

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

AFET YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

KARADENİZ BÖLGESİ'NDEKİ KURAKLIK KOŞULLARININ SPI VE
YAPAY ZEKA TABANLI İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS

Yasemin DENİZ ÖZTÜRK

ŞUBAT 2022
GÜMÜŞHANE



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

AFET YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

**KARADENİZ BÖLGESİ'NDEKİ KURAKLIK KOŞULLARININ SPI VE
YAPAY ZEKA TABANLI İNCELENMESİ**

**SPI AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE BASED ANALYSIS OF DROUGHT
CONDITIONS IN THE BLACK SEA REGION**

YÜKSEK LİSANS

Yasemin DENİZ ÖZTÜRK

**ŞUBAT 2022
GÜMÜŞHANE**



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

AFET YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

**KARADENİZ BÖLGESİ'NDEKİ KURAKLIK KOŞULLARININ SPI VE
YAPAY ZEKA TABANLI İNCELENMESİ**

**SPI AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE BASED ANALYSIS OF DROUGHT
CONDITIONS IN THE BLACK SEA REGION**

YÜKSEK LİSANS

Yasemin DENİZ ÖZTÜRK

Danışman: Doç. Dr. Ramazan ÜNLÜ

**ŞUBAT 2022
GÜMÜŞHANE**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Yüksek Lisans olarak hazırlamış olduğum “**Karadeniz Bölgesi’ndeki kuraklık koşullarının SPI ve yapay zeka tabanlı incelenmesi**” isimli bu tezimin, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, alıntı yaptığım tüm çalışmaları kaynakçada belirttiğimi ve Gümüşhane Üniversitesi’nin lisanslı kullanıcısı olduğu intihal yazılım programı ile Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlediği kıstaslara uygun olarak raporladığımı taahhüt ederim. Tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü arşivinde saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

25/02/2022

.....
Yasemin DENİZ ÖZTÜRK

TEŞEKKÜR

Tez çalışmasındaki katkılarından dolayı başta danışmanım Doç. Dr. Ramazan ÜNLÜ olmak üzere, bilimsel yorum ve katkılarından dolayı Dr. Öğr. Üyesi Faize Sarış'a, tez yazım sürecindeki desteklerini hiç esirgemeyen eşim Muhammed Zeynel Öztürk'e, annem Rahime Deniz'e ve kardeşim Fadimana Deniz'e, meteorolojik verilerin temini konusunda yardımcı olan Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

Yasemin DENİZ ÖZTÜRK
GÜMÜŞHANE – 2022

ÖZET

Türkiye’de 1940’lı yıllardan beri birçok kuraklık analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda Türkiye’de en az incelenen bölgelerden bir tanesi Karadeniz Bölgesi’dir. Karadeniz Bölgesi Türkiye’nin en fazla yağış alan bölgesi olmakla birlikte yağış değerlerinde hem yıllara göre salınımlar yaşanmakta hem de kıyı alanlar ile iç kesimde yer alan alanlar arasında ciddi yağış farklılıkları oluşmaktadır. Bu çalışmada Karadeniz bölgesinde yer alan 26 meteoroloji istasyonu verilerine göre 1960-2020 arasında gerçekleşen kurak dönemler SPI ve yapay zeka yöntemleri kullanılarak incelenmiştir.

SPI değerlerinin değişimi dikkate alındığında, bölge genelinde daha nemli koşullara doğru bir geçiş yaşanmaktadır. Bu durum hem istasyon bazlı hesaplanan SPI ısı haritalarında hem de tüm bölge için hesaplanan ortalama SPI değerlerinde görülmektedir. Bölge genelinde nemliliğe doğru bir eğilim olmakla birlikte tüm bölge için oluşturulan yıllık SPI değerlerine göre son 60 yıl içerisinde 1972-1987 döneminin en kurak dönem, 1996, 1969, 1974, 1984, 1986, 1993 ve 2020 yıllarının orta ve şiddetli kurak şeklinde geçtiği görülmektedir. Türkiye’de oldukça kurak geçen 2020 yılında özellikle Karadeniz’in iç kesimlerinde kuraklık daha belirgin yaşanmıştır. 6 farklı değişken kullanarak yapılan 14 farklı yapay zeka tahminlerine göre Karadeniz bölgesinde en iyi kuraklık tahminlerini Random Forest, IBK ve Kstar modelleri vermiştir. En düşük doğruluk oranı ise Naive Bayes yöntemine aittir.

Anahtar Kelimeler: Afet, Karadeniz Bölgesi, Kuraklık, SPI, Yapay zeka.

SUMMARY

In Turkey, many scientific drought analysis studies have been carried out since the 1940s. In these studies, one of the least studied regions in Turkey is the Black Sea Region. Although the Black Sea Region is the rainiest region in Turkey, there are oscillations in precipitation amounts over the years and significant precipitation differences between the coastal and the interior areas. In this study, the drought periods between 1960 and 2020 in the Black Sea Region were examined using SPI and artificial intelligence methods using the data of 26 meteorological stations.

According to the SPI values, there is a transition towards more humid conditions throughout the region. This situation is seen both in the monthly SPI heat maps and in the average SPI values. Although there is a trend towards more humidity throughout the region, the period of 1972-1987 was the driest period in the last 60 years, and 1996, 1969, 1974, 1984, 1986, 1993, and 2020 years were moderately and severely drought. In 2020, which was quite arid in Turkey, drought was experienced more prominently, especially in the inner parts of the Black Sea. According to 14 different artificial intelligence prediction methods made using 6 different climate variables, Random Forest, IBK, and Kstar models gave the best drought predictions in the Black Sea region. The lowest accuracy rate belongs to the Naive Bayes method.

Keywords: Disaster, Blacks Sea Region, Drought, SPI, Artificial intelligence.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	III
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	IV
TEŞEKKÜR	V
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
İÇİNDEKİLER.....	VIII
TABLolar DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
EKLER DİZİNİ	XIII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XIV
1. GİRİŞ	1
1.1. Kuraklık Türleri	3
1.1.1. Meteorolojik Kuraklık	3
1.1.2. Hidrolojik Kuraklık	4
1.1.3. Tarımsal Kuraklık	5
1.1.4. Sosyoekonomik Kuraklık	6
1.2. Dünyadaki Büyük Kuraklık Afeti Örnekleri	6
2-LİTERATÜR ÖZETİ.....	9
2.1. Türkiye’deki Kurak Dönemler.....	9
2.2. Karadeniz Bölgesi’nde Kuraklık.....	10
2.3. Kuraklık Çalışmalarında Makine Öğrenmesi	11
2.4. Türkiye’de Kuraklık Çalışmaları Derlemesi	13
2.4.1. Yayınların Yıllara Göre Dağılışı.....	14
2.4.2. Çalışmalarda Kullanılan Analiz Yöntemlerine Göre Dağılışı	15
2.4.3. Çalışmalarda İncelenen Alanlar	18
2.4.4. Çalışmaların Bilim Dallarına Göre Dağılımı.....	20
3- MATERYAL VE YÖNTEM	21
3.1. Standart Yağış İndeksi (SPI)	21
3.2. Makine Öğrenmesi.....	24
4-BULGULAR VE TARTIŞMA	30
4.1. SPI Değerlerinin Alansal ve Zamansal Dağılımları.....	30
4.1.1. Ortalama Yağış ve SPI değerleri.....	30

4.1.2. Yıllık SPI Değerlerine Ait Isı Haritaları.....	33
4.1.3. Mevsimsel SPI değerleri.....	35
4.1.4. İstasyonlara Ait SPI değerleri	41
4.2. Makine Öğrenmesi Model Sonuçları	42
4.2.1. Akçakoca İstasyonu İçin Model Sonuçları.....	42
4.2.2. Bolu İstasyonu İçin Model Deneme Sonuçları	43
4.2.3. Samsun İstasyonu İçin Model Deneme Sonuçları	44
4.2.4. Çorum İstasyonu İçin Model Deneme Sonuçları.....	45
4.2.5. Hopa İstasyonu İçin Model Deneme Sonuçları	46
5-SONUÇ	48
KAYNAKÇA	50
EKLER DİZİNİ	57
ÖZGEÇMİŞ.....	64

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Bazı afet türlerinin özellikleri ve etkilerine göre karşılaştırması	3
Tablo 2. Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) kuraklık sınıflandırması.....	23
Tablo 3. Çalışmada kullanılan istasyonlar	24



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Kuraklık türleri, etkileri ve birbirleriyle bağlantıları	4
Şekil 2. 1990-2016 döneminde doğal afetlere bağlı gerçekleşen ölümlerin türlere ve yıllara göre değişimi.	6
Şekil 3. Türkiye ile ilgili yapılmış kuraklık çalışmalarının yıllara göre değişimi	15
Şekil 4. Türkiye’deki kuraklık ile ilgili yapılmış tez, ulusal makale ve uluslararası makalelerin yıllara göre dağılışı.....	15
Şekil 5. Kurak analizlerinden yaygın kullanılan yöntemlerin yayın türlerine göre dağılışı	17
Şekil 6. Çalışmalarda incelen bölgelere göre yayın sayısı.....	19
Şekil 7. Çalışmaların yapıldığı anabilim dallarına göre yayın sayısı	20
Şekil 8. Tezde kullanılan iş akış şeması.....	21
Şekil 9. Karadeniz Bölgesi’nin ortalama SPI değerlerine göre SPI sınıflarının gösterimi	23
Şekil 10. On katlı çapraz geçерleme.	25
Şekil 11. SMOTE yöntemi	26
Şekil 12. Dört boyutlu özellik uzayına sahip üç sınıftan oluşan bir karar ağacı yapısı. .	28
Şekil 13. İncelenen meteoroloji istasyonlarının dağılışı	30
Şekil 14. Tüm istasyonların ortalama değerlerine göre Karadeniz’de yıllık toplam yağış ve SPI değerlerinin yıllara göre değişimi.	31
Şekil 15. Karadeniz bölgesinde kıyıda bulunan istasyonların yıllık toplam yağış miktarı ve SPI değerlerinin yıllara göre değişimi	32
Şekil 16. Karadeniz bölgesinde iç kesimlerinde bulunan istasyonların yıllık toplam yağış miktarı ve SPI değerlerinin yıllara göre değişimi	32
Şekil 17. Çalışmada kullanılan SPI değerlerine ait renk ölçeği	33
Şekil 18. Yıllık SPI değerlerinin istasyonlara ve yıllara göre değişimini gösteren ısı haritası	34
Şekil 19. Kış mevsimi 1, 3, 6, 9, 12 ve 18 aylık SPI değerleri.....	37
Şekil 20. İlkbahar mevsimi 1, 3, 6, 9, 12 ve 18 aylık SPI değerleri	38
Şekil 21. Yaz mevsimi 1, 3, 6, 9, 12 ve 18 aylık SPI değerleri.....	39
Şekil 22. Sonbahar mevsimi 1, 3, 6, 9, 12 ve 18 aylık SPI değerleri	40
Şekil 23. Artvin istasyonu 1970-1979 yılları arasındaki 1 aylık ve 18 aylık SPI değerlerinin değişimi.	41

Şekil 24. Akçakoca ve Düzce istasyonlarının 1, 3, 6, 9, 12 ve 18 aylık SPI değerlerini gösteren ısı haritaları.	42
Şekil 25. Akçakoca istasyonu için sınıflandırma modellerinin doğru tahmin edilme oranları.	43
Şekil 26. Bolu istasyonu için sınıflandırma modellerinin doğru tahmin edilme oranları	44
Şekil 27. Samsun istasyonu için sınıflandırma modellerinin doğru tahmin edilme oranları.	45
Şekil 28. Çorum istasyonu için sınıflandırma modellerinin doğru tahmin edilme oranları	46
Şekil 29. Hopa istasyonu için sınıflandırma modellerin doğru tahmin edilme oranları .	47



EKLER DİZİNİ

Ek 1: İstasyonlara uygulanan 1, 3, 6, 9, 12 ve 18 aylık SPI değerlerini gösteren ısı haritaları.....	57
--	----



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AKİ	: Akım Kuraklık
ANFİS	: Adaptif Sinir Ağına Dayalı Bulanık Çıkarım Sistemi
CE	: Coefficient of Efficiency
°C	: Santigrad derece
EDO	: European Drought Observatory
IBk	: Instance Based Learning With Parameter k
ICO	: Iterative Classifier Optimizer
J48	: Decision tree
K-NN	: K-nearest neighbour- K-en yakın komşuluk
LMT	: Logistik Model Tree
mm	: Milimetre
MSE	: Mean Square Error- Model performansını ortalama kare hatası
SPI ve SYİ	: Standartlaştırılmış Yağış İndisi
SPEI	: Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi
SMOTE	: Synthetic Minority Oversampling Technique- Sentetik Azınlık Örneklem Arttırma Tekniği
SVM	: Support Vektör Machine, Destek vektör makineleri
r	: Korelasyon katsayısı
r ²	: Determinasyon katsayısı
YSA	: Yapay Sinir Ağları
WEKA	: Waikato Environment for Knowledge Analysis
W-Fuzzy	: Hybrid wavelet fuzzy
W-SVM	: Hybrid wavelet support vector machine
W-KNN	: Hybrid wavelet k - nearest neighbour

1. GİRİŞ

Kuraklık, dünyanın her yerinde görülebilen, iklimsel değişimlerden dolayı belirli alanlarda atmosferik, yeraltı veya yerüstü su kaynaklarının insanların ve bitkilerin ihtiyacını karşılayamayacak şekilde ortalamanın altında gözlenen su varlığı durumudur. Kuraklık temel olarak uzun süreli yağış eksikliği nedeniyle nem miktarında dengesizlikler oluşması, yüksek sıcaklıklar nedeniyle yüzey buharlaşmasının belirli bir dönemde normalden daha yüksek olması ile meydana gelen bir olaydır. Düşük nem ve rüzgâr gibi faktörler ise kuraklığın şiddetine ve süresine etki eden diğer faktörlerdendir (Wilhite ve Pulwarty, 2017: 4; Jalilzadenezamabad, 2019: 1).

Kuraklık köken olarak yağış azlığı olarak ifade edilir ancak tehlikeyi oluşturan bu kıtlık, yağış açığının uzun dönemlere yayılması, evapotranspirasyonun yüksekliği ve ayrıca bazı antropojenik etkilerle (fazla su çekimi, arazi örtüsü değişimleri vs.) gerçekleşir. Kuraklık koşulları bölgesel olarak farklılık göstermekle birlikte genel olarak bölgesel ölçekte su talebini karşılayamama durumu olarak özetlenebilir. Uzun süreli kuraklıklarda havadaki nem miktarındaki azalmalardan dolayı bitki ve orman ekolojisinde de kayıplar yaşanabilmekle birlikte kuru havanın orman yangınlarını da tetikleyeceği bilinmektedir. Örneğin, Ekim 2017'deki North Bay yangını ve Güney Kaliforniya yangınının büyüklüğü ve çıkma sebepleri arasında, dört yıllık şiddetli bir kuraklık vardır. Ayrıca bu yangında, sonbahar yağışlarının gecikmeli başlangıcı, rüzgarların yangının büyümesine yardımcı olduğu için etkilerinin de yıkıcı olmasına sebep olmuştur (Nauslar vd., 2018: 2).

Çok eski dönemlerden bu yana dünyanın çeşitli yerlerinde yıkıcı kuraklıklar olduğu bilinmektedir ve kuraklıklar insanlık tarihinde büyük savaşlar, göçler ve yıkımlar üzerinde etkili olmuştur. Örneğin, M.Ö. 2150 yılında yaşanan kuraklık sonucu Akad imparatorluğu yıkılmıştır. 1930-1940 yılları arasında Kuzey Amerika'nın iç kesimlerinde yaşanan kuraklıktan sonra kum fırtınası 400.000 km² alanı etkilemiş birçok bölgedeki yapıyı kumlar altında bırakmış ve büyük göçlere neden olmuştur, 1789 Fransız devrimi, 1917 Bolşevik Devrimi, Türkler'in Asya'dan Anadolu'ya göçü kuraklığın neden olduğu bazı sonuçlardandır (Cookson vd. 2019; Kadioğlu, 2008: 5). Kuraklık sadece günümüzün bir problemi olmayıp geçmişte de büyük yıkımlara yol açmış ve gelecekte ise karşı karşıya kalacağımız en önemli afetlerin başında gelmektedir. Geçmiş dönemlerde kuraklık tamamen doğal iklim değişikliğine bağlı olarak gerçekleşen doğal bir süreç iken, günümüzde insan kaynaklı küresel ısınma insan

etkinlikleri sonucunda gerçekleşmektedir. Küresel ısınma ile birlikte atmosfer, yer, okyanus arasındaki etkileşimler değiştiği için iklim değişikliği gerçekleşiyor ve kuraklık gibi ekstremelerin şiddet ve frekansını artırıyor. Buharlı makinelerin keşfi ve fosil yakıtlarının artması ile sanayinin gelişmesi atmosfere salınan karbon gibi sera gazlarının miktarında artışlara neden olmuştur. Atmosferde biriken bu sera gazları nedeni ile güneşten gelen ışınların tutulumu da artmıştır. Bu tutulma küresel olarak atmosferde ısınmaya sebep olarak okyanusların, karaların sıcaklığının artmasına ve bunun sonucu olarak da karalarda buharlaşma buzullarda ise erimeler meydana gelmektedir. Sanayileşmenin yanı sıra kentleşme ve nüfus artışı, orman alanlarının tahrip edilmesi ve daralması, kentsel yaşam alanlarında kullanılan su ihtiyacının artması gibi nedenlerden suyun kullanımının artması ve doğal ortam içerisindeki miktarını azalması kuraklıkların daha sık yaşanmasına yol açmaktadır. Yaşanan kuraklıkların sonuçları olarak kıtlıklar, açlık, salgın hastalıklar, çölleşme, büyük orman yangınları ve orman yangınlarından sonra meydana gelen yağışlar sonrasında çamur selleri, kum fırtınaları ve göçler yaşanmaktadır.

Kuraklık barındırdığı özelliklere göre diğer afet türlerinden ayrılmaktadır. Kuraklık doğal afetler içerisinde şiddeti, gerçekleşme süresi, etki alanı, ölüm oranı, ekonomik kayıplar, sosyal etkilerine bakıldığında kuraklık bütün bu saydığımız özelliklerde en uzun süren önemli bir afet türü olarak karşımıza çıkmaktadır (Bryant 1991; Tablo 1).

Yavaş gelişen ve hareket eden özelliğinden dolayı, etkisini oluşum sürecinde yavaşça çoğalarak (kümülatif) gösterir. Bu özelliğinden dolayı kuraklığın ne zaman başlayacağını ve ne zaman biteceğini belirlemek oldukça zordur (Akbaş, 2013: 3). Bu açıdan kuraklık günümüzün en önemli afet türlerinden biridir. Kuraklık zaman içerisinde çok yavaş geliştiği için kuraklığın izlenmesi, kuraklık analizi, kuraklık yönetimi ve etkilerinin azaltılması konusunda olduğu kadar, pek çok ekonomik ve sosyal planlama bakımından da faydalı olacaktır.

Tablo 1.Bazı afet türlerinin özellikleri ve etkilerine göre karşılaştırması (Bryant 1991).

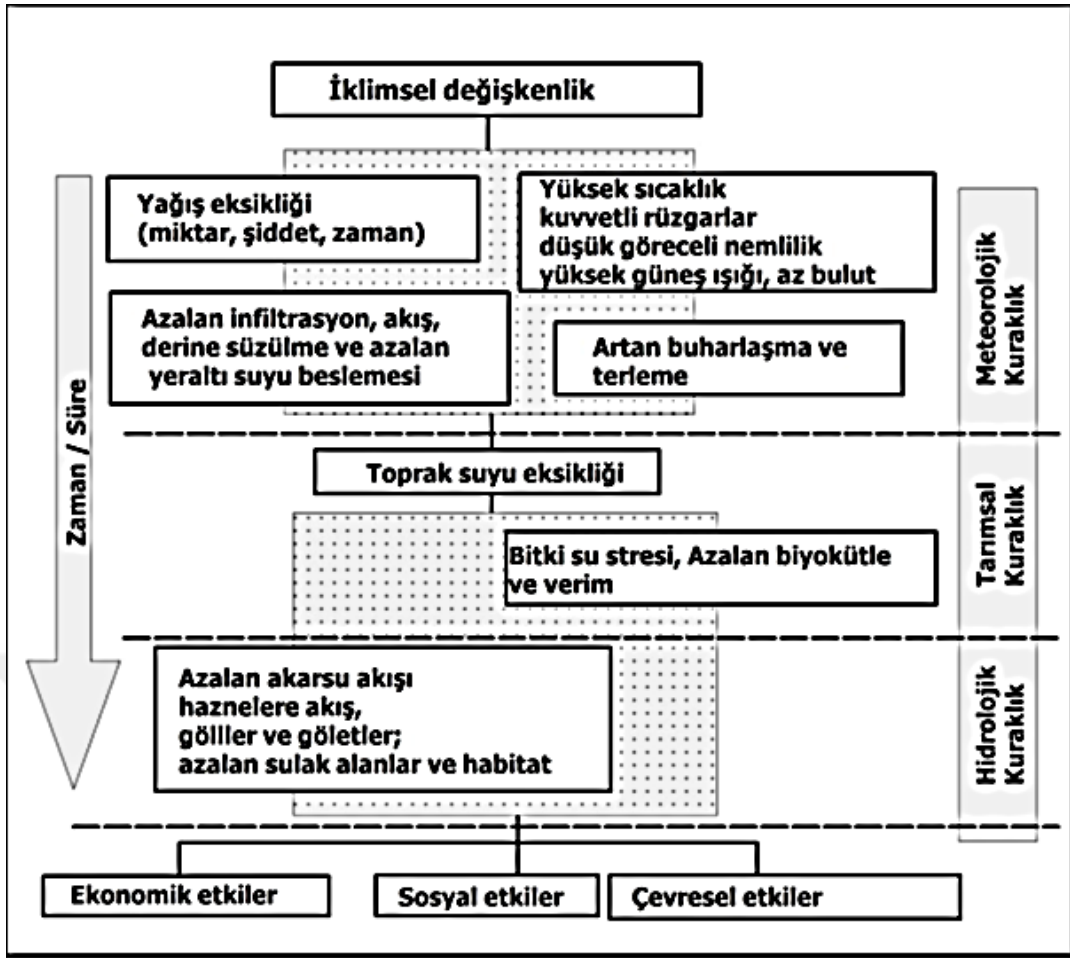
Afetin türü	Şiddeti	Afetin gerçekleşme süresi	Etki alanı	Ölüm oranı	Ekonomik kayıp	Sosyal etki	Uzun süreli etki
Kuraklık	1	1	1	1	1	1	1
Tropikal siklon	1	2	2	2	2	2	1
Bölgesel seller	2	2	2	1	1	1	2
Deprem	1	5	1	2	1	1	2
Volkan	1	4	4	2	2	2	1
Tsunami	2	4	1	2	2	2	3
Deniz seviyesi yükselimi	5	1	1	5	3	5	1
Heyelan	4	2	2	4	4	4	5
Kıyı erozyonu	5	2	2	5	4	4	4
Tornado	2	5	3	4	4	4	5
Fırtına	4	5	2	4	4	5	5
Yıldırım düşmesi	4	5	2	4	4	5	5
	1	= En uzun ve en önemli		5	= En kısa ve en önemsiz		

1.1. Kuraklık Türleri

Kuraklık genel olarak doğal ortamdaki suyun azalması şeklinde tanımlanmakla birlikte çeşitli kuraklık türleri tanımlanması bulunmaktadır. Şekil 1’de de gösterildiği gibi önce meteorolojik kuraklık, sonra tarımsal ve hidrolojik kuraklık olarak kuraklığın hidrolojik döngü içinde farklı depolarda yayılması/ilerlemesi söz konusudur. Kuraklığın sosyal etkisinin oluşmaya başlamasıyla birlikte sosyo-ekonomik kuraklık yaşanır (Wilhite ve Glantz, 1985).

1.1.1. Meteorolojik Kuraklık

Temel anlamda meteorolojik kuraklık bölgeye düşen yağışların bölgedeki suya olan ihtiyacı karşılayamaması durumudur (Türkeş ve Tatlı, 2008: 530). Ortalama miktar ya da normal ile karşılaştırıldığında ortaya çıkan kuraklık derecesine ve kurak dönem süresine göre belirlenir. Bu yüzden belli eşik değerden daha az yağışlı gün sayısını temel alarak kurak dönem tanımlanmaktadır. Meteorolojik kuraklık değerleri, seçilen bölgedeki atmosferik olaylar sonucunda oluşan yağmurların azalmasına bağlı olduğu için bölgeden bölgeye değişiklikler göstermektedir. Bu sebepten farklı ülkeler ve bölgeler için meteorolojik tanımlar değişkenlik göstermektedir (Özfidaner, 2020: 2).



Şekil 1. Kuraklık türleri, etkileri ve birbirleriyle bağlantıları (Akbaş 2013).

