın zamanı
- 4) Yağışın süresi
- 5) Hepsi

S20) Kuraklığın olumsuz etkileri sizce nelerdir belirtiniz? (Not: birden fazla şık işaretlenebilir)

- 1) Bilmiyorum
- 2) Su kaynaklarının kuruması
- 3) Ürünlerin zarar görmesi
- 4) Canlıların sağlıklarının bozulması
- 5) Hepsi

S21) Hava tahminlerini takip ediyor musunuz?

- 1) Evet 2) Hayır

S22) Hava tahminlerini hangi kaynaklardan alıyorsunuz?

- 1) Hiçbir kaynaktan
- 2) Söylenti
- 3) Radyo/Tv
- 4) İnternet
- 5) Tüm haberleşme kanal ve araçları

S23) Hava tahminlerine karşı nasıl tepki verirsiniz?

- 1) Dikkate almam
- 2) Tarımsal faaliyetlerimi değiştiririm
- 3) Daha fazla bilgi edinirim

S24) Tahmin edilen kuraklıklığa karşı mücadelede hangi önlemleri alırsınız? (Not: birden fazla şık işaretlenebilir)

- 1) Hiç almam
- 2) Ürün seçiminde değişiklik
- 3) Kuraklığa karşı kurumlardan bilgi ve destek almak
- 4) Gelirde kazancında farklı kaynaklar oluşturmak
- 5) Tarım sigortası yaptırmak

S25) Kuraklık süresince ek su kaynaklarınız var mı? Varsa nelerdir?

- 1) Hayır

- 2) Su tankı
- 3) Şebeke suyu
- 4) Depolanan yağmur suyu
- 5) Diğer

S26) Kuraklıkla mücadele konusunda gerekli kurum yada kuruluşlar tarafından bilgilendiriliyor musunuz? 1) Evet 2) Hayır

S27) Kuraklığın tüm dünya ve ülkemiz için bir sorun olduğunu düşünüyor musunuz?

- 1) Hiçbirzaman düşünmüyorum 2) Ara sıra düşünüyorum 3) Her zaman düşünüyorum

S28) Ormanların azalmasında kuraklığın bir etkisi olduğunu düşünüyor musunuz?

- 1) Hiçbirzaman düşünmüyorum 2) Ara sıra düşünüyorum 3) Her zaman düşünüyorum

S29) Kuraklığın tarımsal sulama üzerinde negatif etkisi olduğunu düşünüyor musunuz?

- 1) Hiçbirzaman düşünmüyorum 2) Ara sıra düşünüyorum 3) Her zaman düşünüyorum

S30) Kuraklığa bağlı olarak, uygun tohum ve çeşitleri konusunda devlet ve ilgili kuruluşlardan destek alıyor musunuz?

- 1) Almıyorum 2) Ara sıra 3) Her zaman

S31) Bölgenizde tarımsal sulamada suyun etkin ve tasarruflu kullanıldığını düşünüyor musunuz?

- 1) Düşünmüyorum 2) Ara sıra düşünüyorum 3) Her zaman düşünüyorum

S32) Su kaybını en aza indirmek için uygun sulama yöntemlerini uyguluyor musunuz

- 1) Kullanmıyorum 2) Ara sıra 3) Her zaman

S33) Kuraklığın, ekilen ürün çeşidine bir etkisi olduğunu düşünüyor musunuz?

- 1) Düşünmüyorum 2) Ara sıra düşünüyorum 3) Her zaman düşünüyorum

S34) Kuraklığa uyum için önerilen tedbirlerin çok pahalıya mal olacağını düşünüyor musunuz?

- 1) Düşünmüyorum 2) Ara sıra düşünüyorum 3) Her zaman düşünüyorum

S35) Kuraklığa uyum için çiftçiye verilecek kredi desteğinden yararlanır mısınız?

- 1) Yararlanmam 2) Ara sıra 3) Her zaman

S36) Son 10 yılda faaliyet gösterdikleri bölgede sıcaklıklarda artışın ve yağışlarda ise düşüşün olduğunu düşünüyor musunuz?

- 1) Düşünmüyorum 2) Ara sıra düşünüyorum 3) Her zaman düşünüyorum
-

Ek Çizelge 2. Anket çalışmasında yer alan sorular ve sayısal değerleri

Sorular	Cevap Şıkları ve Sayısal Değerleri
soru1	1=25-35, 2=36-45, 3=46-55, 4=56-90
soru2	1=Yok, 2=İlköğretim, 3=Lise, 4=Üniversite, 5=Lisans Üstü
soru3	1=Evet, 2=Hayır
soru4	1=1-5, 2=6-10, 3=11-25, 4=26-..
soru5	1=10-50, 2=50-100, 3=100-500, 4= ..>500
soru6	2=Evet, 1=Hayır
soru7	1=Hayır, 2=100-500, 3=500-1000, 4=1000--
soru8	4=Hayır, 3=100-500, 2=500-1000, 1=1000--
soru9	2=Su tankı, 2=Göl, 2=Nehir, 3=Borulu sistem, 1=Yağmur suyu, 2=Diğer
soru10	1=Hayır, 2=...
soru11	1=100-500, 2=500-1000, 3=1000-1500, 4=1500--
soru12	1=20000-30000, 2=30000-40000, 3=45000-60000, 4=60000 ---
soru13	1=Traktör, 1=Mekanik pulluk, 1=Harman ekipmanı, 1=Diğer
soru14	2=Evet, 1=Hayır
soru15	
soru16	
soru17	2=Evet, 1=Hayır
soru18	1=Hiç, 2=Biraz, 3=Yeteri Kadar, 4=İyi, 5=Çok İyi
soru19	1=Bilmiyorum, 2=Yağışın Azalması, 2=Yağışın Zamani, 2=Yağışın Süresi, 3=Hepsi
soru20	1=Su Kaynaklarının kuruması, 1=Kıtlık, 1=Ürünlerin zarar görmesi, 1=Canlıların sağlıklarının bozulması, 2=Hepsi
soru21	2=Evet, 1=Hayır
soru22	3=Radio/Tv, 3=Yerel Ajans, 1=Söylenti, 2=Geleneksel Kaynaklar, 3=Diğer
soru23	4=Tarımsal Faaliyetlerimi Değiştiririm, 3=Daha Fazla Bilgi Edinirim, 1=Dikkate almam, 2=Diğer
soru24	2=Ürün Seçiminde Değişiklik, 2=Kuraklığa Karşı Kurumlardan Bilgi ve Destek Almak, 2=Gelirde Kazancında Farklı Kaynaklar Oluşturmak, 2=Tarım Sigortası yaptırmak, 1=Diğer
soru25	1=Hayır, 2=Su tankı, 2=Şebeke Suyu, 2=Depolanan Yağmur suyu, 2=Diğer
soru26-33	2=Evet, 1=Hayır
soru34	1=Evet, 2=Hayır
soru35-36	2=Evet, 1=Hayır

Ek Çizelge 3. Alt bileşenler ve ilgili anket soruları

Alt Bileşenler	Anket Soru Numaraları
Sulu tarım yapılan arazilerin alanı (hektar)	S8
Kuraklık hakkında bilgi sahibi olma durumu	S2,S18,S19,S20,S21,S22,S23,S24,S25,S26,S28, S29,S30,S32,S35
Kuraklığa karşı önlem becerileri	S9,S13,S17,S22,S25,S26,S30,S32
Teknoloji kullanım durumu	S17,S25,S31,S32
Gelir durumu	S4,S5,S11