1.1.2. Hidrolojik Kuraklık

Hidrolojik kuraklık, meteorolojik kuraklığın uzun süre devam etmesi halinde oluşan kuraklık çeşididir. Uzun süreli yağış eksikliğinden kaynaklı yüzey akışı, kaynak sularındaki seviyelerin düşmesi, toprak neminin azalması, yeraltı sularının, göllerin ve nehirlerin seviyelerindeki ciddi düşüş olarak karşımıza çıkmaktadır. Hidrolojik kuraklık sırasında akım debilerinde azalma göllerde ve yeraltı sularında seviye kaybı gözlenir. Bu nedenle hidrolojik kuraklık analizi için akarsu akım verileri yaygın olarak kullanılmaktadır. Meteorolojik kuraklık ve hidrolojik kuraklık arasında belli bir zaman aralığı olduğu için meteorolojik kuraklığın ortadan kalksa dahi hidrolojik kuraklığın son bulması daha uzun zaman alabilmektedir (Kadıoğlu, 2008: 281). Hidrolojik kuraklık enerji üretiminde de eksikliklere neden olabilmektedir. Su seviyesi düşen barajlardan, akımı düşen nehirlerden elektrik üretilemediği için yerleşim yerlerinde, sanayi kuruluşlarında elektrik kesintileri olabilmektedir (Tosunoğlu, 2014: 3). Akış verilerinin yanı sıra hidrolojik kuraklığı etkileyen ana faktörlerden biri de bölgenin jeolojik yapısı olduğu saptanmıştır (Mishra ve Singh, 2010: 206).

1.1.3. Tarımsal Kuraklık

Tarım büyük ölçüde iklime bağlıdır ve aşırı iklim koşullarından olumsuz etkilenir. Tarımsal üretimdeki risklerin başında kuraklık gelmektedir. Klimatolojik olayların yanı sıra toprak tipi ve dokusu, toprak nemi tutma kapasitesi gibi etmenlerle de tarımsal kuraklığa etki eden faktörler arasındadır. Tarımsal üretimde yağışlı dönemdeki toprak nemliliği ürün üretimi için oldukça önemlidir. Sulama döneminde ise bölgelere göre farklılaşmakla birlikte akarsu, göl, baraj ve yeraltı sularından su çekimi yaygındır. Yağış açığı sonucunda toprak neminin azalması, sulama döneminin uzamasına neden olur. Ayrıca bir havzada yeraltı suyu birikimi, doğal toprak ve bitki örtüsü alanlarında gerçekleşen sızma ile ilişkilidir. Uzun süreli yağış azlığı toprakta su açığı oluşturacak ve ilerlemesi halinde de hidrolojik kuraklığa neden olacaktır (Şekil 1). Yağış yetersizliğinde ilk olarak bitkiler için gerekli olan topraktaki nem azalacaktır bundan da ilk etkilenecek olan tarımdır. Özellikle ekonomileri tarıma dayalı olan ülkelerde sulamadan kaynaklı üretimin azalması ile önemli toplumsal sorunlar oluşabilmektedir. Tarımsal kuraklığın süresi uzarsa üreticiler açısından, yetersiz beslenmeye, yetersiz beslenme hastalıklarına, kıtlığa, nüfus göçüne kadar ilerleyebilmektedir (Wilhite ve Glantz, 1985: 111). Sıcaklık artışından, yağış kıtlığından ya da yağışların normal zaman dışında düşmesinden kaynaklı üretimde kalitenin düşmesi ülke içi ve ülke dışı tarımsal ürünlerin satışında azalmalara neden olabilmektedir (Eslamian ve Eslamian, 2017: 74). Ayrıca tarımsal kuraklık tarımsal ürün miktarının yanı sıra hayvanlar için de tehlike doğurabilmektedir. Uzun süreli oluşan kuraklık sonucu meydana gelen kıtlıktan hayvan otlakları ve besicilik için yem temini sıkıntıları oluşmaktadır. Bunun sonucunda ise hayvansal besin kaynaklarında (et, süt, yumurta vb.) azalmalar, hayvan sayılarında ve balıkçılıkta kayıplara neden olabilmektedir.

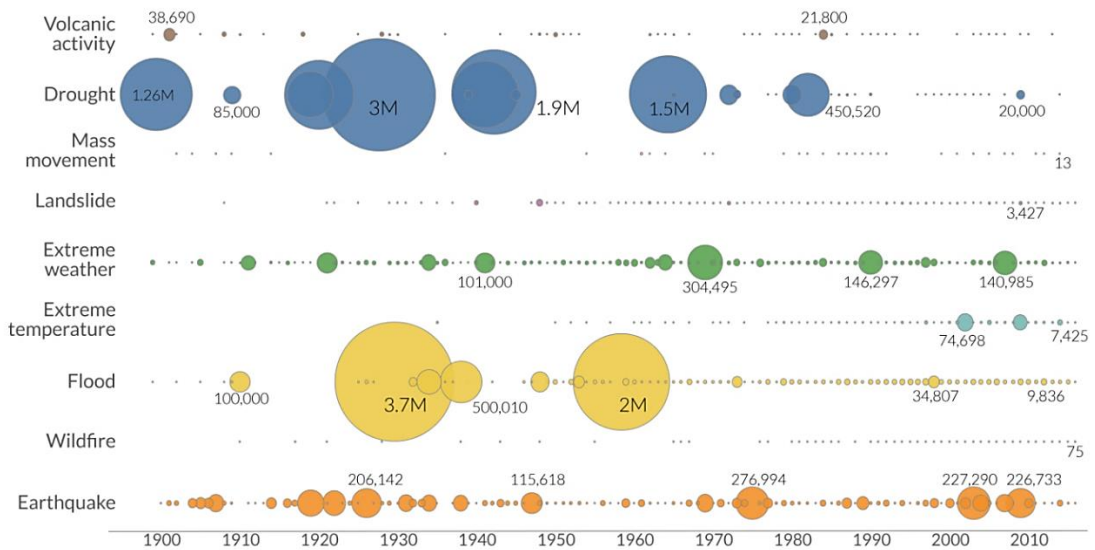
Türkiye'deki tarımda iklim değişikliği ve kuraklığa karşı duyarlıdır. Dellal ve McCarl (2010) yaptıkları araştırmada Türkiye'de kuraklığın ulusal ve bölgesel olarak % 4,5 ile % 15,3 aralığında olumsuz etkilediğini saptamışlardır. Ayrıca kuraklığa göre ekilen mahsullerdeki değişiklikler ve üretim miktarında azalmalar olduğunu belirtmişlerdir. Genel olarak mısır ve ayçiçeği ekilen alanlar azalmış arpa ve buğday alanları artmıştır. Karadeniz bölgesine bakıldığında ise ayçiçeğinden mısıra geçiş olduğu saptanmıştır. Bunun sonucu olarak da buğday ihracatında ciddi bir düşüş, mısır ithalatında ise artış olduğu gözlemlenmiştir.

1.1.4. Sosyoekonomik Kuraklık

Kuraklığın sosyal etkilerinde, yiyecek kıtlığı, yoksullukta artış, kırsal alanlardaki nüfus azalması, sosyal huzursuzluk ve göç gibi sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Bu olumsuz şartlar altında kurak bölgedeki insanlar yiyecek, içecek ve geçim kaynağı sıkıntısından dolayı stres altındadırlar. Temel enerji kaynağı olarak su kullanılan bölgelerde enerji yetersizliğinden dolayı sanayi kuruluşlarının üretimi sekteye uğraması hatta durması söz konusudur. Bunun yanında kuraklık sebebiyle sanayi kuruluşlarının tarımsal ham madde eksikliğinden çalışamaz duruma gelebilmektedir. Bu durumlar bölge halkının işsiz kalmasına sebep olarak ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Ayrıca uzun süren kuraklığın sonunda insanların yetersiz ve dengesiz beslenmesi sonucu metabolizmaları hastalıklara dirençsiz hale gelmektedir. Susuzluktan kaynaklanan hijyen yetersizlikleri de eklenince salgın hastalıkların çıkması ve hızla yayılması kolay olmaktadır. Bütün bu zorluklar insanları göç etmeye zorlamaktadır. Göç esnasında yine kayıplar verilmekte ve göç edilen bölgede işsizlik, konut, alt yapı gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır (Özüpekçe, 2020: 279-283).

1.2. Dünyadaki Büyük Kuraklık Afeti Örnekleri

20. Yüzyılda dünya genelini en çok etkileyen afetlerden biri kuraklıktır. Kuraklığın diğer afet türlerine göre daha yıkıcı ve uzun süreli etkileri olduğu bilinmektedir. Dünya genelinde kuraklıktan dolayı yaşanan ölümlere bakıldığında kuraklık diğer afet türlerine kıyasla hem yaşanma sıklığı hem de etki derecesi oldukça yüksektir (Şekil 2).



Şekil 2. 1990-2016 döneminde doğal afetlere bağlı gerçekleşen ölümlerin türlerine ve yıllara göre değişimi (URL-1, 2021).

Klimatolojik bir olay olan kuraklık, dünyanın neredeyse birçok bölgesinde meydana gelir ve fiziksel kayıplara, ekonomik zararlara, çevresel bozulmalara neden olur (Eslamian ve Eslamian, 2017: 74). Asya, Avrupa, Afrika, Avustralya, Güney Amerika, Orta Amerika ve Kuzey Amerika'da geniş alanları etkileyen ekonomik ve sosyal açıdan büyük zararlara neden olan kuraklıklar meydana gelmiştir (Mishra ve Singh, 2010: 204).

Amerika Birleşik Devletleri'nde 1986-1992, 1996 ve sonraki yıllarda iki büyük kuraklık yaşanmıştır. 1988'de yaşanan büyük kuraklığın ekonomik olarak zararının 40 milyar dolar olduğu tahmin edilmektedir. Bu zarar 1989 San Francisco depreminin neden olduğu kayıpların 2-3 katı olarak belirtilmektedir (Riebsame, 2019). 1996 yılındaki kuraklıkta ise tarımsal ve hayvansal üretimde ciddi kayıplar meydana gelmiş yine kuraklık sebebiyle şiddeti ve sıklığı artan orman yangınları çıkmıştır. Yeraltı ve yüzey su kaynaklarının azalması tarım ve su kaynaklarıyla ilişkili olan turizm ve eğlence faaliyetlerini de kısıtlamıştır. Bu dönemde Amerika'da toplam ekonomik kayıp yaklaşık 5 milyon dolardır. 2000-2004 yılları arasındaki aşırı kurak dönemler de ise Amerika Birleşik Devletleri'nin yaklaşık % 25'inden fazlası etkilenmiştir (Wilhite vd., 2007:767).

Avrupa'da kurak dönemler ise en büyüğü 1976'da olmak üzere 1989, 1991'de meydana gelmiştir. 1940'lardan 1950'lerin başına ve 1990'larda kuraklık sıklığının daha fazla olduğu fakat ara dönemlerde kuraklık sıklığının azaldığı tespit edilmiştir. Yaşanan kuraklıklarda Avrupa'nın iç kısmında kuraklık sıklığının daha fazla olduğu, kuzeybatı Avrupa sahil şeridi, Akdeniz sahilleri ve Alpler'de ise daha az olduğu tespit edilmiştir. Bölgesel olarak incelendiğinde İtalya, Kuzeybatı Fransa ve Kuzeybatı Rusya 40 ay gibi uzun süre kuraklığın görüldüğü yerlerdir. Ayrıca 2003 yılında yine Avrupa'nın birçok bölgesini etkileyen sıcak hava dalgası büyük tarımsal hasarların yaşanmasına neden olmuştur (Feyen ve Dankers, 2009: 16).

EDO (European Drought Observatory) Eylül 2020 raporlarına göre art arda üçüncü yıl, beklenmedik kurak koşullar Orta Avrupa'yı etkilemiştir. Orta ve Batı Avrupa'da 2020 baharının kurak döneminin ardından, Temmuz ayının Fransa, Belçika ve Güney Almanya'da normalden çok daha kurak geçtiği rapor edilmiştir. Kuzeydoğu Fransa ve çevresindeki (Seine ve Meuse nehirleri) nehir seviyelerinde düşüş olduğu, bu kuraklık sebebi ile mahsul verimi beklentilerinde düşüş yaşandığını, hem tüketim hem de endüstriyel soğutma için gerekli olan su temininde sorunlar bildirilmiştir. Ayrıca Fransa'daki ormanlar kurak koşullar nedeniyle stres altında olduğu raporlanmıştır (EDO, 2020, URL-2).

Afrika’da kurak dönemlere bakıldığında yarı kurak Sahel bölgesi denen Sahra Çölü ile yağmur ormanları arasında kalan bölgede çok şiddetli kuraklıklar yaşanmıştır. Yapılan araştırmalarda 1600 yılından bu yana bu bölgede her yüzyılda en az bir defa şiddetli kuraklığın yaşandığı saptanmıştır. Bölgedeki yağışların giderek azalması kuraklıkların gelecekte daha sık yaşanacağını göstergesidir. Yağış eksikliğinden kaynaklanan şiddetli kıtlıklarda bölgedeki insanların sosyal ve ekonomik olarak sıkıntılara girmesine neden olmuştur. Bölgede 1910’larda, 1940’larda kuraklıklar yaşanmış ayrıca en şiddetli kurak dönem olan 1960’larda, 1970’lerde ve 1980’lerde yaşanan kuraklıklar beraberinde kıtlıkların yaşanmasına da neden olmuştur (Batterbury ve Warren, 2001: 2-8).

Avustralya’da kuraklık sıklıkla yaşanan bir afet olmakla birlikte şiddetini artırdığı ve çok uzun yıllar devam ettiği dönemler bulunmaktadır. Bunlar Federasyon kuraklığı (1895–1902), II. Dünya Savaşı kuraklığı (1937–1945) ve Milenyum kuraklığı (1997–2010) üç büyük kuraklık dönemleridir. Son şiddetli kuraklık dönemi olan Milenyum kuraklığı neredeyse on yıl sürmüş, Güney ve Doğu Avustralya’nın çoğu bölgesini etkisi altına almıştır. Birçok nehrin akışında rekor düzeyde düşüşler yaşanmış, birçok çiftçiyi ekonomik olarak etkilenmiş ve ülke ekonomisinde de bozulmalara sebep olmuştur (Askarimarnani vd.,2020).

Bu tez çalışmasında kuraklık konusunda Türkiye’de ez az çalışılan alanlardan bir tanesi olan ve Türkiye’nin en yağışlı bölgesi olan Karadeniz Bölgesi’ndeki kuraklık koşulları SPI (Standartlaştırılmış Yağış İndisi) yöntemi ile incelenmiş ve makine öğrenmesi yöntemi kullanılarak çeşitli algoritmalara göre SPI sınıflarının tahmin edilebilirliği incelenmiştir.

2-LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Türkiye'deki Kurak Dönemler

Tarihi belgelere göre Anadolu coğrafyasında büyük açlık ve salgın hastalıklara yol açan kuraklık ve kıtlık olayları yaşanmıştır. Anadolu'da 1846 yılında yaşanan kuraklıkta, açlık ve salgın hastalıklar sebebi ile 6.000 kişinin öldüğü İngiliz Konsoloslugu kayıtlarında belirtilmektedir. 1874-75 yıllarında yaşanan kuraklıkta ise, yine İngiliz konsoloslugu raporuna göre, Ankara ve çevresinde, yaklaşık 20 bin kişi hayatını kaybetmiş ve bu sayının salgın hastalıklar ve kıtlık sebebiyle Anadolu genelinde 200.000 kişi olduğu tahmin edilmektedir (Erler, 1997).

Türkeş (1996) 1930-1993 dönemi arasındaki Türkiye'de 1971-74 ve 1989-93 yılları arasında iki büyük kurak dönem olduğunu ve bu iki dönem arasında kalıcı kuru koşulların oluşarak Türkiye çapında şiddetli kuraklık olduğunu belirtmiştir. 1973, 1984, 1989, 1990 yıllarında şiddetli ve yaygın kuraklık olaylarının meydana geldiğini özellikle 1973 kışının birçok meteorolojik istasyonlarda alınan verilere göre son 64 yılın en kurak dönemi olarak ifade etmiş ve Türkiye genelinde yağışların normalin altına düştüğü saptanmıştır (Türkeş, 1996). Ayrıca 2006, 2007, 2008 yıllarında da kurak yıllar tespit edilmiştir (Akbaş, 2014a:107).

Sönmez vd. (2005)'in 1951 ve 2001 yılları arasında SPI yöntemi kullanarak Türkiye genelinde kuraklık analizi sonucunda dört şiddetli kuraklık dönemi olduğunu saptamıştır. Bunlar 1953-1959, 1972-1977, 1989-1994 ve 1999-2001 olarak ifade edilmiştir. Bu kuraklık dönemlerinin diğer kısa dönem SPI değerleriyle karşılaştırıldığında 24 aylık değerlerde daha belirgin olduğu saptanmıştır (Sönmez vd., 2005).

1915, 1930 yıllarında ve 1970-1974 yılları arasında Türkiye önemli ölçüde ciddi bir kuraklık geçirmiştir. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde 1988-89 yılları en kurak dönemlerden biri olmuştur. Bölgedeki barajlardan Keban ve Karakaya barajlarını besleyen Fırat Nehri'nin debisi kurak dönemde oldukça azalmıştır. Bu sebeple komşu ülkelere söz verilen nehir akışının sağlanması için depolardan su temin edilmiştir. Yine bu dönemde İstanbul'da da ciddi kurak bir dönem yaşanmıştır (Kadioğlu, 2008: 14).

Cebeci vd. (2019)'nin Türkiye geneli 81 ildeki meteoroloji istasyon verilerine ait ortalama aylık toplam yağış miktarı ve aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılarak illere göre kurak dönemler belirlenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre son 15 yılda (2000-

2016) Türkiye’de nemli alan % 0.01 ve kurak alanlar % 1.79 oranında azalma gösterirken yarı nemli alanlarda % 1.25 ve çok kurak alanlarda % 0.56 oranında artış olmuştur. Yine çalışma sonuçlarına göre kuzeyden güneye doğru kuraklık artış göstermiştir. Ege, Akdeniz ve Doğu Anadolu Bölgelerinin bir bölümü ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi çok kurak, Trakya’nın bir bölümü ile Karadeniz kıyıları ise yarı kurak olarak saptanmıştır. Nemli sınıf sadece Karadeniz kıyılarında yer alırken iç bölgeler kurak özellikli olarak belirlenmiştir

2.2. Karadeniz Bölgesi’nde Kuraklık

Karadeniz Bölgesi Türkiye’nin en fazla yağış alan bölgesi olmakla birlikte Karadeniz’de de zaman zaman kuraklık olayları yaşanmaktadır. Akkemik vd. (2005)’e göre son 350 yılda Batı Karadeniz’de 29 kez bir yıl süreli, 5 kez iki yıl süreli kuraklık olduğu ve üç yıl süreli kuraklığın ise hiç olmadığı saptanmıştır.

Komuscu (1999, 2001)’e göre ise 1990’lı yılların sonuna doğru gözlenen kuraklıkta 1990-2000 yılları arasında birçok şehri şiddetli şekilde etkilenmiştir. Bu kuraklık İç Anadolu’da şiddetini artırmış ve sonrasında Karadeniz bölgesinin bazı kesimlerini de etkilemiştir. Örneğin 12 aylık SPI verilerine göre Trabzon’da 1955-1956 ve 1990-1994 yıllarında kurak dönemler saptanmıştır (Komuscu, 1999, 2001).

Karadeniz bölgesinde bulunan Samsun ilinin geniş ve tarımsal olarak verimli ovası olan Çarşamba Ovası’nda kurak dönemler yaşamıştır. Bunlar 1846 ve 1874 yıllarında Çarşamba Ovası’nın yanı sıra Ünye ve Terme bölgelerinde çeşitli tarım ürünlerinin yetiştirilmesini sıkıntıya sokmuştur. Özellikle bölgede yaşayan mısır yetiştiricilerin sıkıntıya girmesine neden olmuştur. 1887 yılında kuraklık o kadar şiddetli olmuştur ki çiftçiler o yıl hiç ürün alamamış ve birçok vilayette sefaletten dolayı devletten yardım istenmiştir. Bölgede devlet tarafından 474.340 kg mısır bölge halkına dağıtılmıştır. Bu dönemde yaşanan kuraklıkta birçok insanın kıtlıktan dolayı ot kökleri toplayıp yiyerek hayatta kaldığı, tarlalarına ekebilmek için tohumları yine devletten istedikleri belirtilmektedir (Ünlü, 2012: 126-131).

Saplıoğlu ve Çoban (2013) Karadeniz Bölgesinin tamamını 1971-2010 yılları arasındaki, 18 meteorolojik istasyon verileri kullanarak kuraklık çalışması yapmışlardır. Bu çalışmaya göre Amasya, Artvin, Bartın, Bayburt, Rize, Samsun, Sinop, Tokat, Trabzon, Zonguldak ve Giresun istasyonlarına ait yıllık toplam yağış değerlerinde Şen eğilim testine göre istatistiksel açıdan anlamlı artış görüşmüştür. Çorum ve Karabük yağış ölçüm verilerine göre azalış saptanmıştır.

Akbaş (2014b) Türkiye geneli Palmer kuraklık indisi kullanarak yaptığı kuraklık çalışmasında 1974 yılında meydana gelen kuraklığın nemli iklim özelliklerine sahip Doğu Karadeniz de bile görüldüğünü belirtmiştir. 1994 şubat ayı kuraklığında ise Batı Karadeniz'in batısı ve Trabzon evresinde, 2006 Temmuz ayı şiddetli kuraklıklarda yine Batı Karadeniz de, 2007 Temmuz ayı kuraklık şiddeti indisine bakıldığında Orta Karadeniz ve Batı Karadeniz'de kurak koşullar tespit edilmiştir.

Demir (2018) Karadeniz Bölgesinde yağışların trend analizi yüksek lisans araştırmasında 1960-2015 yılları arasındaki 19 meteoroloji istasyon verilerinin aylık toplam yağış verileri kullanılarak aylık, yıllık ve mevsimlik trendler belirlenmeye çalışmıştır. Run Homojenlik testi, Mann-Kendall, şen Trend ve Lineer Trend yöntemleri kullanılmıştır. Yıllık eğilim sonuçlarına göre, Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer alan istasyonlarda azalırken, Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan istasyonlarda arttığı tespit edilmiştir.

Beden vd. (2019)'nin Samsun ilinde yaptıkları kuraklık çalışmasında 12 aylık SPI sonuçlarına göre "şiddetli kuraklık" 1964, 1974, 1976, 1982 yıllarında olduğu, 3 aylık SPI sonuçlarında göre ise 1972 kışı, 1979 ilkbaharı, 2001 yazı, 1974 sonbaharı en kurak dönemler olduğu saptanmıştır.

Partal ve Yavuz (2020) Batı Karadeniz bölgesindeki istasyonlarda 1960-2015 yılları arasında Kasım, Aralık, Ocak aylarında yağışlarda azalma olduğunu belirlemişlerdir. Düzce istasyonunda Aralık, Karabük istasyonunda Kasım ayında azalma trendi belirlemişlerdir.

Balov ve Altunkaynak (2020) Batı Karadeniz ve Dicle Havzasının kuraklık indislerine göre karşılaştırmasını yaptıkları çalışmada, 1971-2000 dönemi referans alınarak ve gelecek için yapılmış küresel iklim modeli verilerine göre gelecekte (2040-2069, 2070-2099 dönemlerinde) kuraklığın alansal olarak nasıl bir dağılış göstereceği incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre gelecekte kuraklık olaylarının artacağı, bununla birlikte bölgelerin coğrafi özelliklerinin de kuraklığın alansal dağılışı üzerinde etkili olacağını belirtmişlerdir.

Yavuz (2020) yaptığı doktora tezinde Karadeniz Bölgesinde genel olarak izlenmiş nemli dönem sayılarında artış, kurak dönem sayılarında ise azalış olduğu saptamıştır.

2.3. Kuraklık alışmalarında Makine Öğrenmesi

Günümüzde birikerek artan verilerin yorumlanmasında istatistiksel olarak açıklanmasında ve birçok değişkenin aynı anda girdi olarak verilerek anlamlı bir sonuç çıkarmada kullanılan makine öğrenmesi kuraklık çalışmalarında da kullanılmıştır.

İncelenen araştırmalara göre kuraklık analizi yapılırken birçok algoritma ve trend analizleri makine öğrenmesi kullanılarak analiz edilmiştir.

Küçükyaman (2010) yüksek lisans tezinde Akdeniz bölgesinde yer alan Kovada Gölü'nde kuraklık analizi çalışmasında Adaptif Sinir Ağına Dayalı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFİS) ve Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanmıştır. İki modelde de girdiler ve çıktılar mevcuttur. Girdi olarak bir önceki ayın ve o ayın yağış verileri, çıktı ise standartlaştırılmış yağış indislerinden oluşmaktadır. Sonuç olarak ise YSA ile yapılan modellemedeki determinasyon katsayıları ANFİS modellemesine göre daha yüksek çıkmıştır. 3, 6, 9, 12 ve 48 aylık veri sonuçlarına göre en yüksek determinasyon katsayısı 48 aylık verilerde en yüksek olduğu saptanmıştır.

Oğuztürk (2010) yüksek lisans tez çalışmasında Kızılırmak Havzasında SPI ile kuraklık analizini YSA kullanarak incelemiştir. Çalışmada İleri Beslemeli Geri Yayılmalı Yapay Sinir Ağı ve danışmalı öğrenme yöntemi kullanılmıştır. Girdi ve çıktı verileri arasındaki en yaklaşık sonuçlar 12 aylık SYİ (Standartlaştırılmış Yağış İndisi) verilerinden elde edilmiştir. 1950 ile 2006 yılları arasındaki verilerin %75'i eğitim, %25'i test amacıyla kullanılarak ağ modeli geliştirilmiştir ve 2007 yılı verileri de gelecek tahmini için deneme olarak kullanılmıştır. Sonuçlarında ise uygulanan modellerden hangisinin daha iyi çalıştığı saptanmıştır.

Keskin ve arkadaşları (2011) göller yöresinde yaptıkları araştırmada 3, 6, 9, 12 aylık SYİ verileri ve YSA yöntemlerini kullanmışlardır. Modellere göre en iyi sonuçları 12 aylık SYİ değerleri vermiştir. Ortalama hata kareleri eğitim aşamasında 0,061 ile 0,153 arasında değişirken, SYİ 12 değerlerinde test aşamasında 0,09 ile 0,147 arasında değiştiği saptanmıştır. Hatta bazı istasyonların SYİ 12 değerlerine göre YSA modelleri eğitim aşamasında 0,930, test aşamasında 0,923 gibi yüksek R2 değerleri elde edilmiştir.

Katip (2018) Bursa da yaptığı araştırmada SPI 3, 6, 9, 12 ve aylık ortalama hava sıcaklığı, aylık ortalama maksimum hava sıcaklığı, aylık ortalama minimum hava sıcaklığı, aylık güneşli gün sayısı, aylık toplam yağış sayısı, aylık ortalama minimum toprak yüzey sıcaklığı, aylık ortalama 10 cm toprak sıcaklığı gibi değişkenleri ile YSA kullanarak altı farklı model geliştirmiştir. Model performansını ortalama kare hatası (MSE) ve korelasyon katsayısı (r) ile ölçmüştür. Modellerin farklı farklı etkinlikte olduğunu ortaya koymuş ve bu modellerin yerel yöneticiler ve su kaynakları yöneticileri tarafından dikkate alınması gerektiğini vurgulamıştır.

Boustani Hezarani (2018)'nin yaptığı doktora tez çalışmasında ise, hem akım gözlem istasyonlarından alınan veriler ile Akım Kuraklık İndisi (AKİ) hem de yağış

verileri ile standartlaştırılmış yağış indisi (SYİ) kullanılarak YSA ile kuraklık tahmin edilmeye çalışılmıştır. Böylelikle hem meteorolojik hem de hidrolojik kuraklık irdelenmeye çalışılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre SYİ ve AKİ birbirleri ile uyumlu sonuçlar vermiştir. YSA' ları ile yapılan tahminler de ise SYİ başarılı sonuçlar verirken, AKİ tahminleri çok başarılı sonuçlar vermemiştir.

Jalilzadnezamabad (2019) Palmer Kuraklık şiddeti indisini tahmin etmek için stand-alone Fuzzy, stand-alone k - nearest neighbour (KNN), stand-alone support vector machine (SVM), hybrid wavelet fuzzy (W-Fuzzy), hybrid wavelet support vector machine (W-SVM) ve hybrid wavelet k - nearest neighbour (W-KNN), kullanmış ve performanslarını karşılaştırmıştır. Bu karşılaştırmayı yaparken CE (Coefficient of Efficiency), R2 (Coefficient of Determination) ve MSE (Mean Square Error) ölçütlerini kullanmıştır. W-Fuzzy, W-KNN ve W-SVM modellerinin 3 aya kadar çok iyi aylık PDSI tahmin değerleri üretmiştir. Ancak, Fuzzy, KNN ve SVM modellerinin, 3 ay ve daha uzun süreli tahminlerde performansları düşük olarak saptanmıştır.

Başakın vd. (2019) Kayseri ilinde Palmer kuraklık indisini değerleri ile makine öğrenmesi yöntemlerini kullanarak bir, üç ve altı ay sonraki kuraklık değerlerini tahmin etmişlerdir. Destek vektör makineleri (SVM) ve K-en yakın komşuluk (KNN) algoritmalarını kullanmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre kullanılan yöntemlerin kuraklık tahminine katkıda bulunduğu belirlenmiştir.

Tufaner vd. (2019) Adıyaman'da yaptıkları kuraklık çalışmasında 1, 3, 12 aylık SPI verileri ile Yapay Sinir Ağları yöntemini kullanmışlardır. Aylık toplam yağış verileri, yağışın gerçekleştiği ay değerleri ve aynı zamana ait SPI değerlerini girdi olarak kullanılmıştır. Gizli katmanda 15 nöron seçilmiştir. Oluşturulan modelin performansına bakıldığında ise korelasyon katsayısı (r) ve determinasyon katsayısı (r^2) değerlerinin 1'e çok yakın olduğu belirlenmiştir. Bu da elde edilen modelin oldukça doğru sonuçlar verdiğini göstermektedir.

2.4. Türkiye'de Kuraklık Çalışmaları Derlemesi

Kuraklık etkileri bakımından ele alındığında dünya genelinde sürekli bir risk olarak değerlendirilebilir. Bu bağlamda birçok farklı bilim alanında araştırmalar yapılmıştır. Bu yüzden kuraklık ile ilgili dünya genelinde ve Türkiye genelinde geniş bir literatüre sahiptir. Kuraklıkla ilgili yapılan çalışmaların derlenmesinde farklı süreçler izlenmektedir. Örneğin; Çelik (2020)'nin yaptığı bir araştırmada dünya genelinde yapılan araştırmaların özet, anahtar kelime ve başlık bölümlerinde “kuraklık-meteoroloji”, “kuraklık-SPI”, “kuraklık-uzaktan algılama” ve “kuraklık-NDVI”

kavramlarını bir arada ele alan makalelerin bibliyometrik ağ taraması yapılmıştır. Bu çalışmada Scopus veritabanında tüm Dünyadan kuraklık ile ilgili 100 binin üzerinde makaleye ulaşılmıştır.

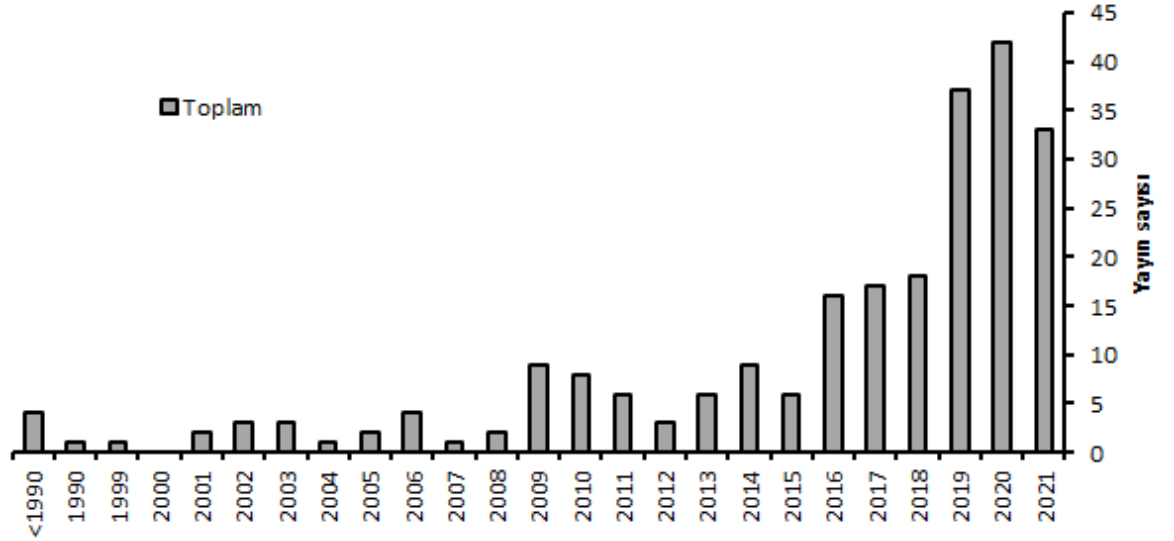
Bu tez çalışmasının bir bölümü kuraklık ile ilgili yapılan çalışmalarda hangi yöntemlerin kullanıldığı ve kuraklık çalışmaları Türkiye’de nerelerde yapıldığını saptamak için yapılmıştır. Çıkan sonuçlara göre tezde kullanılacak yöntem ve çalışılacak alan belirlenmiştir.

Bu bölümde ise meteorolojik veriler üzerinden herhangi bir istatistiksel yöntem kullanılarak Türkiye’nin geneli ya da bir bölgesindeki kuraklıklar ile ilgili yapılmış tezler, ulusal makaleler ve uluslararası makaleler derlenmiştir. Çalışmalar taranırken YÖK Tez Merkezi ve GOOGLE Akademik kullanılmıştır. Tarama terimi olarak “kuraklık” ve “drought” kelimeleri yazılarak araştırılmıştır. Başlığında ve anahtar kelimesinde kuraklık geçen ve kuraklığın saptanmasında herhangi bir kuraklık indisi kullanılan, yüksek lisans, doktora tezleri, ulusal ve uluslararası makaleler derlenmiştir. Veriler toplanırken kuraklıkla ilgili kitaplar ve bildiriler dahil edilmemiştir.

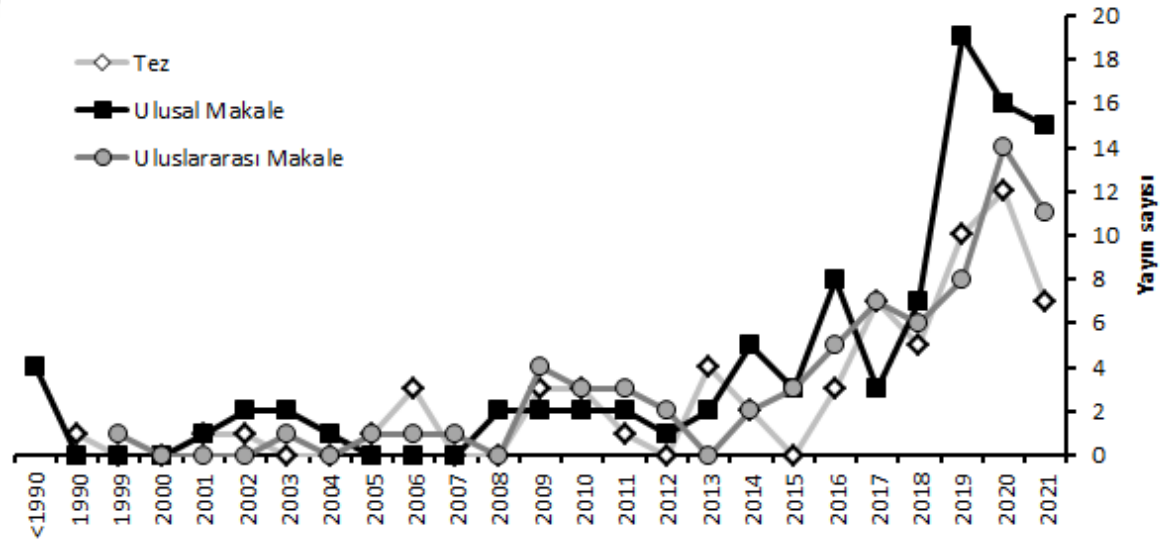
Yapılan literatür taramasında 64 yüksek lisans ve doktora tezine, 97 ulusal makaleye ve 72 adet uluslararası makaleye ulaşılmıştır. Ulaşılan bu toplam 233 adet çalışma yayın yılı, kullanılan kuraklık analiz yöntemleri, ilk yazarın bilim alanı ve çalışmada incelenen yere göre sınıflandırılarak frekans dağılımları oluşturulmuştur. Bu frekans dağılımları aşağıda alt başlıklar halinde açıklanmıştır.

2.4.1. Yayınların Yıllara Göre Dağılışı

Türkiye de kuraklık ile ilgili bilinen ilk çalışmalar 1943, 1956 ve 1965 yıllarında yapılmıştır (Tanoğlu, 1943; Tümertekin, 1956a ve 1956b; Erinç, 1965). İlk çalışmalar çok eski olmakla birlikte kuraklık ile ilgili çalışmalar 2000 yılı sonrasında artış göstermeye başlamıştır. Toplam yayın sayısı 2019 da 35 adet ve 2020 de 40 adedin üstüne çıkmıştır (Şekil 3). Bu yayınların türlerine göre dağılımına baktığımızda 64 adedinin yüksek lisans ve doktora tezi, 97 adedinin ulusal makale ve 72 adedinin uluslararası makale olduğu görülmektedir. Özellikle 2013 den sonra ulusal makale sayısında ciddi bir artış yaşanmıştır ve 2019 da 19 adet ulusal makale yapılmıştır. Benzer şekilde uluslararası çalışma ve tez sayısında da artış yaşanmıştır. 2020 yılında 12 adet tez ve 16 adet uluslararası makale yapılmıştır (Şekil 4).



Şekil 3. Türkiye ile ilgili yapılmış kuraklık çalışmalarının yıllara göre değişimi



Şekil 4. Türkiye’de ki kuraklık ile ilgili yapılmış tez, ulusal makale ve uluslararası makalelerin yıllara göre dağılışı

2.4.2. Çalışmalarda Kullanılan Analiz Yöntemlerine Göre Dağılım

Kuraklık çalışmaları temel olarak iki yönetime dayalı olarak incelenmektedir. Bunlardan ilki direk olarak kuraklık derecesini belirlemeye yarayan kuraklık indisleridir. Diğer grup ise iklim ve iklim değişikliği çalışmalarında yaygın olarak kullanılan ve çok farklı iklim verilerine uygulanan trend analizleridir. Kuraklık indisleri, kuraklığın oluşum sürecini, etkilerini, denetleyicileri ve sonuçlarını incelemek ve bunlara göre bir çıkarımda bulunulmasını sağlamaktadır. Son dönemlerde araştırmacılar, kuraklığı etkileyen birçok etmeni içine alan, çok değişkenli (yağış, sıcaklık, nem vb.) indeksler geliştirmeye çalışmışlardır. Dünya meteoroloji örgütü tarafından kuraklıkları belirleyebilmek için yaygın kullanılan 50 adet indis Kuraklık

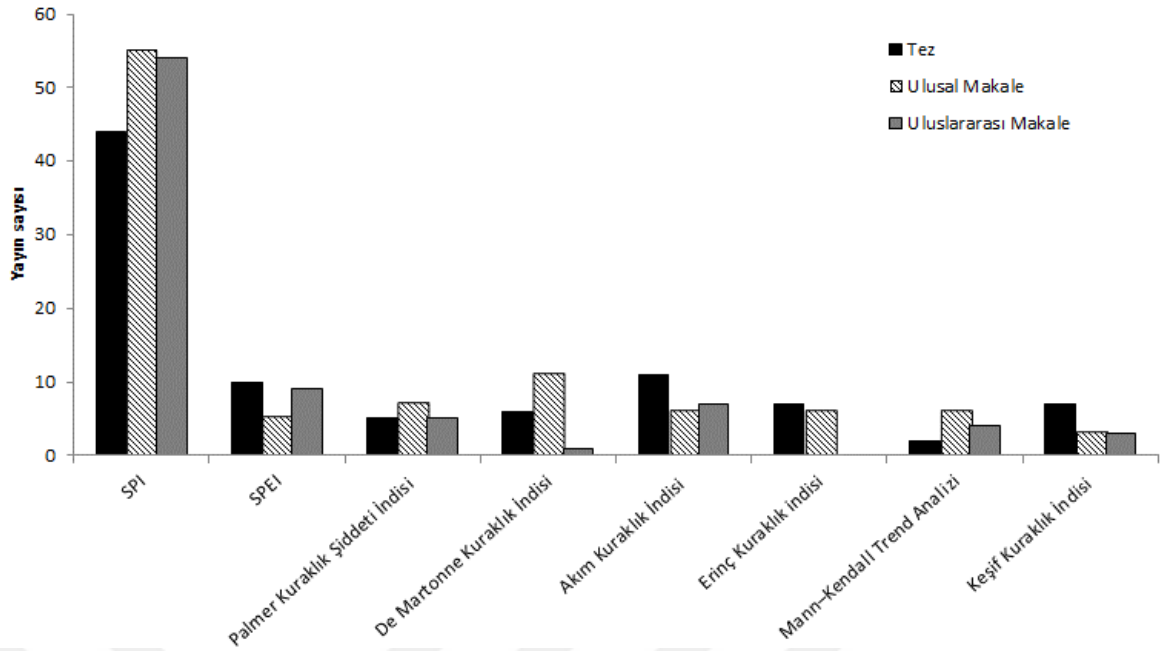
Göstergeleri ve İndisleri El Kitabında açıklanmıştır (Svoboda ve Fuchs, 2016). Bu indisler ile farklı istatistik yöntem ve teknikler kullanılarak geçmişteki kuraklıkları ve gelecekte oluşabilecek kuraklıkları belirlemeye çalışılmaktadır (Vazifekhah, 2018:6-7).

Tez çalışması kapsamında yapılan literatür çalışmasında ise tez çalışmalarında 38 farklı yöntemle göre kuraklığın incelendiği tespit edilmiştir. Ancak bunların hepsi direk olarak kuraklık belirleme yöntemlerinden değildir. Örneğin Mann-Kendall trend analizi, standart sapma ve iklim tipi belirleme çalışmaları gibi daha genel yöntemler de kuraklığı belirlerken kullanılmıştır. Yöntem sayısı çok fazla olmakla birlikte bazı yöntemlerin tezlerde çok yaygın kullanıldığı görülmektedir. Tezlerde 38 farklı yöntem kullanılmıştır. 44 tezde Standartlaştırılmış Yağış İndisi, 11 tezde Akım Kuraklık İndisi, 10 tezde Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI), 7 tezde Erinç Kuraklık indisi, 6 tezde De Martonne Kuraklık İndisi, 7 tezde Keşif Kuraklık İndisi, 5 tezde Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi, 2 tezde Mann-Kendall trend analizi, 40 tezde ise diğer yöntemler kullanılmıştır. Genel olarak çalışmalarda birden fazla yöntem aynı anda kullanılmaktadır (Şekil 5).

Taranan 97 ulusal makalede ise 47 farklı kuraklık belirleme yöntemi kullanılmıştır. Bunlardan 55 makalede SPI, 7 makalede Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi, 5 makalede SPEI, 11 makalede De Martonne Kuraklık İndisi, 6 makalede Akım Kuraklık İndeksi, 6 makalede Erinç Kuraklık indisi, 3 makalede Keşif Kuraklık İndisi, 6 makalede Mann-Kendall Trend analizi, 42 makalede ise diğer yöntemler kullanılmıştır (Şekil 5).

Taranan 72 uluslararası makalede kuraklık belirlemekte 29 farklı yöntem kullanılmıştır. Kullanılan bu yöntemlerin 54'ü SPI, 9'u SPEI, 7'si Akım Kuraklık İndeksi, 5'i Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi, 3'ü Keşif Kuraklık İndisi, 4'ü Mann-Kendall Trend analizi, 42'si ise diğer yöntemler olarak belirlenmiştir (Şekil 5).

Sonuç olarak tezlerde, ulusal ve uluslararası makalelerde 63 farklı yöntem kullanılmakla birlikte kuraklık çalışmalarında SPI en yaygın kullanılan kuraklık analiz yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 5). Çelik (2020)'nin Scopus veri tabanında yer alan dergilerde yayınlanan kuraklıkla ilgili araştırmaları taradığı çalışmasında Türkiye'de yapılan kuraklık ile ilgili çalışmalarda SPI metodu ön plana çıktığı, son dönemlerde de Palmer Kuraklık indisi kullanılarak yapılan çalışmaların yoğunluk kazandığı saptanmıştır. Bununla birlikte Dünyada yaygın olmasına rağmen uydu tabanlı kuraklık metodolojisi konusunda yapılan araştırmaların sayısının Türkiye'de oldukça az olduğunu saptamıştır.



Şekil 5. Kurak analizlerinden yaygın kullanılan yöntemlerin yayın türlerine göre dağılışı

Çalışmalarda en çok kullanılan yedi indisi kısaca açıklamak gerekirse;

Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) Mckee vd. (1993) tarafından geniş bir zaman aralığında yağış eksikliğinden kaynaklı kuraklığın tespiti için geliştirilmiş bir indistir. Meteorolojik verilerin izlenmesi ve öngörülmesi için kullanılan bu indiste sadece bir değişken gerekir. Yağış, kar örtüsü, akım gibi değişkenlerden sadece birini kullanarak da yağış eksikliği hesaplanabilmektedir. Bu yöntem tezde kullanıldığı için yöntem bölümünde detaylı olarak ele alınacaktır.

Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI), Vicente-Serrano vd. (2010) tarafından Standartlaştırılmış Yağış İndisi'nde olan eksiklikleri gidermek amacıyla geliştirilmiştir. SPI'de kullanılan yağış değişkenine ek olarak iklimdeki ısınma etkilerini hesaplayabilmek için meteorolojik değişkenleri de hesaba katmaktadır.

1965 yılında geliştirilmiş olan Palmer Kuraklık İndisi, sadece yağış eksikliğini değil diğer değişkenleri de dikkate alarak nem sapmalarını hesaplamaktır. Bu değişkenler yağış, sıcaklık, toprak nemidir. Ayrıca Palmer kuraklık indisinde uzun dönemli bir kuraklık içindeki anormal nemli ay ya da kuraklık sonrası normale yakın yağışlı olan birkaç ay kuraklığın bittiğini göstermemektedir (Palmer, 1965).

De Martonne Kuraklık İndisi, yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık verileri ile kullanılan bu indiste sulama ihtiyacını belirlemede kullanılır. De Martonne'un kuraklık belirlemede kullanılan iki formülü bulunmaktadır. Bunlardan ilki 1923 yılında geliştirilen yıllık yağış miktarları (mm) ile sıcaklığa (°C) kullanılarak,

ikincisi ise 1942 yılında Gottmann ile birlikte ilk formüle ek olarak, en kurak ayın sıcaklığı ve yağış miktarı da dikkate alınarak geliştirilmiştir (İrcan, 2020: 100).

Akım Kuraklık İndisi, Nalbantis (2008) tarafından geliştirilmiş bu indis bir bölgedeki hidrolojik kuraklığın saptanmasında kullanılır. Akarsu, nehir gibi su kaynaklarının aylık akım verileri kullanarak hesaplanır.

Erinç Kuraklık İndisi, yıllık toplam yağış ve maksimum sıcaklık verileri kullanarak hesaplanır ve bu indis iklim bölgelerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılır. Yağış miktarı ile maksimum sıcaklığın sebep olduğu, buharlaşma yoluyla yitirilen suyun miktarı arasındaki oran dikkate alınarak hesaplanır (Erinç, 1965). Kısacası bir bölgeye düşen yağış miktarı ile o bölgenin maksimum ortalama sıcaklığa bağlı kaybettiği su miktarı arasındaki orandır (Türkeş, 1990: 20-21).

Mann-Kendall Trend Analizi, tau istatistiği olarak da bilinir. Bu test hidro-meteorolojik zaman serilerinin trendlerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan, non-parametrik verilerin kullanılmasından tercih edilen bir testtir. Mevcut değişkenlerin yönü ve şiddetini belirlemede tercih edilmektedir (Yue vd., 2002: 254).

Keşif Kuraklık İndisi, kurak ve yarı kurak bölgelerde daha çok kullanılan meteorolojik bir indistir. Akdeniz bölgeleri için önerilen indisin çok kullanılmasının sebebi SPI indisinde olduğu gibi basitliğinden kaynaklanmaktadır. Fakat Keşif Kuraklık İndisinin farkı aylık yağışın etkilerine ek olarak potansiyel evapotranspirasyonun etkilerini de içermesidir (Tsakiris ve Vangelis, 2005: 5-8).

2.4.3. Çalışmalarda İncelenen Alanlar

Türkiye’de yapılan kuraklık çalışmalarında incelenen alanlar (1) Türkiye geneli, (2) bölgeler, (3) havzalar ve (4) il ve ilçe çalışmaları olarak 4 kategoride sınıflandırılmıştır.

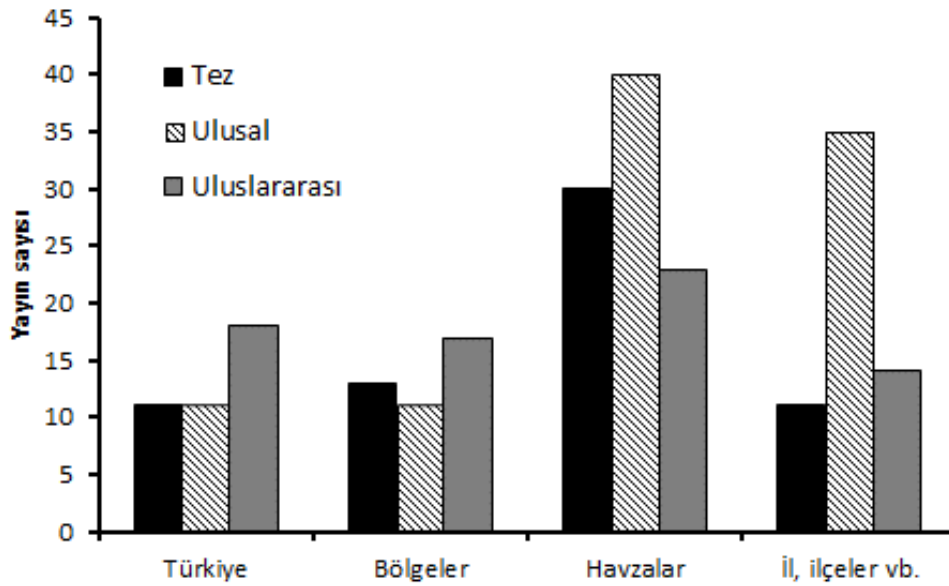
Tez çalışması olarak yapılan araştırmalarda Türkiye geneli 11 çalışma, bölgeler bazında 13 çalışma, havzalar olarak 30 çalışma, il ve ilçeleri inceleyen 11 çalışma bulunmaktadır. Bölgeler bazında yapılan çalışmaların 4’ü Güneydoğu Anadolu Bölgesi’ni, 3’ü Ege Bölgesi’ni, 2’si İç Anadolu Bölgesi’ni, 2’si Akdeniz Bölgesi’ni geri kalan 2 tanesi ise diğer bölgeleri ele almışlardır. Havzalar olarak yapılan çalışmaların 4 tane tez Konya Havzası’nı, 4 tane tez Seyhan Havzası’nı, 3 tane tez Fırat Havzası’nı geri kalan 14 tanesi ise diğer havzaları oluşturmaktadır.

Taranan ulusal makalelerde Türkiye genelini ele alan 11 çalışma, bölgeler bazında ele alınan 11 çalışma, havzalar olarak ele alınan 40 çalışma, il ve ilçeler olarak ele alınan 35 çalışma tespit edilmiştir. Bölgeler bazında yapılan çalışmalarda 4 makale

Güneydoğu Anadolu Bölgesi, 4 makale Ege Bölgesi, 3 tanesinde ise diğer bölgeleri ele almışlardır. Havzalar olarak yapılan çalışmalarda 4'ü Seyhan Havzası'nda, 3'ü Van Gölü havzasında, geriye kalan 33 çalışma ise diğer havzalarda yapılmıştır. İl, ilçe vb. bazında yapılan çalışmalarda ise 3 tanesi Muğla, 3 tanesi Antalya, 3 tanesi Ankara, 3 tanesi Konya da yapılmıştır.

Uluslararası yapılan makalelerde Türkiye genelini 18 makale, bölgeleri 17 makale, havzaları 23 makale, il, ilçe vb. 14 makale taranmıştır. Bölgeler bazında yapılan makalelerin 5'ü Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni, 4'ü Akdeniz Bölgesi'ni, 4'si İç Anadolu Bölgesi'ni geri kalan 4'ü ise diğer bölgeleri çalışmıştır. Havzalarda ise 4 makale Konya Havzası'nı, 3 makale Seyhan ve Ceyhan Havzası'nı çalışmıştır. İl ilçe vb. çalışmalarda ise 4 makale Ankara'yı çalışmıştır (Şekil 6).

Yapılan çalışmalara göre ülkemizin önemli tarım alanları olan Ege Bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi, İç Anadolu Bölgesi, Seyhan ve Ceyhan havzaları, Konya Havzası'nda daha çok kuraklık çalışması yapıldığı ortaya çıkmıştır. Aynı zamanda meteorolojik kuraklıktan sonra gelişen tarımsal kuraklık için bu bölge ve havzalarda kuraklık çalışmaların fazla olduğu saptanmıştır. Sadece Karadeniz bölgesinde yapılan kuraklık çalışmaları incelendiğinde ise 1 adet teze, 1 adet ulusal makaleye ve 1 adet uluslararası makaleye ulaşılmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda Karadeniz'de yapılan çalışmaların az olması sebebi ile tezde çalışılacak bölgenin Karadeniz Bölgesi olması belirlenmiştir.



Şekil 6. Çalışmalarda incelen bölgelere göre yayın sayısı

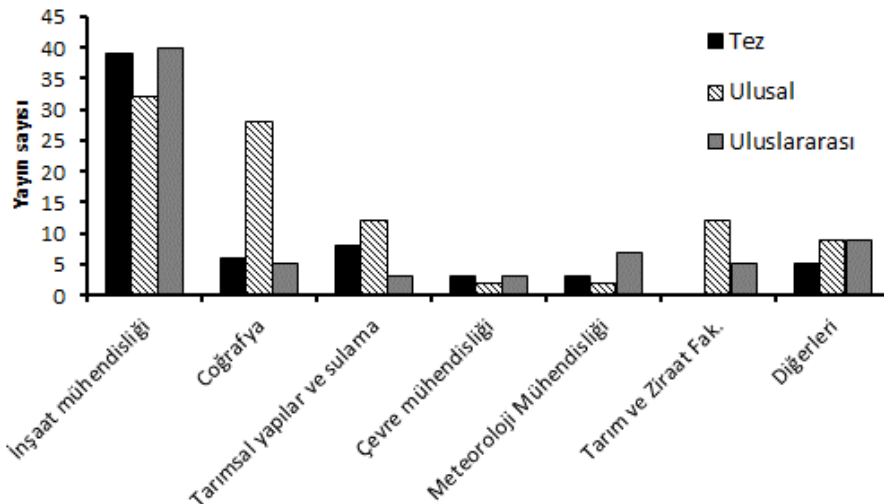
2.4.4. Çalışmaların Bilim Dallarına Göre Dağılımı

Kuraklıkla ilgili yapılan tez, ulusal makale ve uluslararası makale taramasında, yapılan çalışmaların ilk yazarlarının ana bilim dallarına göre sınıflandırma yapıldığında bütün çalışma türlerinde de İnşaat mühendisliğinin en fazla kuraklık çalışması yaptığı görülmektedir. Yapılan 233 kuraklık çalışmasında 111 tanesi İnşaat Mühendisliği tarafından, 39 tanesi Coğrafya Bölümü tarafından, 23 tanesi Tarımsal Yapılar ve Sulama bölümü, 12 tanesi Meteoroloji Mühendisliği, 17 tanesi Tarım ve Ziraat Bölümü, 8 tanesi Çevre Mühendisliği, 23 tanesi de diğer bölümler tarafından çalışılmıştır (Şekil 7).

Ayrı ayrı değerlendirilecek olursa Türkiye’de yapılan kuraklık çalışması ile ilgili tezlerde 39 tez İnşaat Mühendisliği tarafından, 8 tez Tarımsal Yapılar ve Sulama bölümü tarafından, 6 tez Coğrafya bölümü tarafından, geriye kalan 11 tez ise Çevre Mühendisliği, Meteoroloji Mühendisliği, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri gibi çeşitli bölümler tarafından çalışılmıştır(Şekil 7).

Ulusal makalelerde ise 32 çalışma İnşaat Mühendisliği, 28 çalışma Coğrafya bölümü, 12 çalışma Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 12 çalışma Tarım ve Ziraat Bölümü, geri kalan 13 çalışma ise, Meteoroloji Mühendisliği, Çevre Mühendisliği, Su ve Çevre Kaynakları Araştırma Merkezi, Orman Mühendisliği, İstatistik, Matematik, Mimarlık Mühendislik gibi çeşitli bölümler tarafından çalışılmıştır.

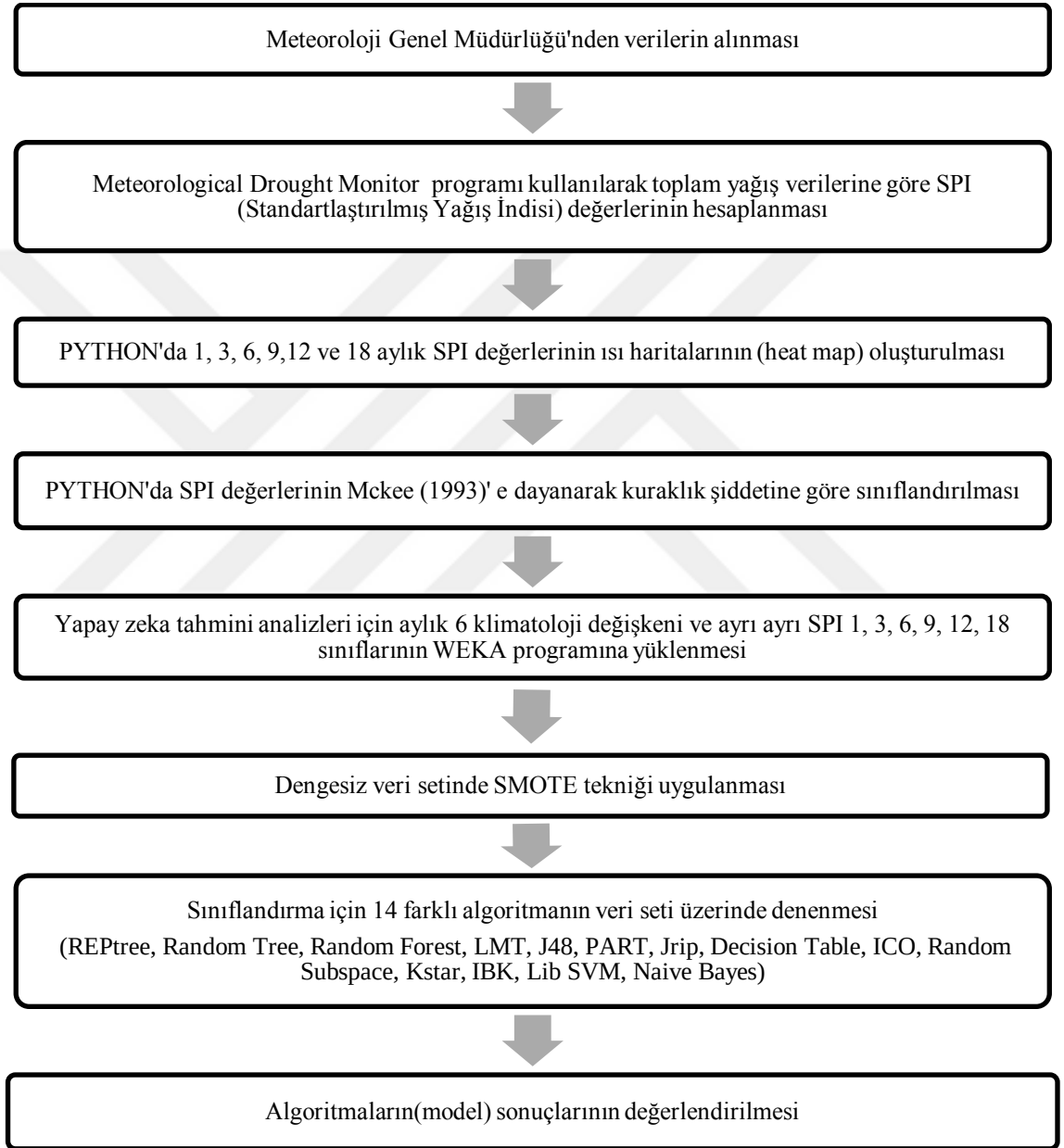
Uluslararası makalelerde ise 40 İnşaat Mühendisliği, 7 Meteoroloji Mühendisliği, 5 Coğrafya, 5 Tarım ve Ziraat Bölümü, 16 çalışma ise Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Çevre Mühendisliği, Su ve Çevre Kaynakları Araştırma Merkezi, Orman Mühendisliği, İstatistik, Enerji Mühendisliği gibi çeşitli bölümler çalışma yapmışlardır.



Şekil 7. Çalışmaların yapıldığı anabilim dallarına göre yayın sayısı

3- MATERYAL VE YÖNTEM

Tez çalışması kapsamında Meteoroloji genel müdürlüğünden alınan aylık veri setleri kullanılmıştır. Bu veri setlerine uygulanan yöntem aşamaları (Şekil 8) ve yöntemlerin açıklamaları aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.



Şekil 8. Tezde kullanılan iş akış şeması

3.1. Standart Yağış İndeksi (SPI)

Standart Yağış İndeksi (SPI) kuraklığı belirlemek ve geniş zaman içerisindeki şiddetini izlemek için Mckee vd. (1993) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde sadece bir giriş değişkeni gerekir ve bu değişkenler çeşitli zaman aralıklarıyla alınmış kar

örtüsü, yağış, akım, hazne depolama, toprak nemi verileri olabilir. Yağış eksikliği, ortalaması ve olasılığı ile ilgili bilgi verir. SPI'nın en güçlü özelliği çeşitli zaman aralıkları için de hesaplanabilir olmasıdır. Bu yöntem 1, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36 ve 48 ay gibi belirli zaman aralıklarında gözlenen yağış eksikliklerinin saptanmasında ön plana çıkmaktadır. Bu zaman aralıkları ile kuraklığın birikimli (kümülatif) etkisi ve büyüklüğü de hesaplanabilir (McKee vd. (1993).

Çoğunlukla aylık yağış verileri kullanılarak hesaplanmaktadır fakat günlük, haftalık, yıllık yağış verileri kullanarak da SPI değerleri hesaplanabilmektedir. Bu yöntemde kullanılan zaman serisi verileri belli bir uzunluğa sahip olması gerekmez. Fakat örnekleme hatalarını minimum indirmek için verinin en az 30 yıl olması gerekmektedir. Standartlaştırılmış normal değişkenin zaman serilerinde gama olasılık fonksiyonu hesaplanması, sıfır ortalama ile standart sapması bir olacak şekilde hesaplanmaktadır (Akramy, 2020: 23-24; Oğuz vd., 2021: 90; Eşitlik 1). SPI değeri Eşitlik 1 ile hesaplanır.

$$SPI = \frac{X_i - X_{ort}}{\sigma} \quad (\text{Eşitlik 1})$$

Formüldeki,

X_i , ölçülen yağış verisini,

X_{ort} , yağış ortalamasını,

σ ise standart sapmayı ifade etmektedir.

SPI indisinin hesaplanmasında aşağıdaki yöntemler izlenmektedir;

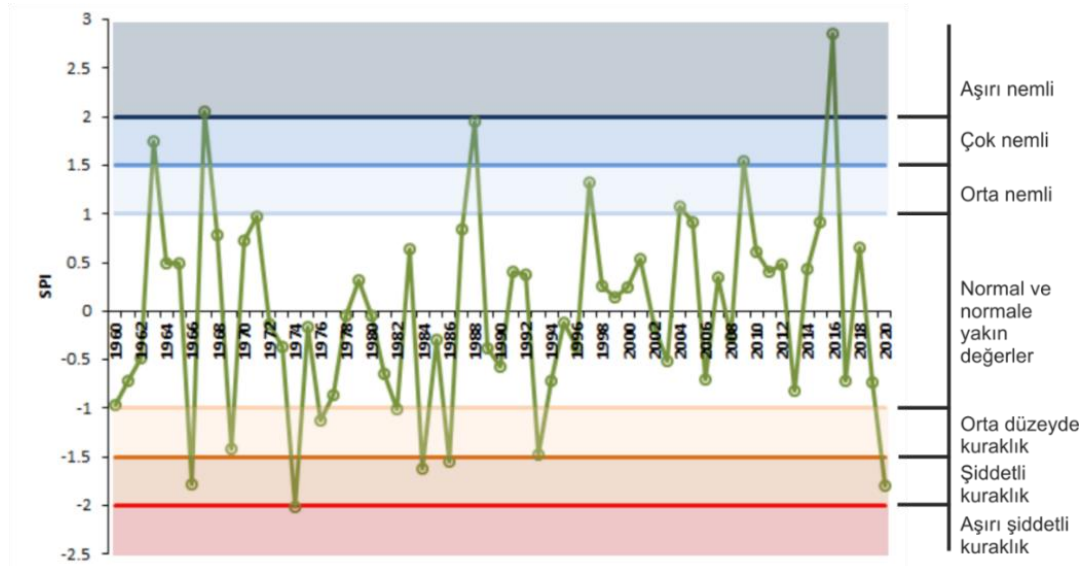
- Aylık toplam yağış verilerinin Gama olasılık dağılım fonksiyonuna çevrilir, bunun nedeni yağış değerleri 12 ay ve daha kısa periyotlarda normal dağılıma uymadığı için SPI'nın bir dağılıma dönüştürülmesi gerekir. Bu sebeple yağış serisini en iyi temsil eden Gamma dağılımı kullanılır,
- Gama dağılım fonksiyonundan elde edilen yağış olasılıkları için standart ters normal dağılım fonksiyonu kullanılır ve SPI değerlerinin hesaplanır ve standart yağış dizisi elde edilir,
- Ortalaması sıfır, standart sapması bir olacak şekilde değerler hesaplanır,
- Oluşan pozitif değerler ortalamadan daha fazla yağışlı (nemli) dönemi, negatif değerler ise ortalamadan daha düşük yağışlı (kurak) dönemi ifade eder,

Son aşamada ise elde edilen SPI değerleri McKee vd. (1993)' nin kuraklık sınıflarına (Tablo 2) dönüştürülür (Akbaş, 2013: 35). Kurak ve nemli dönemlerin şiddetinin ve süresinin saptanması ise sıfırdan pozitif yönlü ve negatif yönlü uzaklaşma ile belirlenmektedir. Kuraklık, SPI değerlerinin sıfırın altına düştüğü değerler olarak yani negatif değerler olarak kabul edilmektedir. Kuraklık süresi, SPI değerlerinin sıfırın altına(negatif) düştüğü zamandan başlayıp, sıfırın üstüne(pozitif) değerlere ulaştığı zaman aralığında son bulan süreyi kapsamaktadır. Kuraklık şiddeti ise, yağışın ortalamadan ne kadar uzaklaştığını belirtir ve indis içerisinde sıfırdan negatif değerlere doğru gidildikçe kuraklığın şiddeti artar (Tablo 2, Şekil 9).

•SPI değerleri Karadeniz Bölgesinde bulunan 26 meteorolojik istasyondan alınan aylık yağış verileri ile Salehnia vd., (2017) tarafından hazırlanan Meteorological Drought Monitor yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır

Tablo 2. Standartlaştırılmış yağış indisi (SPI) kuraklık sınıflandırması

SPI değerleri	Kuraklık Kategorisi
2.00 veya daha fazla	Aşırı nemli (extremely wet)
1.50 – 1.99	Çok nemli (very wet)
1.00 – 1.49	Orta düzeyde nemli (moderately wet)
0.0 – 0.99	Normale yakın (near normal)
-1 – -1.49	Orta düzeyde kurak (moderately dry)
-1.5 – -1.99	Şiddetli kurak (severely dry)
-2 ve altı	Aşırı kurak (extremely dry)



Şekil 9. Karadeniz Bölgesi'nin ortalama SPI değerlerine göre SPI sınıflarının gösterimi

•Seçilen 26 farklı istasyon verilerin sürekliliğine (en uzun süre kayıt yapan) ve bölgesel olarak homojen dağılımına dikkat edilerek seçilmiştir. 26 istasyonun 14 tanesi

Karadeniz Bölgesinin kıyı kesimini, 12 tanesi Karadeniz Bölgesinin iç kesimini temsil edecek şekilde seçilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Çalışmada kullanılan istasyonlar

İstasyon No	İstasyon Adı	Ölçüm Aralığı
17015	Akçakoca	1966-2020
17072	Düzce	1963-2020
17022	Zonguldak	1960-2020
17020	Bartın	1965-2020
17602	Amasra	1970-2020
17024	İnebolu	1960-2020
17026	Sinop	1960-2020
17030	Samsun Bölge	1960-2020
17624	Ünye	1964-2020
17033	Ordu	1964-2020
17034	Giresun	1960-2020
17626	Akçaabat	1965-2020
17040	Rize	1960-2020
17042	Hopa	1962-2020
17070	Bolu	1960-2020
17074	Kastamonu	1960-2020
17618	Devrekani	1982-2020
17650	Tosya	1963-2020
17652	Osmancık	1976-2020
17084	Çorum	1960-2020
17683	Merzifon	1960-2020
17085	Amasya	1961-2020
17086	Tokat	1961-2020
17088	Gümüşhane	1963-2020
17089	Bayburt	1961-2020
17045	Artvin	1960-2020

3.2. Makine Öğrenmesi

Günümüzde birikimli bir şekilde artan veri miktarından dolayı, bilgiye ulaşmak, bilgiyi yorumlamak ve bir sonuç çıkarabilmek için Veri Madenciliği kavramı karşımıza çıkmaktadır. Büyük verileri analiz etmek için ise bilgisayar programlarına, programlama dillerine ihtiyaç vardır. Bu programlar çeşitli istatistiksel yöntemler ve yapay zekâ algoritmalarını bir arada kullanarak veri içerisindeki bilgilerin ortaya çıkarılmasını ve verinin nitelikli bir bilgiye dönüştürülmesini sağlamaktadır. Bu bilgisayar programları sayesinde büyük veri kümeleri ile kümeleme, karar ağaçları, Bayes sınıflandırıcılar gibi birçok algoritma kullanarak veri işlenip, bilgi çıkarımı yapabilmek kolaylaşmaktadır (Dener vd. 2009: 795). Bu çalışmada da veri madenciliğinde en çok kullanılan WEKA (Waikato Environment for Knowledge

Analysis) programı kullanılmıştır. Bu program Yeni Zelanda Waikato Üniversitesinde geliştirilmiş olup günümüzde oldukça fazla kullanılan makine öğrenimi metot ve algoritmalarını içermektedir. Bu programda sınıflandırma (classification), kümeleme (clustering), ilişkilendirme (association), veriyi ön işleme (preprocess) ve görselleştirme (visualize) gibi işlemler yapılabilmektedir.

Bu çalışmada değişken olarak (1) aylık toplam yağış, (2) maksimum sıcaklık, (3) ortalama maksimum sıcaklık, (4) ortalama minimum sıcaklık, (5) ortalama nem, (6) ortalama sıcaklık girdi olarak verilmiş bu özelliklerin yedi sınıflı (Aşırı nemli, çok nemli, orta düzeyde nemli, normale yakın, orta düzeyde kurak, şiddetli kurak, aşırı kurak) kuraklık şiddeti seviyelerine göre sınıflandırılması istenmiştir. Böylelikle bu altı değişkeni kullanarak kuraklık sınıflarının tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bu sınıflandırma yapılırken verinin bir kısmı öğrenme bir kısmı ise oluşturulan öğrenmenin geçerliliğini test etmek için ayrılmaktadır. Eğitim ve test verileri oluşturulurken eldeki veriden eğitim için üçte ikisi (%66) ayrılır, test için üçte biri (%34) ayrılır bu yaygın kullanılan bir yöntemdir. Fakat bu yöntem örneklem grubunu iyi bir temsilcisi olmayabilir ayrıca baskın grupların test verisinde daha fazla yer almasına ve doğru sınıflandırma oranının düşmesine neden olabilmektedir (Aksu ve Doğan 2019: 84). Bu problemi ortadan kaldırmak için bu çalışmada verilerin test edilmesinde 10 katlı Çapraz Geçerlilik (cross-validation) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde eldeki verilerin tamamı rastgele 10 bölüme ayrılmakta ve her bir sınıfın veri kümesinde tam yaklaşık olarak aynı oranda temsili bulunmaktadır (Şekil 10).

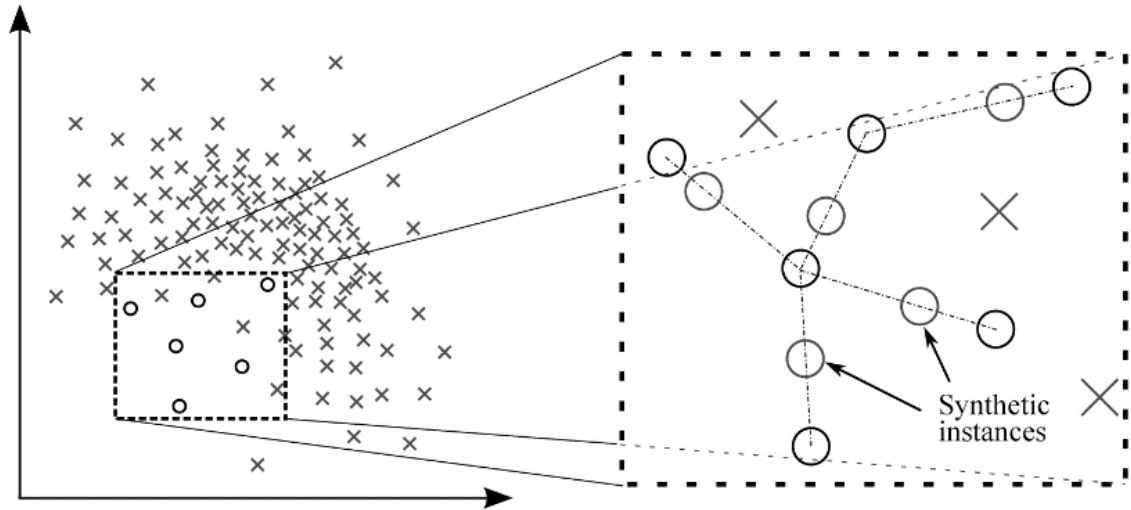


Şekil 10. On katlı çapraz geçerleme (Aksu ve Doğan, 2019: 85).

10 katmana ayrılan veri dokuz katmanda öğrenme işlemini gerçekleştirirken bir katmanda ise test işlemini uygulayıp hata oranlarını belirlemektedir. Bu şekilde öğrenme yöntemi farklı veriler üzerinden toplamda 10 defa tekrar edilmiş olmaktadır

(Şekil 10). Son adımda ise bu 10 basamakta tespit edilen hata oranlarını ortalaması alınarak genel bir hata oranı ortaya konmaktadır.

SMOTE (Synthetic Minority Oversampling Technique) Sentetik Azınlık Örneklem Arttırma Tekniği olarak tanımlanan yöntem, dengesiz veri setlerinde kullanılan bir tekniktir. Dengesiz olan veri setlerinde sınıflama yapıldığında doğruluk oranının fazla çıktığı tespit edilir fakat bu doğruluk oranı detaylı incelendiğinde baskın sınıfın doğru sınıflandırmasından kaynaklı olduğu, azınlık sınıfın doğru sınıflandırmadığı görülebilmektedir. Bu tip problemleri ortadan kaldırabilmek için azınlıkta kalan sınıfların verisinin sentetik olarak çoğaltılması işlemi devreye girmektedir (Chawla vd., 2003). Bu çalışmada kullanılan veri seti de dengesiz veri setlerine örnek verilebilir. İstasyonlarımız tek tek incelendiğinde normale yakın değerlerimiz baskın grubu, aşırı kurak, şiddetli kurak, aşırı nemli ve çok nemli sınıflarımız azınlık grubu oluşturmaktadır. Verideki bu dengesizliği ortadan kaldırmak için SMOTE uygulanmıştır. Azınlıkta kalan sınıfların çoğaltılmasında, her bir örnek için en yakın komşular belirlenerek bu iki komşu arasında yeni bir veri üretilerek verideki azınlık sınıflarının sayıları artırılması olarak özetlenebilir (Şekil 11). Daha sonra SMOTE uygulanan veri üzerinde model uygulamaları yapılmıştır.



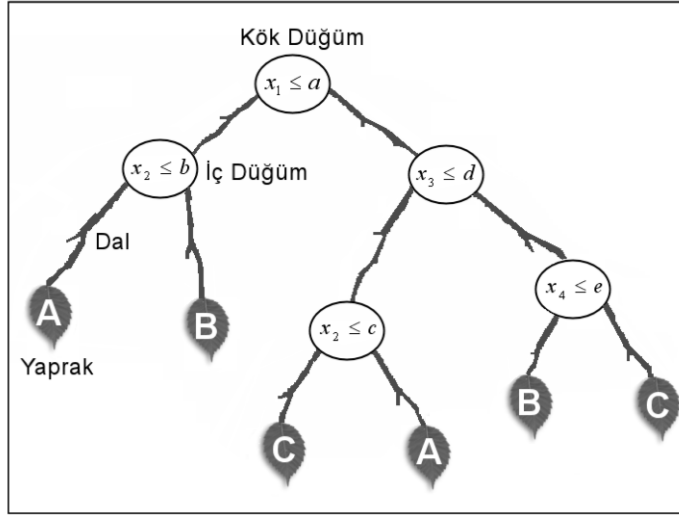
Şekil 11. SMOTE yöntemi (Walimbe, 2017).

Karadeniz bölgesinde toplam 26 meteoroloji gözlem istasyonundan 5 tanesi seçilerek makine öğrenmesi yöntemleri bu istasyonlar üzerinde denenmiştir. Bu istasyonlar seçilirken iklim özelliklerindeki farklılıklara bakılarak Batı Karadeniz, Orta Karadeniz'den ve Doğu Karadeniz'den iç ve kıyı kesimde ve kıyı kesimde buluma özelliklerine göre seçim yapılmıştır. Doğu Karadeniz'den bir tane (Hopa), Orta

Karadeniz’den iki tane biri kıyı kesimden (Samsun) biri iç kesimlerden (Çorum), Batı Karadeniz’den iki tane biri kıyı kesimden (Akçakoca) biri iç kesimden (Bolu) olacak şekilde beş istasyon seçilmiştir. Bu seçilen istasyonlardaki, aylık toplam yağış, maksimum sıcaklık, ortalama maksimum sıcaklık, ortalama minimum sıcaklık, ortalama nem, ortalama sıcaklık değişkenleri kullanılarak kuraklık şiddetine göre sınıflandırma modelleri denenmiştir. Bu denemeler makine öğrenmesinde oldukça yaygın kullanılan WEKA programında uygulanmıştır. Seçilen beş istasyon üzerinde 6 farklı meteorolojik değişken girdi olarak verilip, 14 farklı algoritma kullanılarak SPI 1-3-6-9-12-18’ in kuraklık şiddeti sınıfları tek tek tahmin edilmesi denenmiştir. Bu algoritmalar aşağıda özetlenmiştir.

LMT (Logistik Model Tree), indiksiyon ağaçlarının ve lojistik regresyonun bir araya getirilerek oluşturulmuş bir algoritmadır. Bu algoritmada, ağacın her düğümünde bir lojistik regresyon modeli üretmek için LogitBoost algoritması kullanılır, daha sonra düğümler karar ağacı kriterleri kullanılarak bölütlere ayrılmaktadır (Aksu ve Karaman, 2017:88).

J48 (Decision tree) karar ağacı olarak bilinmektedir. Bu yöntem kök, dal ve yaprak olarak adlandırılan ağaç yapılarına benzetilerek anlaşılması kolaylaştırılmıştır. Ağaçta üst kısım kök alt kısımlar ise yaprakları oluşturmaktadır (Şekil 12). Bu yapıda her değişken bir kök tarafından temsil edilir. Kök ve yapraklar arasında kalan yapılar ise dallardır. Karar ağaçlarının çalışma prensibi eğitim verilerine ait değişkenlerden yararlanılarak bir ağaç yapısının oluşturulabilmesi için verileri bir dizi sorular sorulması ve elde edilen cevaplara göre hareket edilerek en kısa sürede sonuca gidilmesi olarak ifade edilebilir. Bu soruların cevapları toplanarak karar kuralları oluşturulur. Ağacın ilk düğümü olan kök düğümünde veriler sınıflandırılmaya başlamış olur. Bu işlem dalları olmayan düğümler ya da yapraklar tespit edilene kadar işleme devam edilir. Soru ve cevaplara göre şekillenen ağaç test setinde test edilerek oluşan karar ağacının doğruluğu tespit edilir (Kavzoğlu ve Çölkesen 2010). Kavzoğlu ve Çölkesen’in örneğinde üç sınıfa ait dört boyutlu değişkenlerden oluşan basit bir ağaç yapısı görülmektedir. Şekil 12’deki xi öznitelik değerlerini; a, b, c, d ve e değerleri dallanma için esas olan eşik değerleri ve A, B ve C ise sınıf etiketlerini göstermektedir.



Şekil 12. Dört boyutlu özellik uzayına sahip üç sınıftan oluşan bir karar ağacı yapısı (Kavzoğlu ve Çölkesen, 2010).

REPTree, bilgi kazanımı kullanıp bir karar ağacı oluşturur ve bu oluşan ağacı hatayı en aza indirmek için budama yaparak kurar (Kara ve Şamlı, 2021: 420).

Random Tree (Rastgele Ağaç), her bir düğümde rastgele alınan değişkenleri dikkate alan bir ağaç oluşturmak için kullanılır. Bu yöntem budama yapmaz. Ek olarak, geri uyuma dayalı sınıf olasılıklarının tahminine izin verme özelliğine de sahiptir (Kara ve Şamlı, 2021: 420).

Random forest (Rassal orman) bir sınıflandırıcı yerine birçok sınıflandırıcı kullanıp sonrasında ise bu sınıflandırıcıların tahminlerinden alınan oylar ile veriyi yeniden sınıflandıran öğrenme algoritmalarına toplu sınıflandırma yöntemleri denilmektedir. Random forest yönteminde toplu sınıflandırıcı olarak birden fazla karar ağacı kullanır. Birçok karar ağacı bir araya gelir ve bireysel ağaçlardan alınan oylarla kazanan sınıf saptanır (Akar ve Güngör, 2012: 140).

PART, veriyi parçala böl yaklaşımı ile alır ve karar ağacı oluşturur, her oluşan karar ağacında en iyi yaprağı tespit ederek kural haline getirir ve sınıflama yapar (Lehr vd., 2011: 3).

Jrip, sınıflar artan boyutta incelenir ek olarak başlangıçtaki kurallar serisi artan hatayı kullanıp üretilir. Belirli bir kurala ait tüm örnekleri, eğitim verilerindeki bir sınıf olarak ele alıp kurallar dizisi oluşturmaktadır. Bu şekilde sınıfın tüm üyelerini kapsayacak şekilde çalışmaktadır. Bir sonraki adım ise bir sonraki sınıfa geçip aynısını o sınıfla yapmaktır. Bu işlemi bütün sınıfları kapsayana kadar tekrar tekrar uygulamaktadır (Rajput vd., 2011).

Decision table, çoğunluk sınıflandırıcısı oluşturmak için basit bir karar tablosu oluşturarak sınıflandırma yapmaktadır (Kara ve Şamlı, 2021: 420).

ICO (Iterative Classifier Optimizer) algoritması, ilk kaydın sınıflandırmasından elde edilen hataları geri besleyerek daha fazla yineleme için değiştirmektedir. Bu yöntemde kayıtlar ağa dağıtılır. Tüm giriş örnekleri sunulduktan sonra süreç tekrarlanır (Manikandan vd., 2018).

Random SubSpace (Rastgele Alt Boşluklar) algoritması karmaşıklık çoğaldıkça genellemeyi iyileştiren ve eğitim verilerinde en yüksek doğruluk oranını koruyarak çalışan bir karar ağacı sınıflandırıcısıdır. Değişkenler arasından rastgele seçilmiş birçok ağaçtan oluşmaktadır (Kara ve Şamlı, 2021: 420).

Kstar (Kyıldız) algoritması ise öğrenme algoritmalarından biri olup amacı test verisinde bulunan özniteliği bilinmeyen bir örneğin, daha önce sınıflandırılmış veri tabanında bulunan ama ortaya çıkmayan eğitim veri setindeki örnekler ile karşılaştırılıp sınıflandırılmasıdır (Küçükönder vd., 2015: 302).

IBk (Instance Based Learning With Parameter k) olarak adlandırılan yöntem K-NN (K -nearest neighbour/K-en yakın komşuluk) algoritması gibi çalışmaktadır. Örnek tabanlı öğrenme algoritmalarındandır. Bu öğrenme şeklinde öğrenme eğitim setinde bulunan verilere dayalı olarak gerçekleşmektedir. Yeni karşılaşılan bir örnekte eğitim seti arasındaki benzerliğe göre sınıflandırma yapılır. K-NN algoritmasında, eğitim setinde yer alan veriler n boyutlu sayısal özellikleri ile belirtilir. Bu örnekler n boyutlu bir uzayda bir noktayı temsil edecek şekilde n boyutlu bir örneklem uzayında tutulur. Test verisinden bilinmeyen bir örnek alındığında, eğitim setinden ilgili örneğe en yakın k tane örnek tespit edilerek yeni örneğin sınıfı etiketi en yakın komşusunun sınıfına çoğunluğun oyuna göre yerleştirilir (Taşçı ve Onan, 2016:2).

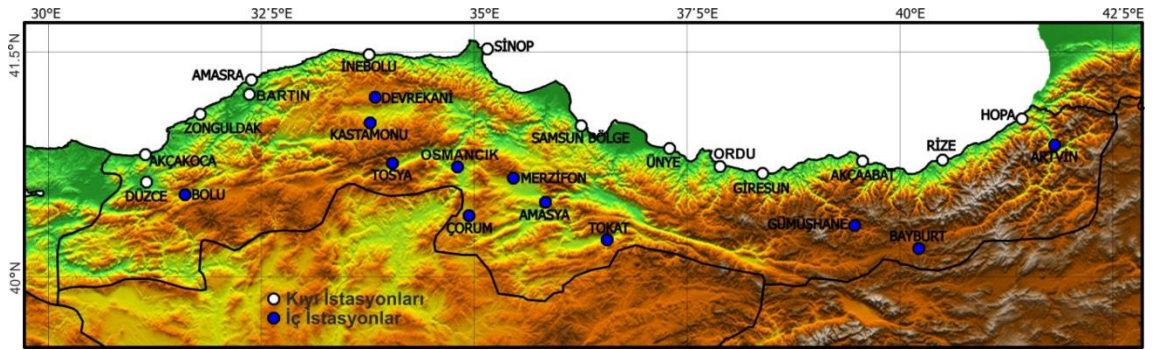
SVM (Support Vektör Machine), destek vektör makinelerinin çalışma prensibi iki sınıfı birbirinden ayırmaya yarayan en uygun karar fonksiyonunun tahmin edilmesidir. Diğer bir ifade ile iki sınıfın birbirinden ayrılabilmesi için düzlemde çizilen doğrular, eğriler ve düzlemlerdir (Cortes ve Vapnik, 1995).

Naive Bayes, hızlı bir istatistik sınıflandırıcı algoritmadır. Veride alan tüm değişkenlerin ayrı ayrı olasılıklarını hesaplayarak çalışmaktadır. Bu olasılıkları hesapladıktan sonra bunları doğru bir şekilde sınıflandırmaktadır. Belirli bir sınıfa ait olup olmadığına olasılık değerlerinde aldığı paylar hesaplanarak ulaşılmaktadır (Theodorescu, 1968).

4-BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. SPI Değerlerinin Alansal ve Zamansal Dağılımları

Tüm istasyonlara ait, 1960-2020 gözlem dönemini kapsayan 1, 3, 6, 9, 12 ve 18 aylık toplam yağışları için SPI değerleri hesaplandı. Analiz sonuçları, ısı haritası (heat map) olarak adlandırılan gösterim biçimi ile görselleştirilerek SPI değerlerinin zamansal ve alansal değişkenliği yansıtıldı. Isı haritası bir matris içerisinde değerlerin renkleri kullanılarak gösterilmesini sağlayan bir grafiksel gösterim biçimidir (Zhao vd., 2014). Çalışmada ısı haritaları Phyton programında oluşturulmuştur. Isı haritalarında SPI değerlerinin alansal dağılımlarını doğru şekilde yorumlayabilmek için istasyonlar konumlarına göre grafik içerisinde sıralanmıştır (Şekil 18). İlk olarak kıyı kesiminde yer alan istasyonlar batıdan doğuya doğru sıralanarak grafiğin solundan başlayarak yerleştirilmiştir. Ardından aynı şekilde iç kesimdeki istasyonlar yine batıdan doğuya doğru sıralanarak grafiğin merkezi kesiminden itibaren, iç kesimdeki istasyonların devamı şeklinde sıralanmıştır. Kısaca ısı haritalarında, Akçakoca'dan Hopa'ya kadar olan istasyonlar batıdan doğuya doğru sıralanan kıyı istasyonlarını, Bolu'dan Artvin'e kadar olan istasyonlar batıdan doğuya doğru sıralanan iç kesim istasyonlarını göstermektedir. Bu sayede SPI değerlerinin kıyı ve iç kesimde nasıl bir değişim gösterdiği kolayca yorumlanabilmektedir (Şekil 13).

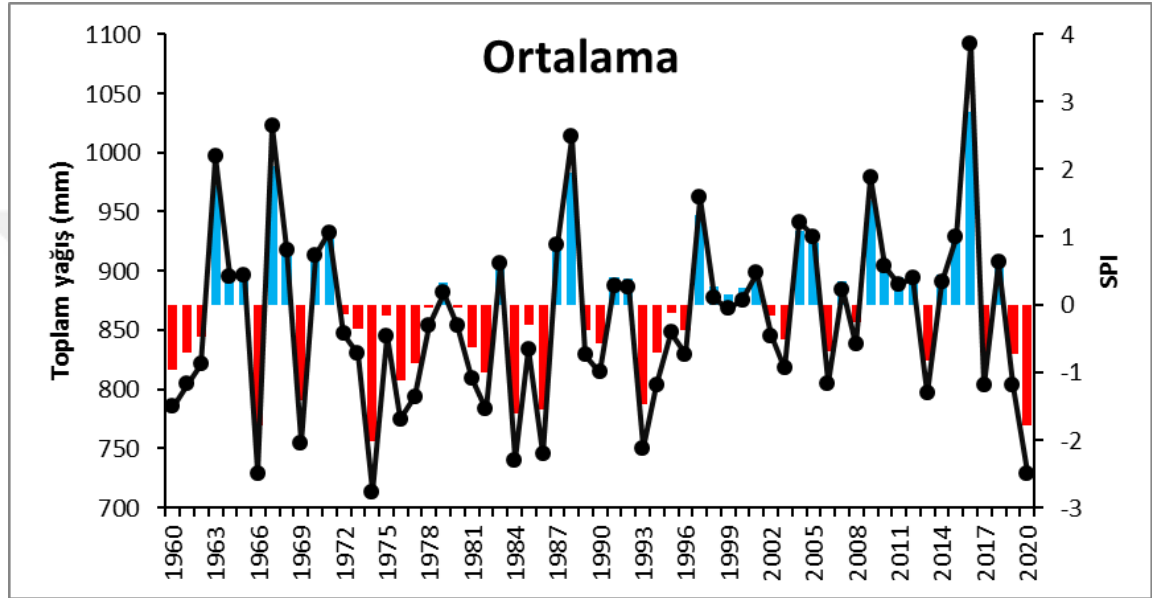


Şekil 13. İncelenen meteoroloji istasyonlarının dağılışı.

4.1.1. Ortalama Yağış ve SPI değerleri

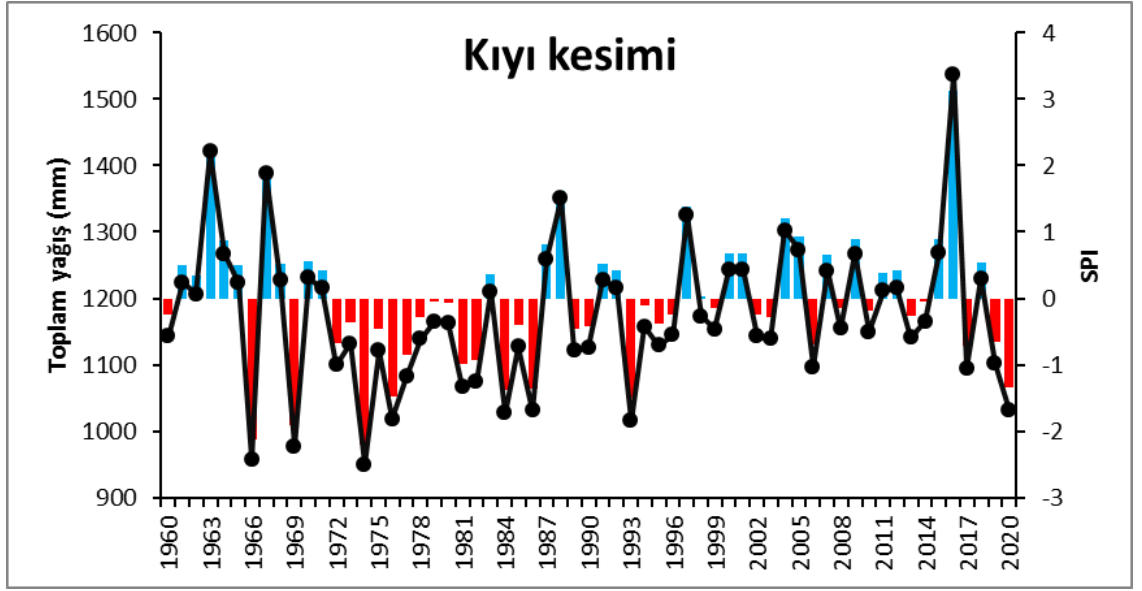
Karadeniz bölgesi Türkiye'nin en yağışlı bölgesi olmakla birlikte yıllık toplam yağış miktarı hem yıllara göre hem de bölge içinde kıyı ve iç kesimler arasında büyük farklılık göstermektedir. Tüm istasyonların ortalamasına göre Karadeniz bölgesinde ortalama yıllık toplam yağış miktarı 859 mm'dir. Yıllar içerisinde ortalama toplam

yağışlar 719 mm ile 1091 mm arasında değişkenlik göstermektedir. Yıllık toplam yağış değerleri ve bu yağışlar için yapılan SPI analizlerinin bölge ortalamasına (tüm istasyonlar) göre Karadeniz bölgesinde kurak ve yağışlı koşulların birbirini takip ettiği görülür. SPI değerlerine göre 1963, 1967, 1988, 2008 ve 2019 yıllarının orta ve aşırı nemli geçtiği, 1996, 1969, 1974, 1984, 1986, 1993 ve 2020 yıllarının orta ve şiddetli kurak şeklinde geçtiği görülmektedir. Özellikle 1972-1987 dönemi en kurak dönemdir (Şekil 14).



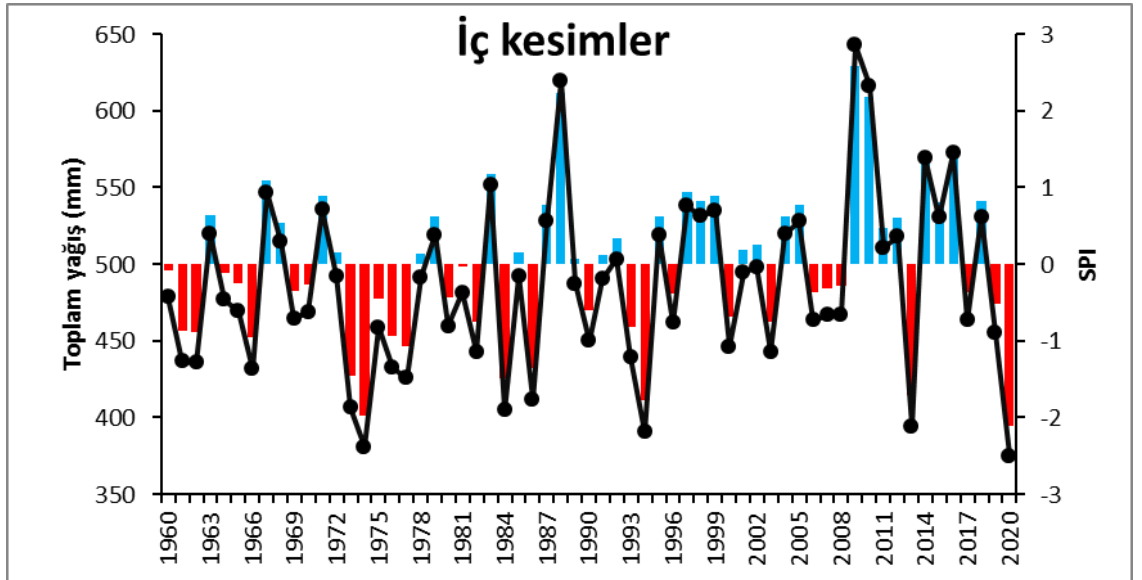
Şekil 14. Tüm istasyonların ortalama değerlerine göre Karadeniz’de yıllık toplam yağış (mm) ve SPI değerlerinin yıllara göre değişimi (Siyah çizgi toplam yağışı, mavi ve kırmızı sütunlar sırasıyla nemli ve kurak SPI değerlerini göstermektedir).

Kıyı kesimdeki istasyon değerlerine göre kıyı kesimin yıllık ortalama toplam yağış değeri 1172 mm iken, yıllık toplam yağışlar 950 mm ile 1537 mm’leri arasında değişmektedir. Yağışlı ve kurak dönemlerin değişimi bölge ortalamasıyla paralellik göstermektedir. Ancak 1972-1987 dönemindeki kuraklık ile 2016 yılındaki nemlilik koşulları kıyı kesiminde daha şiddetli yaşanmıştır (Şekil 15).



Şekil 15. Karadeniz bölgesinde kıyıda bulunan istasyonların yıllık toplam yağış miktarı ve SPI değerlerinin yıllara göre değişimi.

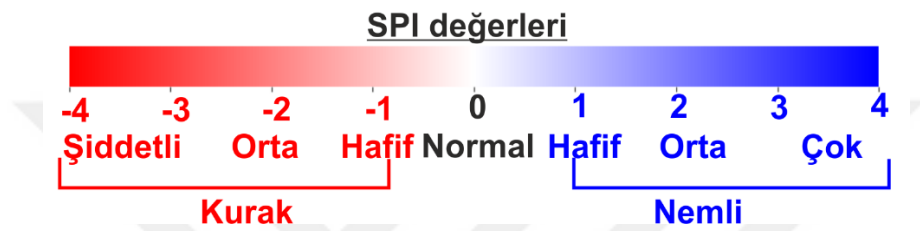
İç kesime baktığımızda yıllık toplam yağışın 485 mm'ye kadar düştüğü, yıllık değerlerin ise 374 ile 642 mm'leri arasında değiştiği görülür. Ortalama değerlere göre kıyı kesimi iç kesimlerden 2.4 kat daha fazla yağış almaktadır. Kıyı kesimdeki kurak ve nemli dönemler genel ortalamadan da bazı farklılıklar göstermektedir. Örneğin 1972 öncesindeki kurak ve nemli dönemler hafif şiddetli yaşanırken, 1988, 2009-2010 döneminin aşırı nemli, 2013 yılının ise aşırı kurak geçtiği görülmektedir (Şekil 16).



Şekil 16. Karadeniz bölgesinde iç kesimlerinde bulunan istasyonların yıllık toplam yağış miktarı ve SPI değerlerinin yıllara göre değişimi (Noktalı çizgi toplam yağış, mavi ve kırmızı sütunlar SPI değerlerini göstermektedir).

4.1.2. Yıllık SPI Değerlerine Ait ısı Haritaları

Yukarıda gösterildiği gibi bölge ortalaması ile SPI değerlerinin incelenmesi kuraklık ve nemliliğin alansal değişkenliğinin anlaşılması için yeterli değildir. Bu nedenle istasyonlara ait SPI değerleri ısı haritalarına oluşturulmuştur. Tüm ısı haritalarında standart olması açısından aynı renk ölçeği kullanılmıştır. Renklerde açık kırmızıdan koyu kırmızıya doğru gidildikçe kuraklığın, açık maviden koyu maviye doğru gidildikçe nemliliğin şiddetindeki artış gösterilmektedir. Rengin beyaza doğru gitmesi ise, koşulların normale yaklaştığı yani yağışların ortalama civarında seyrettiğini göstermektedir (Şekil 17).

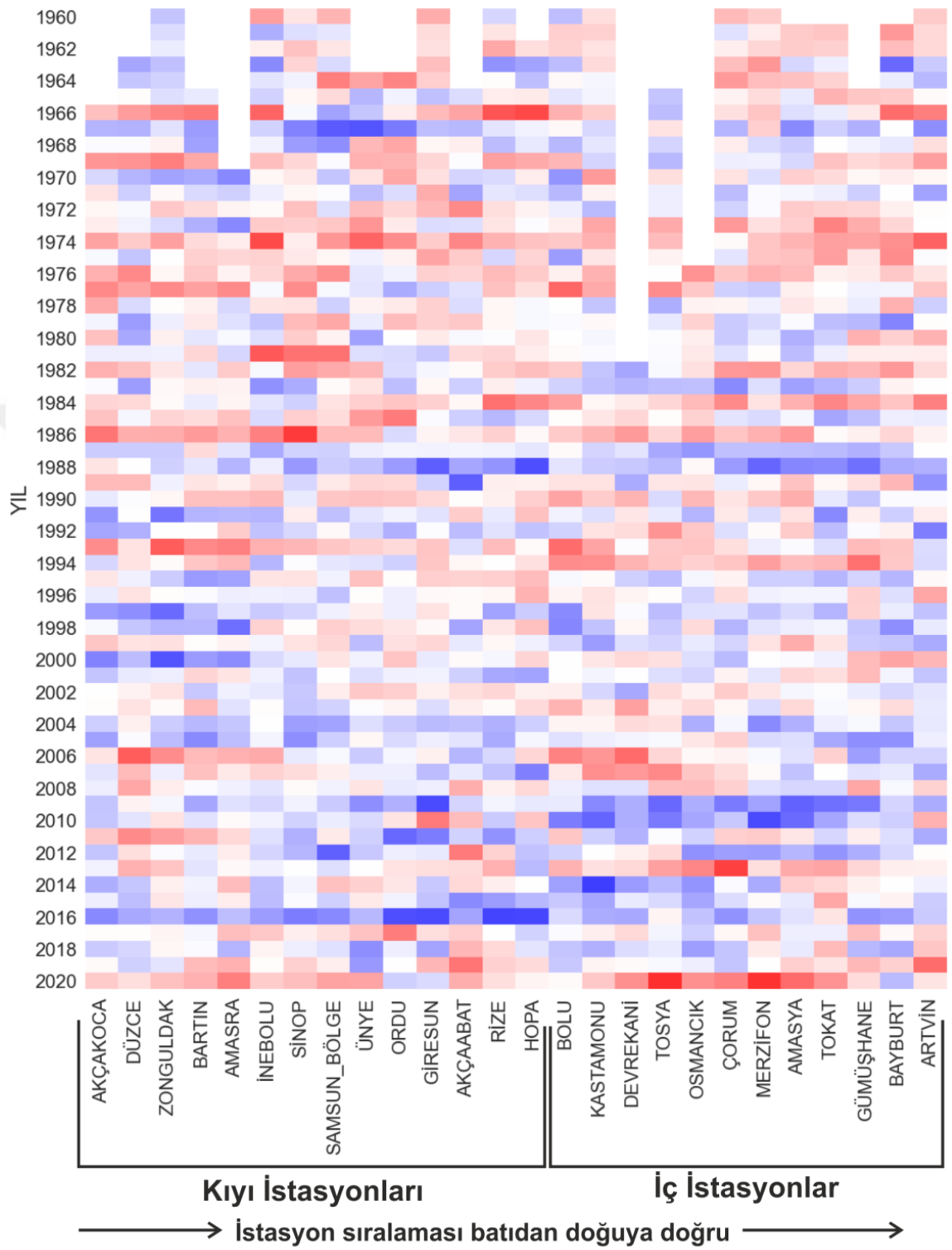


Şekil 17. Çalışmada kullanılan SPI değerlerine ait renk ölçeği

Yıllık SPI değerlerine ait ısı haritası Karadeniz bölgesinde etkili olan kurak ve yağışlı yılların bölgesel dağılışını yorumlamada büyük kolaylık sağlamaktadır. Yıllık SPI değerlerin gösteren ısı haritasına göre Karadeniz’de yıllara göre kuraklığın şiddetinde bir azalma yani daha nemli koşullara doğru bir geçiş gözlenmektedir. Bu durum birçok çalışmada da ortaya konmuştur. Çiçek ve Duman(2015) 1975-2008 arasını kaplayan dönemde yaptıkları trend testlerine göre özellikle Orta ve Doğu Karadeniz’in kıyı kesimindeki istasyonlarda yağışlarda artış trendlerinin egemen olduğunu ortaya koymuştur. Mevsimsel yağışlarda ise en belirgin artış bahar mevsiminde gerçekleşmiştir. Hadi ve Tombul (2018) 1901-2014 dönemini kapsayan grid tabanlı verilere göre Karadeniz bölgesindeki yağışlarda tüm mevsimlerde artış trendi görülmektedir. Tayanç vd. (2009) 1950-2004 dönemini kapsayan ve istasyon bazlı gerçekleştirdikleri çalışmalarında Doğu Karadeniz’de artış eğilimlerinin görüldüğünü vurgulamıştır. Ancak son iki yıl, özellikle 2020 yılı, son 70 yılın en kurak dönemlerden bir tanesi olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 18).

1966, 1969, 1974-1977, 1984-1986, 1993-1994, 2006-2007 ve 2019-2020 yıllarının normalden daha az yağış aldığı yani kurak karakterde geçtiğini, 1967, 1988, 1996-1997, 1999, 2009 ve 2016 yıllarının ise normalden fazla yağış aldığını yani nemli karakterde olduğunu göstermektedir. Kıyı ve iç kesim arasındaki farklara baktığımızda kıyı kesimin 1967, 2000, 2016 yıllarında, iç kesimler ise 2009-2010 yıllarında daha

nemli karakterdedir. Kuraklık açısından kıyı kesimleri 1981, 1985 yıllarında, iç kesimlerin 1994, 2013 yıllarında kuraklığın daha şiddetli yaşanmıştır (Şekil 18).



Şekil 18. Yıllık SPI değerlerinin istasyonlara ve yıllara göre değişimini gösteren ısı haritası

4.1.3. Mevsimsel SPI değerleri

Kış Mevsimi

Aralık ayı 1 aylık SPI sonuçlarına göre 1972, 1976, 1982-1984, 1995, 1997, 2004-2006 ve 2000 yıllarında tüm bölge genelinde belirgin kuraklıkların, 1970-1971, 1987, 2001'de ise tüm bölge genelinde belirgin nemli dönemlerin yaşandığı görülmektedir. 3 Aylık SPI değerlerinde 1987-1989 dönemindeki nemli dönemin ve 2019-2020 kurak dönemin oldukça belirginleştiği görülmektedir. Ancak bu dönemler 12 ve 18 aylık SPI sonuçlarına geçildikçe SPI sonuçlarının zayıfladığı görülmektedir. Bununla birlikte 12 ve 18 aylık yağışların SPI sonuçlarına bakıldığında özellikle iç kesimde 2009-2011 döneminde belirgin bir yağış artışı gerçekleşmiştir (Şekil 19).

Ocak ayında 1971-1975, 1988-1992, 1997, 2001 ve 2014 yılları kurak dönemler olarak karşımıza çıkmaktadır. 1 ve 3 aylık sonuçlara göre 2000 şiddetli nemli dönemin ardından 2001 yılında kuvvetli bir kuraklık ve 2002 yılında tekrardan şiddetli bir nemli dönem yaşanmıştır. Yıllık ve Aralık ayı değerlerinde çok belirgin olarak görülen 2020 kuraklığı Şubat ayı değerlerinde görülmemektedir. 18 aylık SPI değerlerine baktığımızda 1995'den sonra önemli bir kuraklığın yaşanmadığı görülmektedir (Şekil 19).

Şubat ayında 1 ve 3 aylık SPI değerlerine göre 1966, 1971-1974, 1977, 1984, 1989-1990, 1995-1996, 2002, 2014 ve 2017 yıllarının bölgesel olarak kurak geçmiştir.

Sonuç olarak aylık ve 3 aylık sonuçlarda görülen kuvvetli negatif SPI sonuçlarının 12 ve 18 aylık sonuçlara doğru geçildikçe normale yaklaştığı görülmektedir. Bu durum kış mevsiminde kuraklık koşullarının kısa dönemli olduğunu gösterir. Örneğin 2020 kuraklığı Aralık ayında görülürken, Ocak ve Şubat aylarında görülmemektedir (Şekil 19).

İlkbahar Mevsimi

İlkbahar mevsiminde Mart ayı, özellikle 1 ve 3 aylık sonuçlarda düşük SPI sonuçlarının yani kuraklığın en belirgin olduğu aydır. 1 ve 3 aylık sonuçlarda 1972-1994 döneminde belirgin bir kurak dönem yaşanmıştır. Daha sonra 2004-2018 döneminde ise belirgin bir yağışlı dönem yaşanmış ve son olarak 2020 kuraklığı etkili olmuştur. Nisan ayında 1 aylık SPI sonuçlarında 1972-1994 dönemindeki kuraklığın zayıfladığı, ancak 3 aylık SPI sonuçlarında bu dönemdeki kuraklığın yüksek negatif SPI sonuçlarına sahip olduğu görülmektedir. Mayıs ayı değerlerinde Mart ayındaki kurak ve nemli dönemlerin tamamen ortadan kalkmıştır. 2002-2013 yıllarında kuraklık koşulları oldukça belirgin iken 2014 yılından sonra nemli koşullar egemen olmuştur. 12 ve 18 aylık SPI sonuçlarında 2005-2018 dönemi belirgin nemli bir dönem olarak karşımıza

çıkılmaktadır ve bu nemlilik 2008-2012 yıllarında özellikle iç kesim istasyonlarında çok belirgindir (Şekil 20).

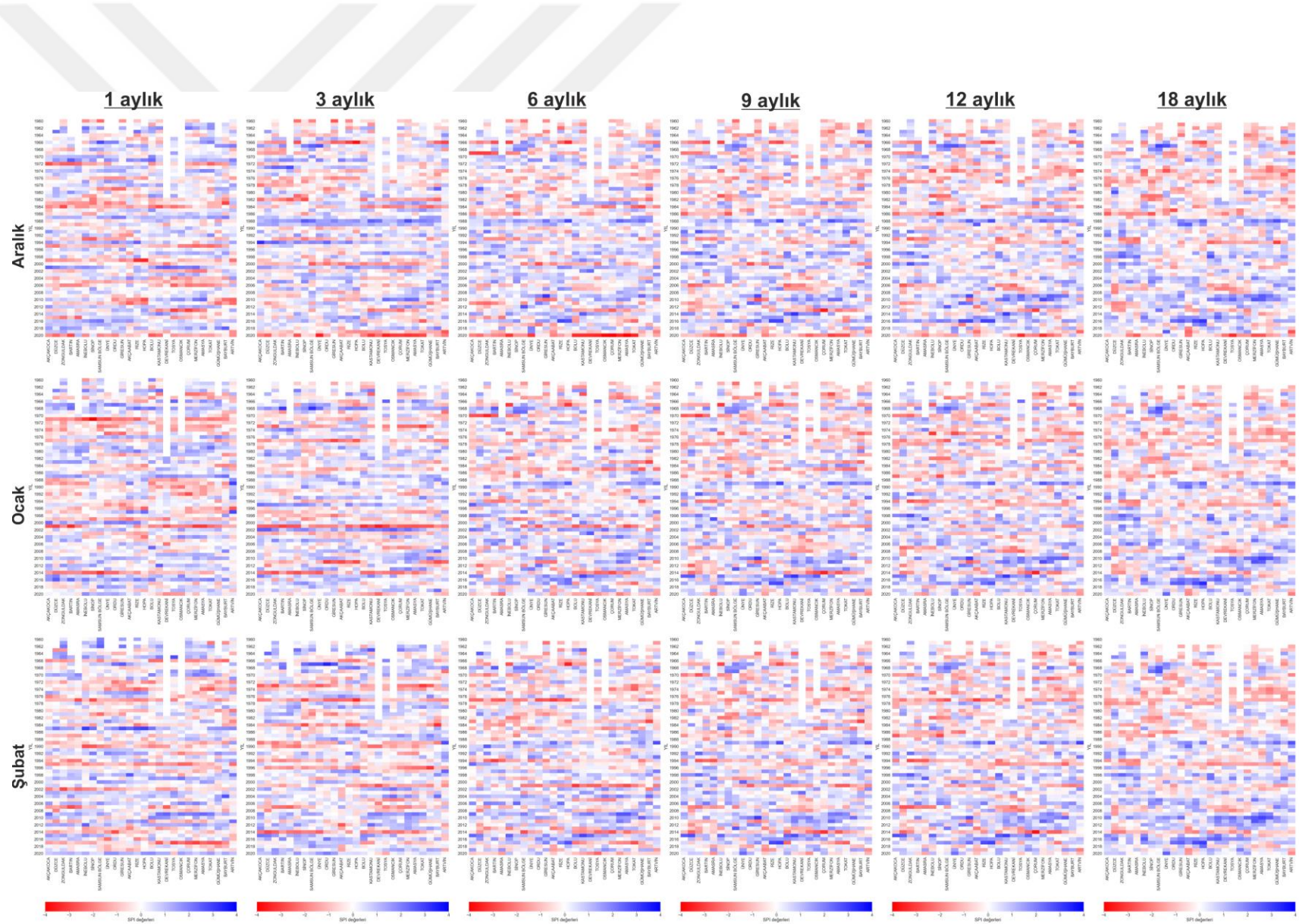
Yaz Mevsimi

Karadeniz Bölgesi Türkiye’de yaz yağışlarının en belirgin olduğu bölgelerin başında gelmektedir. Bu açıdan Türkiye’de belirgin olarak hissedilen yaz kuraklığının en az yaşandığı bölgedir. Ancak bu yaz yağışları genel olarak yüksek sıcaklıkların etkisinden dolayı sağanak yağışlar şeklinde gerçekleştiği için çok sık taşkınlara neden olmaktadır. Örneğin 2021 yazında Sinop, Kastamonu, Bartın, Samsun, Artvin gibi kıyı illerinde birçok taşkın yaşanmış ve onlarca vatandaşımız hayatını kaybetmiştir. Yaz aylarında SPI sonuçlarının düşmesi yani kuraklığın artışı ekosistem üzerinde önemli etkileri olurken, yüksek SPI sonuçları yani yüksek yağışlar taşkınlar açısından önemli bir risk barındırmaktadır.

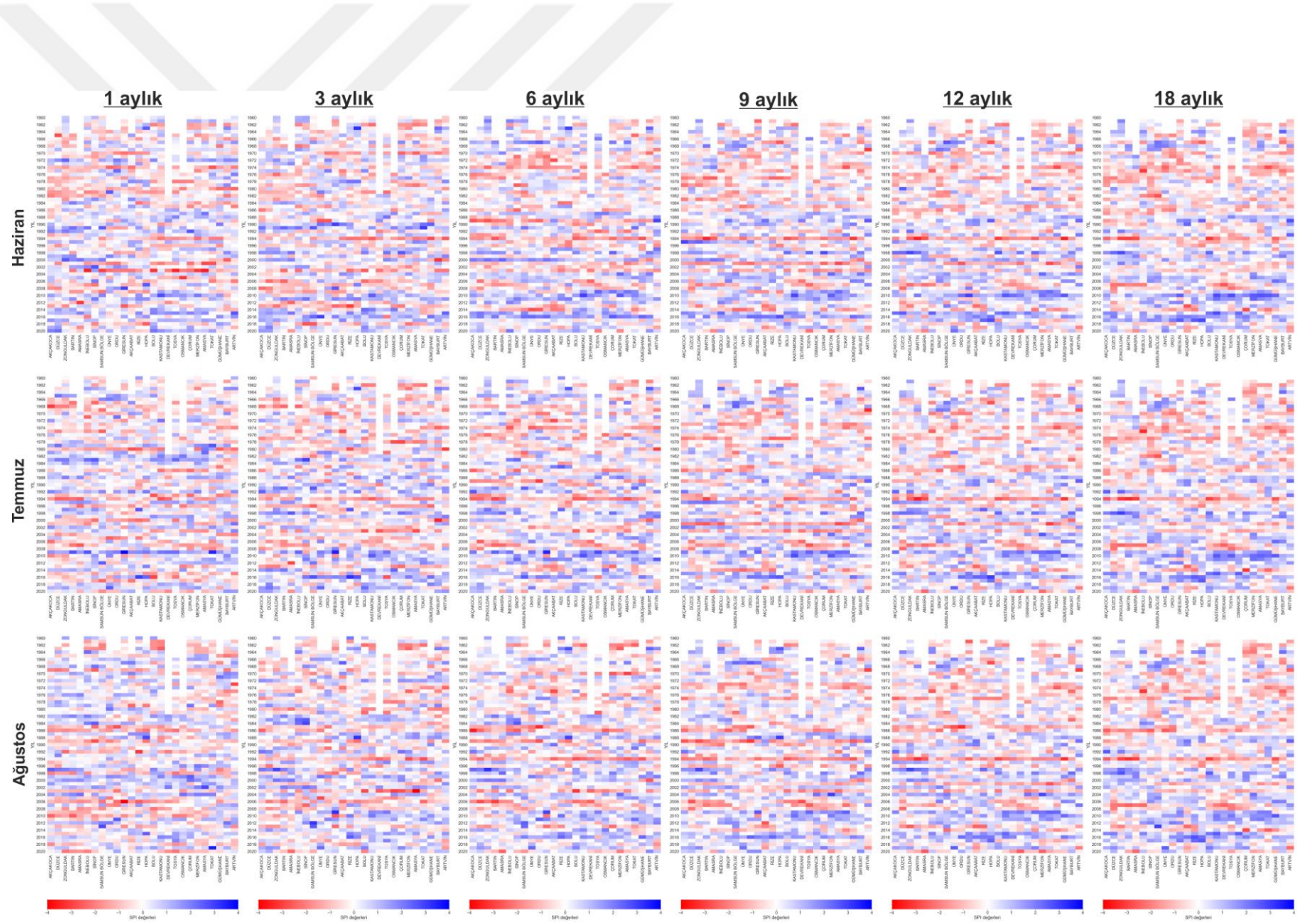
Haziran ayında özellikle Batı Karadeniz’de 1974-1982 döneminin daha kurak karakterdedir ve bu durum tüm aylık serilerde de belirgin olarak görülmektedir. 2009-2017 döneminde nemlilik karakteri artmaktadır. Bu artış 2009-2011 döneminde iç kesimlerde daha belirgin iken 2015-2017 döneminde kıyı kesimlerde daha belirgindir. Bu durum 9, 12 ve 18 aylık serilerde daha net görülmektedir (Şekil 21)..

Sonbahar Mevsimi

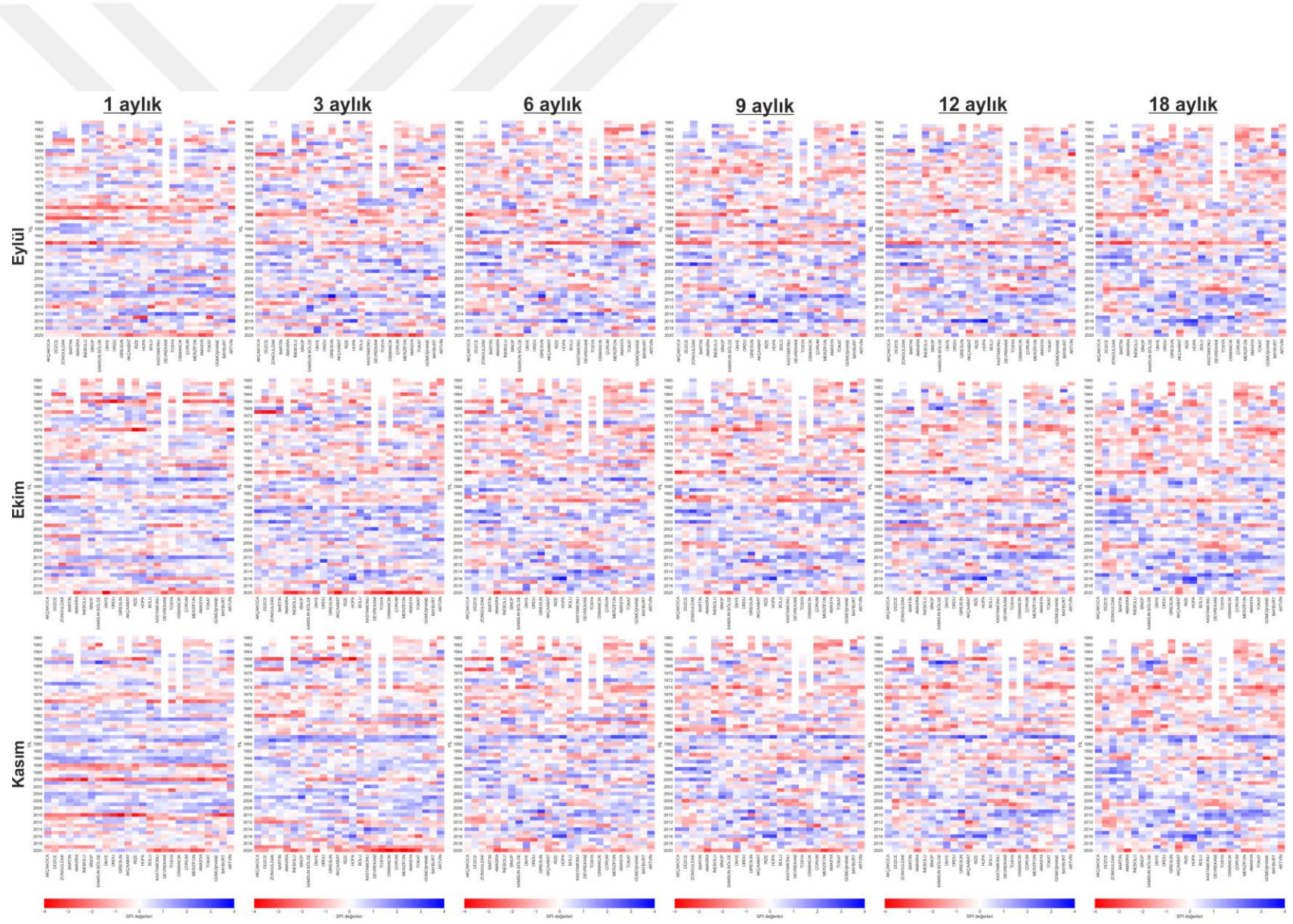
Sonbahar mevsiminde 1 aylık serilerde kurak dönemler baskın şekilde etkili olmuştur. Eylül ayında 1965, 1966, 1982-1987 dönemi, 1994 ve 2020, Ekim ayında 1964, 1966, 1974, 1993, 2016 ve 2020, Kasım ayında ise 1966, 1978, 1996, 2000, 2010 ve 2020 yılları tüm bölge genelinde normalden düşük yağışların görüldüğü yıllardır (Şekil 22).



Şekil 19. Kış mevsimi 1, 3, 6, 9, 12 ve 18 aylık SPI değerleri



Şekil 21. Yaz mevsimi 1, 3, 6, 9, 12 ve 18 aylık SPI değerleri

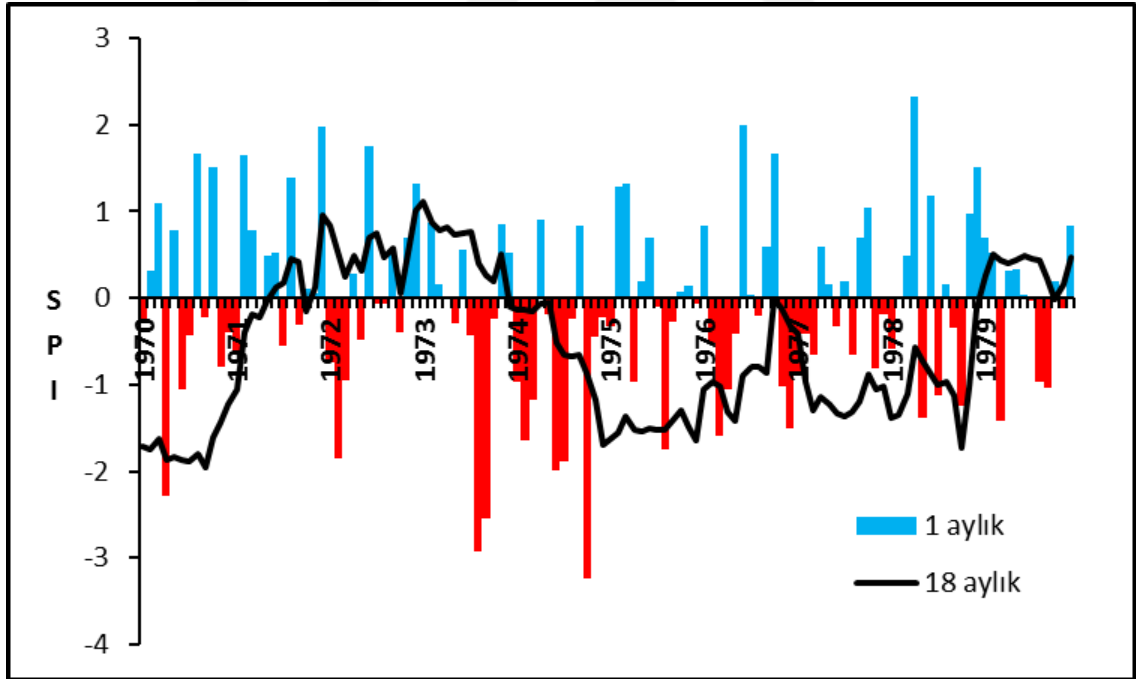


Şekil 22. Sonbahar mevsimi 1, 3, 6, 9, 12 ve 18 aylık SPI değerleri

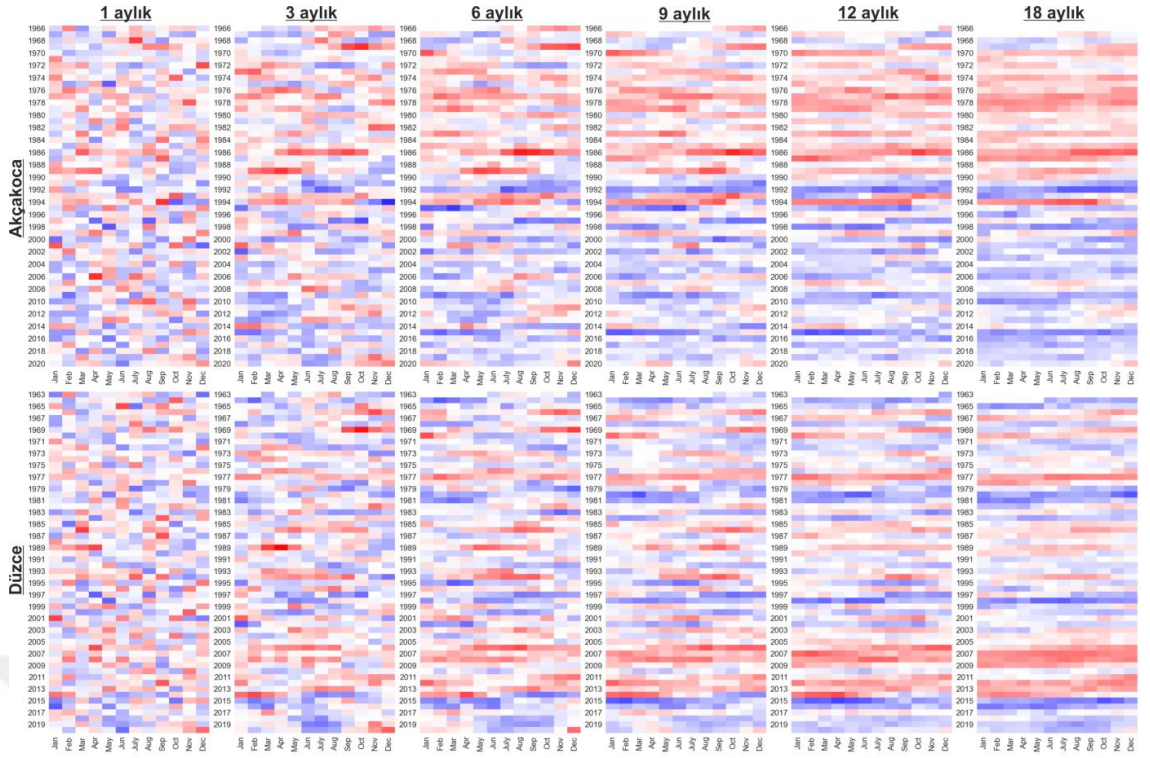
4.1.4. İstasyonlara Ait SPI değerleri

Bir önceki bölümde gösterilen mevsimlik ve bölgesel değerlendirmelerin yanı sıra her bir istasyondaki SPI değerleri 1, 3, 6, 9, 12 ve 18 aylık olarak ısı haritalarına dönüştürülmüştür. Tüm istasyonlara ait ısı haritaları ek olarak teze eklenmiştir. Aşağıda ekte verilen istasyonlara ait kısa değerlendirmeler yer almaktadır. Ekte yer alan ısı haritaları Şekil 18’de gösterildiği gibi ilk olarak kıyıdaki istasyonlar sonraki iç kesimdeki istasyonlar batıdan doğuya doğru olacak şekilde sıralanmıştır.

1 ve 3 aylık değerler kısa dönemli etkileri göstermektedir. 6, 9 ve 12 aylık değerler ise orta seviye kümülatif durumları ifade eder ve bu dönemler barajlardaki su seviyesi ya da akarsulardaki akımlar ve toprak nemi üzerinde etkilidir. 18 aylık ve üstündeki dönemler ise daha uzun süreli kümülatif etkileri gösterir ve hem barajlardaki hem de yeraltı suyundaki etkilerin yorumlanmasında kullanılırlar. 1 aylık değerlerde kümülatif bir etki görülmez ve her ay kendi içerisinde değerlendirilir. Ancak 3 aylıktan itibaren kümülatif bir etki oluşur. Bundan dolayı aylık değerlerden kümülatif aylık değerlere doğru geçildikçe zaman serisindeki değişkenlikte azalmaktadır (Şekil 23).



Şekil 23. Artvin istasyonu 1970-1979 yılları arasındaki 1 aylık ve 18 aylık SPI değerlerinin değişimi.



Şekil 24. Akçakoca ve Düzce istasyonlarının 1, 3, 6, 9, 12 ve 18 aylık SPI değerlerini gösteren ısı haritaları.

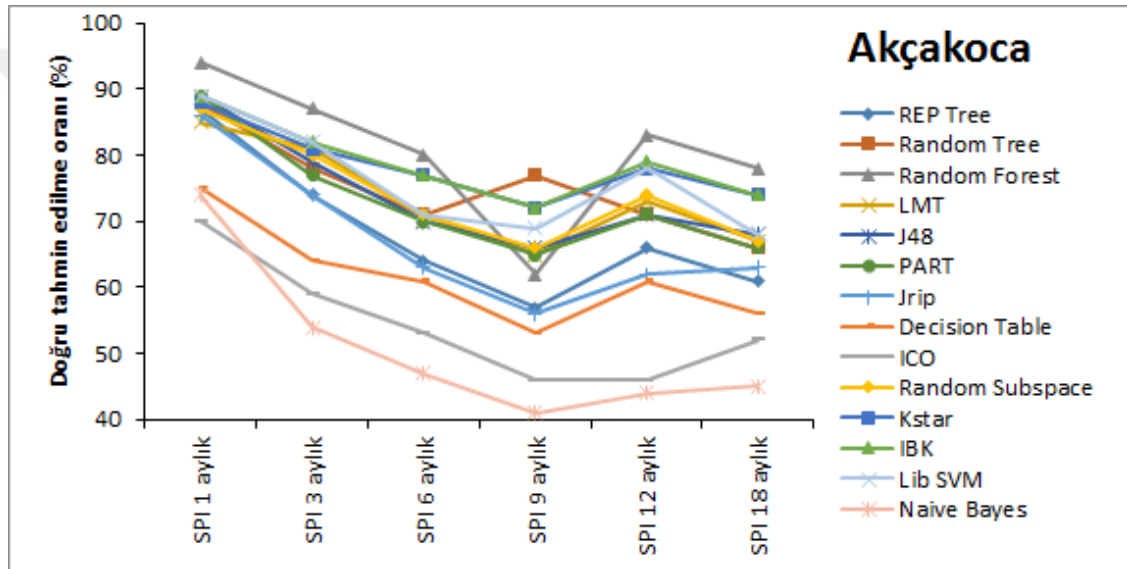
4.2. Makine Öğrenmesi Model Sonuçları

Karadeniz bölgesinde toplam 26 meteoroloji gözlem istasyonundan 5 tanesi seçilerek makine öğrenmesi yöntemleri bu istasyonlar üzerinde denenmiştir. Bu istasyonlar seçilirken iklim özelliklerindeki farklılıklara bakılarak Doğu Karadeniz’den bir tane (Hopa), Orta Karadeniz’den iki tane biri kıyı kesimden (Samsun) biri iç kesimlerden (Çorum) olmak şartı ile Batı Karadeniz’den iki tane biri kıyı kesimden (Akçakoca) biri iç kesimden (Bolu) olacak şekilde seçilmiştir. Bu seçilen istasyonlardaki, aylık toplam yağış, maksimum sıcaklık, ortalama maksimum sıcaklık, ortalama minimum sıcaklık, ortalama nem, ortalama sıcaklık değişkenleri kullanılarak kuraklık şiddetine göre sınıflandırma modelleri denenmiştir. Yapılan sınıflandırma işlemi SPI 1, 3, 6, 9, 12, 18 aylık kuraklık şiddeti sınıfları üzerinde tek tek denenmiştir. Bu denemeler makine öğrenmesinde oldukça yaygın kullanılan WEKA programında uygulanmıştır. Model deneme sonuçları her istasyon için aşağıda verilmiştir.

4.2.1. Akçakoca İstasyonu İçin Model Sonuçları

Batı Karadeniz’ in kıyı kesiminde bulunan Akçakoca istasyonu sınıflandırma model sonuçlarına bakıldığında bütün denenilen yöntemlerde en iyi sonuçlar SPI 1 aylık değerlerinde gözlemlenmiştir. SPI 1 aylık sınıflandırmalarının doğruluk oranına bakıldığında Random Forest en yüksek doğruluk oranına(%94) sahip modeldir.

Ardından doğruluk oranı % 89 oranı ile Lib SVM, IBK, PART modelleri ön plana çıkmıştır. ICO ve Decision Table modelleri ise diğer model sonuçlarına göre düşük doğruluk oranına sahip modellerdir. En düşük doğruluk oranı ise Naive Bayes yönteminde olduğu saptanmıştır. SPI 3 aylık, 6 aylık model deneme sonuçları incelendiğinde doğruluk oranlarında azalmalar olduğu ortaya çıkmıştı fakat 9 aylık SPI model deneme sonuçları Random tree modelinde doğruluk oranının büyük bir eğimle artış gösterdiği, diğer yandan Random Forest modelinin sonuçlarının ise büyük bir eğimle düşüş gösterdiği saptanmıştır. 12 aylık SPI model deneme sonuçlarının neredeyse tamamının 9 aylık model sonuçlarına göre azda olsa bir artış gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 25).

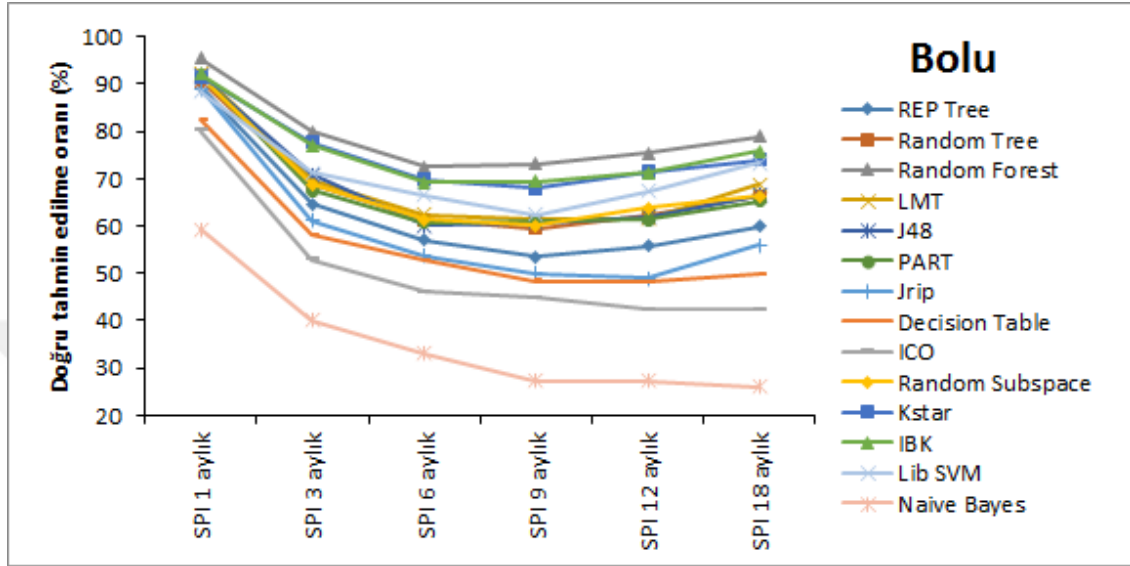


Şekil 25. Akçakoca istasyonu için sınıflandırma modellerinin doğru tahmin edilme oranları.

4.2.2. Bolu İstasyonu İçin Model Deneme Sonuçları

Batı Karadeniz' in iç kesiminde bulunan Bolu istasyonu için sınıflandırma modelleri incelendiğinde ise SPI 1 aylık sınıflandırmasının bütün modellerde en yüksek doğruluk oranına sahip olduğu saptanmıştır. SPI 1 aylık model sonuçlarında doğruluk oranları incelendiğinde % 95 ile Random Forest, % 92 ile LMT ve IBK, % 91 ile J48, PART, Random Subspace ve Kstar algoritmaları, % 90 ile Random Tree, % 89 ile REP Tree ve Jrip, % 88 ile Lib SVM algoritmalarının başarılı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. SPI 3, 6, 9, 12 Aylık sınıflandırma modellerinde ise SPI 1 aylığa göre daha düşük doğruluk oranları tespit edilmiştir. Doğru tahmin edilme oranları SPI 3, 6, 9 modellerinde düşük bir eğimle azalma gösterirken, SPI 12 aylık ve SPI 18 aylık modellerde de yine düşük bir eğimle artış göstermiştir. SPI 1, 3, 6, 9, 12 sınıflandırma

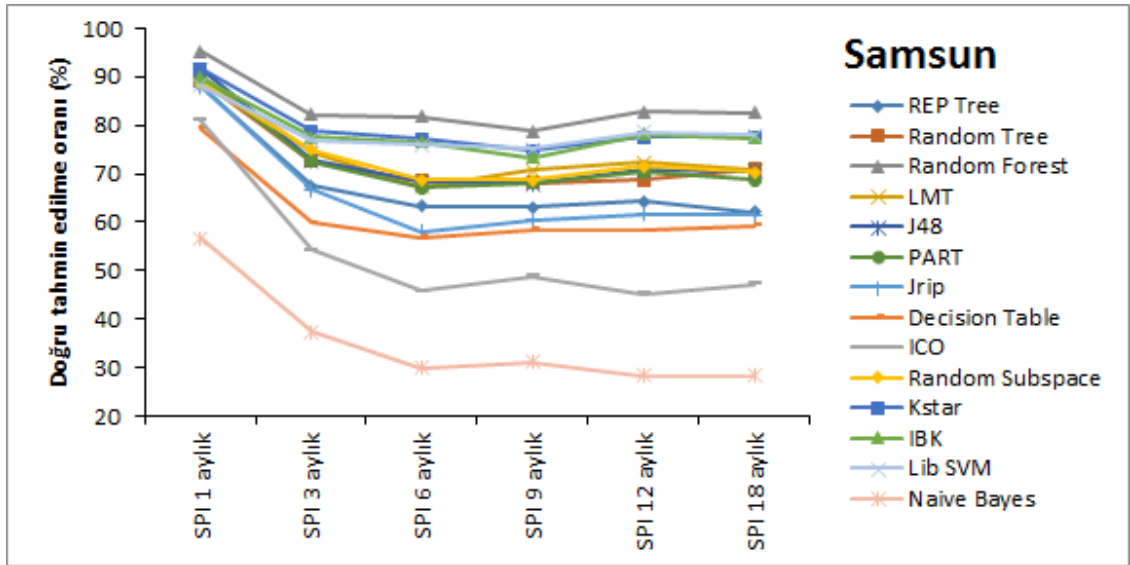
modellerinin tamamında en yüksek doğruluk oranı ile Random Forest en başarılı algoritma olarak karşımıza çıkmaktadır. Model denemelerinde Random Forest en yüksek % 95, en düşük ise % 78 doğru tahmin edilme oranına sahiptir. Bütün modellerde Naive Bayes modeli önemli bir farkla en düşük doğruluk orana sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 26).



Şekil 26. Bolu istasyonu için sınıflandırma modellerinin doğru tahmin edilme oranları

4.2.3. Samsun İstasyonu İçin Model Deneme Sonuçları

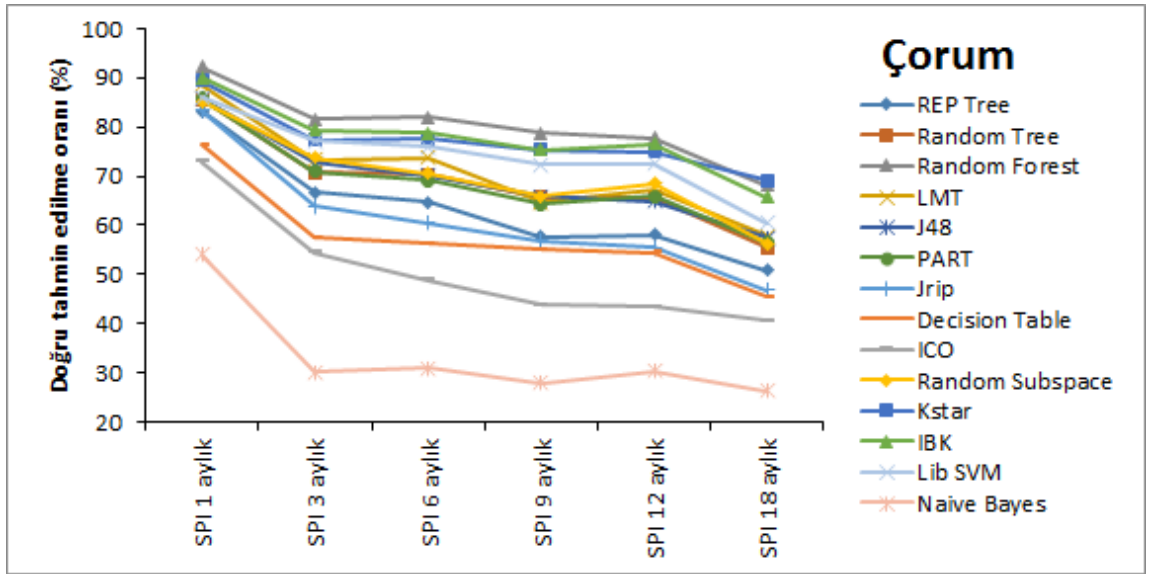
Orta Karadeniz' in kıyı kesiminde bulunan Samsun istasyonu için sınıflandırma model sonuçları incelendiğinde en yüksek doğru tahmini SPI 3, 6, 9, 12, 18 aylıkların hepsinde Random Forest algoritması vermiştir. Kstar algoritması da bu istasyonda SPI 1 aylık değerlerin sınıflandırılmasında % 91 doğru tahmin edilme oranı ile oldukça başarılı bir sonuç vermiştir. Random Forest algoritması SPI sonuçlarından en yüksek % 95, en düşük % 78 doğru tahmin etmiştir. ICO algoritması SPI 1 aylık sınıflandırma sonucunda % 81 doğru tahmin edilme oranını yakalamışken, SPI 3, 6, 9, 12, 18 aylık SPI sınıflandırmasında hızlı bir azalma göstererek % 45 doğru tahmin oranına kadar düşmüştür. Naive Bayes, ICO ve Decision Table algoritmaları ise en düşük doğru tahmin oranlarını vermiştir. Samsun istasyonu için 1 aylık SPI değerinden sonraki model denemeleri (SPI 3, 6, 9, 12, 18) küçük farklılıklarla düz bir seyir izlemiştir. Doğruluk oranlarında hızlı bir düşüş ya da yükseliş tespit edilmemiştir (Şekil 27).



Şekil 27. Samsun istasyonu için sınıflandırma modellerinin doğru tahmin edilme oranları

4.2.4. Çorum İstasyonu İçin Model Deneme Sonuçları

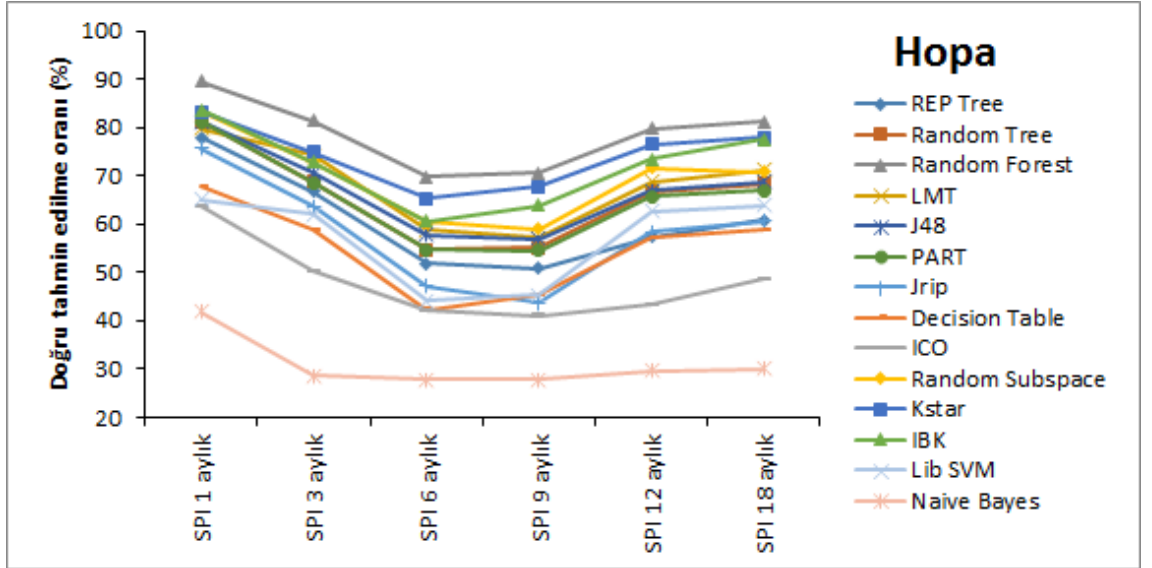
Orta Karadeniz'in iç kesimlerinde bulunan Çorum istasyonu için SPI 1 aylık sınıflandırma modellerinden % 92 ile en yüksek doğruluk oranı Random Forest algoritması sağlamıştır. Ardından % 89 doğruluk oranı ile Kstar, IBK algoritmaları, % 88 ile LTM, %86-83 değerleri arasında REPTree, Random Tree, J48, PART, Jrip, Random Subspace ve Lib SVM algoritmaları başarı yakalamıştır. Decision Table, ICO ve Naive Bayes Algoritmaları diğer algoritmalarla göre düşük doğruluk oranına sahiptir. Özellikle Naive Bayes % 54 doğru tahmin oranı ile en düşük doğruluk oranına sahip algoritmadır. Modellerin doğru tahmin oranları SPI 3, 6, 9, 12 aylık sınıflandırmaları incelendiğinde SPI 1 aylık tahminlerdeki doğruluk oranlarına göre düşüş yaşandığı tespit edilmiştir. Bu dört sınıflandırma için değerler arasında önemli bir azalma ya da önemli bir artış gözlemlenmemiştir. Fakat SPI 18 aylık sınıflandırma sonuçları incelendiğinde bütün modellerde doğruluk oranının diğer SPI değerlerine göre belirgin farkla azaldığı tespit edilmiştir. Bu azalma en iyi doğruluk oranı veren Random Forest için % 68'e kadar düşmüştür (Şekil 28).



Şekil 28. Çorum istasyonu için sınıflandırma modellerinin doğru tahmin edilme oranları

4.2.5. Hopa İstasyonu İçin Model Deneme Sonuçları

Doğu Karadeniz'in kıyı kesiminde bulunan Hopa istasyonu için SPI 1 aylık sınıflandırma modellerinden en iyi sonuç veren algoritma Random Forest algoritmasıdır (% 89). Diğer algoritmalar ise % 83 doğruluk oranı ile Random Subspace, Kstar ve IBK, % 81 doğruluk oranı ile Random Tree, J48 ve PART, % 79 doğruluk oranı ile LTM, % 77 doğruluk oranı ile REPTree, % 75 doğruluk oranı Jrip ile başarı göstermişlerdir. Decision Table, Lib SVM, ICO ve Naive Bayes algoritmaları % 70 altında doğru tahmin yapmışlardır. Bütün SPI sınıflandırmalarında Naive Bayes en düşük doğru tahmin oranını vermiştir. Grafiğe bakıldığında SPI 1 aylık sınıflandırma tahminlerinde yüksek doğruluk oranları olduğu fakat SPI 6 ve 9 aylık aralığında doğru tahmin oranının düştüğü tespit edilmiştir. SPI 12 ve 18 aylık değerler incelendiğinde ise doğruluk oranının tekrar bir artışa geçtiği tespit edilmiştir. SPI 12 aylık sınıflandırma tahminleri SPI 1 aylık tahminlere göre daha yüksek çıkmamasına rağmen diğer SPI değerlerine göre artışa geçtiği tespit edilmiştir (Şekil 29).



Şekil 29. Hopa istasyonu için sınıflandırma modellerin doğru tahmin edilme oranları

Genel olarak beş istasyon için WEKA programında uygulanan sınıflandırma model sonuçlarına göre beş istasyonda da Random Forest en yüksek doğru tahmin oranlarına sahiptir. Bütün istasyonlarda en çok başarı gösteren Random forest algoritmasından sonra IBK ve Kstar algoritmaları gelmektedir. Yine bütün istasyonlarda SPI 1 aylık sınıflandırma model sonuçları bütün algoritmalarda diğer SPI değerlerine göre en yüksek doğru tahmin oranına sahiptir. İstasyonlara uygulanan model sonuçları SPI değerlerine göre tahmin oranları incelendiğinde bazıları tahmin oranların düşüş bazı tahmin oranlarında yükseliş olduğu, bazılarında ise doğru tahmin etme oranının sabit ilerlediği tespit edilmiştir.

5-SONUÇ

Günümüzün en önemli afetlerinden olan kuraklık 1850'lerden itibaren birçok dönemde Anadolu'da etkili olmuş ve 1940'lı yıllardan itibaren bilimsel açıdan Anadolu'daki kuraklıklar incelenmeye başlanmıştır. Kuraklık ile ilgili çalışmalar çok eski olmakla birlikte Anadolu'daki kuraklık çalışmaları tez, ulusal ve uluslararası makale ölçeğinde 2000 yılından sonra artmaya başlamıştır. 2019 ve 2020 yıllarında yıllık ortalama 37 adet kuraklık çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarda 63 farklı yöntem ile kuraklık analizleri gerçekleştirilmekle birlikte çalışmaların çok büyük bir bölümünde SPI analizi kullanılmıştır. Bölgesel açıdan tüm Türkiye'yi inceleyen çalışmaların yanı sıra, havza ve bölge bazlı, hatta il ve daha küçük alanlar içinde kuraklık çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bölgesel açıdan ülkemizin önemli tarım alanları olan Ege Bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi, İç Anadolu bölgesi, Seyhan ve Ceyhan havzaları, Konya Havzası'nda daha çok kuraklık araştırması yapılmaktadır. Türkiye'nin tamamını kapsayan kuraklık çalışmalarında Karadeniz Bölgesi'nden de istasyonların kuraklık analizleri gerçekleştirilmekle birlikte, bölgesel açıdan bir bütün Karadeniz'deki kuraklık koşulları ile ilgili bilimsel çalışmalar çok azdır. Bu çalışmada Karadeniz Bölgesi'nden seçilen 26 istasyon verisi SPI ve makine öğrenmesi tahmin yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada ulaşılan başlıca sonuçlar şu şekildedir.

Karadeniz bölgesi Türkiye'nin en yağışlı bölgesi olmakla birlikte yıllık toplam yağış miktarı hem yıllara göre hem de bölge içinde kıyı ve iç kesimler arasında büyük farklılık göstermektedir. Tüm istasyonların ortalamasına göre Karadeniz bölgesinde ortalama yıllık toplam yağış miktarı 859 mm'dir. Yıllık ortalama toplam yağış değeri kıyı kesimlerde 1172 mm iken iç kesimlerde 485 mm'dir.

Hem ısı haritaları hem de ortalama yağış değerlerine göre bölge genelinde daha nemli koşullara doğru bir geçiş yaşanmaktadır. Ancak bazı yıllarda şiddetli kuraklıkların yaşandığı görülmektedir. Bölgenin tamamı için hesaplanan yıllık SPI değerlerine göre 1963, 1967, 1988, 2008 ve 2019 yılları orta ve aşırı nemli, 1996, 1969, 1974, 1984, 1986, 1993 ve 2020 yılları orta ve şiddetli kurak karakterindedir. Özellikle 1972-1987 dönemi en kurak dönemdir ve bu dönemdeki kuraklık kıyı kesiminde daha şiddetli yaşanmıştır. İç kesimlerde ise 2013 yılı aşırı kurak yaşanmıştır. 2020 yılı ise iç kesimlerde daha şiddetli olmak üzere bölgenin tamamında kurak geçmiştir.

Mevsimlik SPI değerlerine göre kış mevsiminde aylık ve 3 aylık değerlerde görülen kuvvetli negatif SPI değerlerinin 12 ve 18 aylık değerlere doğru geçildikçe değerlerin normale yaklaşmaktadır. Bu durum kış mevsiminde kuraklık koşullarının kısa dönemli olduğunu gösterir.

İlkbahar mevsiminde Mart ayı, özellikle 1 ve 3 aylık değerlerde düşük SPI değerlerinin yani kuraklığın en belirgin olduğu aydır. 1 ve 3 aylık değerlerde 1972-1994 döneminde belirgin bir kurak dönem yaşanmıştır. Nisan ayında 1 aylık SPI değerlerinde 1972-1994 dönemindeki kuraklığın zayıfladığı, ancak 3 aylık SPI değerlerinde bu dönemdeki kuraklığın yüksek negatif SPI değerlerine sahip olduğu görülmektedir.

Karadeniz Bölgesi Türkiye’de yaz yağışlarının en belirgin olduğu bölgelerin başında gelmektedir. Bu açıdan Türkiye’de belirgin olarak hissedilen yaz kuraklığının en az yaşandığı bölgedir. Yaz aylarında SPI değerlerinin düşmesi yani kuraklığın artışı ekosistem üzerinde önemli etkileri olurken, yüksek SPI değerleri yani yüksek yağışlar taşkınlar açısından önemli bir risk barındırmaktadır. Haziran ayında özellikle Batı Karadeniz’de 1974-1982 döneminin daha kurak karakterdedir ve bu durum tüm aylık serilerde de belirgin olarak görülmektedir.

6 farklı meteorolojik veri kullanılarak 5 farklı meteoroloji istasyonuna uygulanan makine öğrenmesi yöntemlerine göre Random Forest, IBK ve Kstar algoritmaları en yüksek doğru tahmin oranlarına sahiptir.

KAYNAKÇA

- Akar, Ö. ve Güngör, O. (2012). Rastgele orman algoritması kullanılarak çok bantlı görüntülerin sınıflandırılması. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 1 (2), 139-146.
- Akbaş, A. (2013). *Türkiye’de palmer kuraklık indisine göre kuraklığın alansal ve zamansal değişiminin incelenmesi*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- Akbaş, A. (2014a). Türkiye üzerindeki önemli kurak yıllar. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 12 (2), 101-118.
- Akbaş, A. (2014b). Türkiye’de klimatolojik kuraklık olasılıklarının dağılışı. *Türk Coğrafya Dergisi*, 63, 1-8.
- Akramy, A. (2020). *Erzincan, Bayburt ve Gümüşhane illerinde faktör analizi ve güvenilirlik yöntemi ile hidrolojik ve meteorolojik kuraklık değerlendirmesi*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Erzincan.
- Aksu, G. ve Doğan, N. (2019). Veri Madenciliğinde Kullanılan Bir Analiz Programı: WEKA. *Journal of Measurement and Evaluation in Education and Psychology*, 10 (1), 80-95.
- Aksu, M. Ç. ve Karaman, E. (2017). Karar Ağaçları ile Bir Web Sitesinde Link Analizi ve Tespiti. *Acta Infologica*, 1(2), 84-91.
- Akkemik, Ü., Dağdeviren, N. ve Aras, A. (2005). A preliminary reconstruction (AD 1635–2000) of spring precipitation using oak tree rings in the western Black Sea region of Turkey. *International Journal of Biometeorology*, 49(5), 297-302.
- Askarimarnani, S. S., Kiem, A. S. ve Twomey, C. R. (2020). Comparing the performance of drought indicators in Australia from 1900 to 2018. *International Journal of Climatology*, 41, E912-E934.
- Balov, M. N. ve Altunkaynak, A. (2020). Spatio-temporal evaluation of various global circulation models in terms of projection of different meteorological drought indices. *Environmental Earth Sciences*, 79(6), 1-13.
- Başakın, E. E., Ekmekcioğlu, Ö. ve Özger, M. (2019). Makine öğrenmesi yöntemleri ile kuraklık analizi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(8), 985-991.

- Batterbury, S. ve Warren, A. (2001). The African Sahel 25 years after the great drought: assessing progress and moving towards new agendas and approaches. *Global Environmental Change*, 11(1),1-8.
- Beden, N., Demir, V. ve Keskin, A. Ü. (2019). Samsun İlinde SPI ve PNI Kuraklık İndekslerinin Eğilim Analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 22(64), 107-116.
- Boustani Hezarani, A. (2018). *Farklı Kuraklık Analiz Yöntemlerinin Yeşilirmak Havzasında İrdelenmesi*. Yayımlanmamış doktora tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Bryant, E. A. (1991). *Natural Hazards*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Cebeci, İ., Demirkıran, O., Doğan, O., Sezer, K. K., Öztürk, Ö. ve Elbaşı, F. (2019). Türkiye'nin İller Bazında Kuraklık Değerlendirmesi. *Toprak Su Dergisi*, 169-176.
- Chawla, N. V., Lazarevic, A., Hall, L. O. ve Bowyer, K. W. (2003). SMOTEBoost: Improving prediction of the minority class in boosting. In European conference on principles of data mining and knowledge discovery (pp. 107-119). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Cortes, C. ve Vapnik, V. (1995). Support-vector networks. *Machine learning*, 20(3), 273-297.
- Cookson, E., Hill, D. J. ve Lawrence, D. (2019). Impacts of long term climate change during the collapse of the Akkadian Empire. *Journal of Archaeological Science*, 106, 1-9.
- Çelik, M. A. (2020). Kuraklık araştırmalarında yeni eğilimler, kullanılan teknikler ve kavramlar üzerine bibliyometrik ağ analizi. *International journal of geography and geography education*, 25(42), 602-630.
- Çiçek, İ. ve Duman, N. (2015). Seasonal and annual precipitation trends in Turkey. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 10(2), 77-84.
- Dellal, I. ve McCarl, B. A. (2010). *The economic impacts of drought on agriculture: The case of Turkey*. Lopez-Francos (Der) Economics of Drought and Drought Preparedness in a Climate Change Context, CIHEAM/FAO/ICARDA/GDAR/CEIGRAM/MARM, Zaragoza, CIHEAM Options Méditerranéennes İçinde, (95), 169-174.
- Demir, V. (2018). *Karadeniz Bölgesi yağışlarının trend analizi*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Dener, M., Dörterler, M. ve Orman, A. (2009). Açık kaynak kodlu veri madenciliği programları: WEKA'da örnek uygulama. *Akademik Bilişim*, 9, 11-13.

- Erinç, S. (1965). *Yağış müessiriyeti üzerine bir deneme ve yeni bir indis*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları No:41.
- Erler, M.Y.(1997). *Ankara ve Konya Vilayetlerinde Kuraklık ve Kıtık (1845 ve 1874 Yılları)*. Yayımlanmamış doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Eslamian, S. ve Eslamian, F. A. (2017). *Handbook of drought and water scarcity: environmental impacts and analysis of drought and water scarcity*. CRC Press.
- Feyen, L. ve Dankers, R. (2009). Impact of global warming on streamflow drought in Europe. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 114(D17).
- Hadi, S. J. ve Tombul, M. (2018). Long-term spatiotemporal trend analysis of precipitation and temperature over Turkey. *Meteorological Applications*, 25(3), 445–455.
- İrcan, M.R. (2020). *Şanlıurfa'nın iklim özellikleri ve kuraklık analizi*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Çankırı.
- Jahilzadnezamabad, A.(2019). *Forecasting palmer drought severity index using hybrid wavelet-heuristic models*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Kadioğlu, M. (2008). *Kuraklık Kıranı Risk Yönetimi*. Kadioğlu, M. ve Özdamar, E.(Der.), “Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri” içinde s. 277-300. JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, Ankara.
- Kara, Ş. E. ve Şamlı, R. (2021). Yazılım Projelerinin Maliyet Tahmini için WEKA’da Makine Öğrenmesi Algoritmalarının Karşılaştırmalı Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 23, 415-426.
- Katip, A. (2018). Meteorological drought analysis using artificial neural networks for Bursa city, Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(3), 3315-3332.
- Kavzoğlu, T. ve Çölkesen, İ. (2010). Karar ağaçları ile uydu görüntülerinin sınıflandırılması. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2(1), 36-45.
- Keskin, M. E., Terzi, Ö.,Taylan, E. D. ve Küçükyaman, D. (2011). Meteorological drought analysis using artificial neural networks. *Scientific Research and Essays*, 6(21), 4469-4477.
- Komuscu, A. U. (2001). An analysis of recent drought conditions in Turkey in relation to circulation patterns. *Drought Network News (1994-2001)*, 22.
- Komuscu, A.U. (1999). Using the SPI to analyze spatial and temporal patterns of drought in Turkey. *Drought Network News (1994-2001)*, 49.

- Küçükönder, H., Vursavuş, K. K. ve Üçkardeş, F. (2015). K-Star, Rastgele Orman ve Karar Ağacı (C4. 5) Sınıflandırma Algoritmaları ile Domatesin Renk Olgunluğu Üzerinde Bazı Mekanik Özelliklerin Etkisinin Belirlenmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji dergisi*, 3(5), 300-306.
- Küçükyaman, D. (2010). *Kovada gölü'nün hidrolojik ve meteorolojik Kuraklık analizi*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Lehr, T., Yuan, J., Zeumer, D., Jayadev, S. ve Ritchie, M. D. (2011). Rule based classifier for the analysis of gene-gene and gene-environment interactions in genetic association studies. *BioData Mining*, 4(1), 1-14.
- Mishra, A. K. ve Singh, V. P. (2010). A review of drought concepts. *Journal of hydrology*, 391(1-2), 202-216.
- Nauslar, N. J., Abatzoglou, J. T. ve Marsh, P. T. (2018). The 2017 North Bay and Southern California fires: a case study. *Fire*, 1(1), 18.
- Manikandan, G., Aravind, V. ve Anitha, B. (2018). A Survey to Identify an Efficient Classification Algorithm for Heart Disease Prediction. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 119(12), 13337-13345.
- McKee, T. B., Doesken, N. J. ve Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, 17(22), 179-183.
- Nalbantis, I. (2008). Evaluation of a hydrological drought index. *European Water*, 23(24), 67-77.
- Oğuz, K., Pekin, M. A. ve Çamalan, G. (2021). Muğla İlinde 1960-2018 Dönemi Kuraklık Analizi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(1), 89-100.
- Oğuztürk, G. (2010). *Kızılırmak Havzası'nda syi ile kuraklık analizi ve ysa yöntemi ile kuraklık tahmini*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale.
- Özfidaner, M. (2020). *Türkiye ölçeğinde yağış ve akım kuraklık indeksi ile kuraklık analizi ve kurak olma olasılıklarının belirlenmesi*. Yayımlanmamış doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Özüpekçe, S. (2020). Türkiye'de Artan Kuraklık Ve Olası Sonuçları: Susuzluk, Kıtık Ve Ekonomik Problemler. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 13(71), 278-285.
- Palmer, W. C. (1965). *Meteorological drought* (Cilt. 30). US Department of Commerce, Weather Bureau.

- Partal, T. ve Yavuz, E. (2020). Batı Karadeniz Bölgesinde Kuraklık İndisleri Üzerine Trend Analizi Uygulanması. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 6(2), 345-353.
- Rajput, A., Aharwal, RP, Dubey, M., Saxena, SP ve Raghuvanshi, M. (2011). E-yönetişim verileri için J48 ve JRIP kuralları. *Uluslararası Bilgisayar Bilimi ve Güvenliği Dergisi (IJCSS)*, 5(2), 201.
- Riebsame, W. E. (2019). *Drought and natural resources management in the United States: impacts and implications of the 1987-89 drought*. Routledge.
- Saplıoğlu K. ve Çoban E., (2013). Karadeniz bölgesi yağış serilerinin trend analizi, VII. Ulusal Hidroloji Kongresi 26 -27 Eylül, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, s.500-512.
- Salehnia, N., Alizadeh, A., Sanaeinejad, H. Bannayan, M., Zarrin, A. ve Hoogenboom, G. (2017). Estimation of meteorological drought indices based on AgMERRA precipitation data and station-observed precipitation data. *Journal of. Arid Land* 9, 797-809.
- Sönmez, F. K., Kömüscü, A. U., Erkan, A. ve Turgu, E. (2005). An analysis of spatial and temporal dimension of drought vulnerability in Turkey using the standardized precipitation index. *Natural Hazards*, 35(2), 243-264.
- Svoboda, M. ve Fuchs, B. (2016). *Handbook of drought indicators and indices*.
- Tanoğlu, A. (1943). Türkiye'nin kuraklık indisleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, (1), 36-41.
- Taşcı, E. ve Onan, A. (2016). K-en yakın komşu algoritması parametrelerinin sınıflandırma performansı üzerine etkisinin incelenmesi. *Akademik Bilişim*, 1-8.
- Tayanç, M., İm, U., Doğruel, M. ve Karaca, M. (2009). Climate change in Turkey for the last half century. *Climatic Change*, 94(3-4), 483-502.
- Theodorescu, R. (1968). *Good, IJ: The Estimation of Probabilities. An essay on modern Bayesian Methods*. Research Monograph No. 30, The MIT Press Cambridge 1965. 109 S., 7 Tab., 115 Lit.
- Tsakiris, G. ve Vangelis, H. J. E. W. (2005). Establishing a drought index incorporating evapotranspiration. *European water*, 9(10), 3-11.
- Tosunoğlu, F. (2014). *Türkiye'deki meteorolojik ve hidrolojik Kuraklıkların atmosferik salınımlarla olan ilişkilerinin incelenmesi*. Yayımlanmamış doktora tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Tufaner, F., Dabanlı, İ. ve Özbeyaz, A. (2019). Kuraklığın Yapay Sinir Ağları ile Analizi: Adıyaman Örneği. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 4(1), 25-32.
- Tümertekin, E. (1956a). Türkiye'de kuraklık süresinin coğrafi dağılışı. *Türk Coğrafya Dergisi*, 15-16, 145-150.

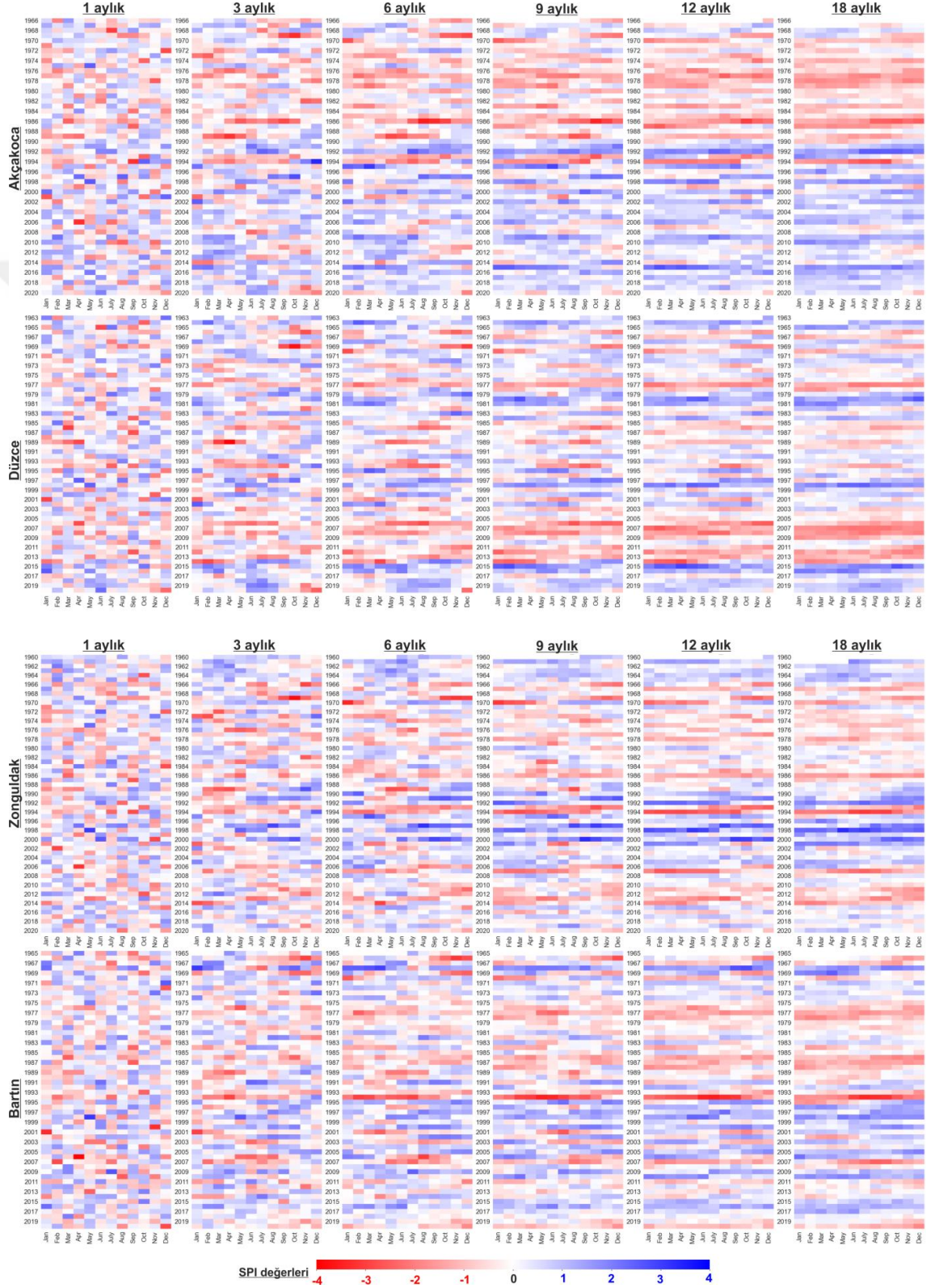
- Tümertekin, E. (1956b). Türkiye'de kurak mevsimler. *Türk Coğrafya Dergisi*, 15-16, 193-197.
- Türkeş, M. ve Tatlı, H. (2008). Aşırı kurak ve nemli koşulların belirlenmesi için yeni bir standartlaştırılmış yağış indisi (yeni-SPI): Türkiye'ye uygulanması. IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı, 528-538.
- Türkeş, M. (1996). Meteorological Drought in Turkey: A Historical Perspective, 1930–93. *Drought Network News (1994–2001)*, 84.
- Türkeş, M. (1990). *Türkiye'de kurak bölgeler ve önemli kurak yıllar*. Yayımlanmamış doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- URL-1, Our World in Data, (2021).<https://ourworldindata.org/grapher/deaths-from-natural-disasters-by-type?country=Mass+movement+%28dry%29~Volcanic+activity~Wildfire~Landslide~~Extreme+temperature~Flood~Extreme+weather~Drought~Earthquake>, 5 Ekim 2021
- URL-2: EDO (European drought Observatory) (2020). Drought in Europe – June 2020 https://edo.jrc.ec.europa.eu/documents/news/EDODroughtNews202009_Europe.pdf, 5 Ekim 2021
- Ünlü, M. (2012). XIX. yüzyıl sonlarında Çarşamba'da kuraklık. *Karadeniz İncelemeleri Dergisi*, 6(12), 125-132.
- Vazıfkehah, S. (2018). *Catchment scaled drought analysis: integrated climate and hydrological perspectives*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, İstanbul teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S. ve López-Moreno, J. I. (2010). A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of climate*, 23(7), 1696-1718.
- Walimbe, R. (2017). Handling imbalanced dataset in supervised learning using family of smote algorithm. *Data Science Central*. Available at: <https://www.datasciencecentral.com/profiles/blogs/handlingimbalanced-data-sets-in-supervised-learning-using-family>.
- Wilhite, D. ve Pulwarty, R. S. (2017). *Drought and water crises: integrating science, management, and policy*. CRC Press.
- Wilhite, D. A. ve Glantz, M. H. (1985). Understanding: the drought phenomenon: the role of definitions. *Water international*, 10(3), 111-120.

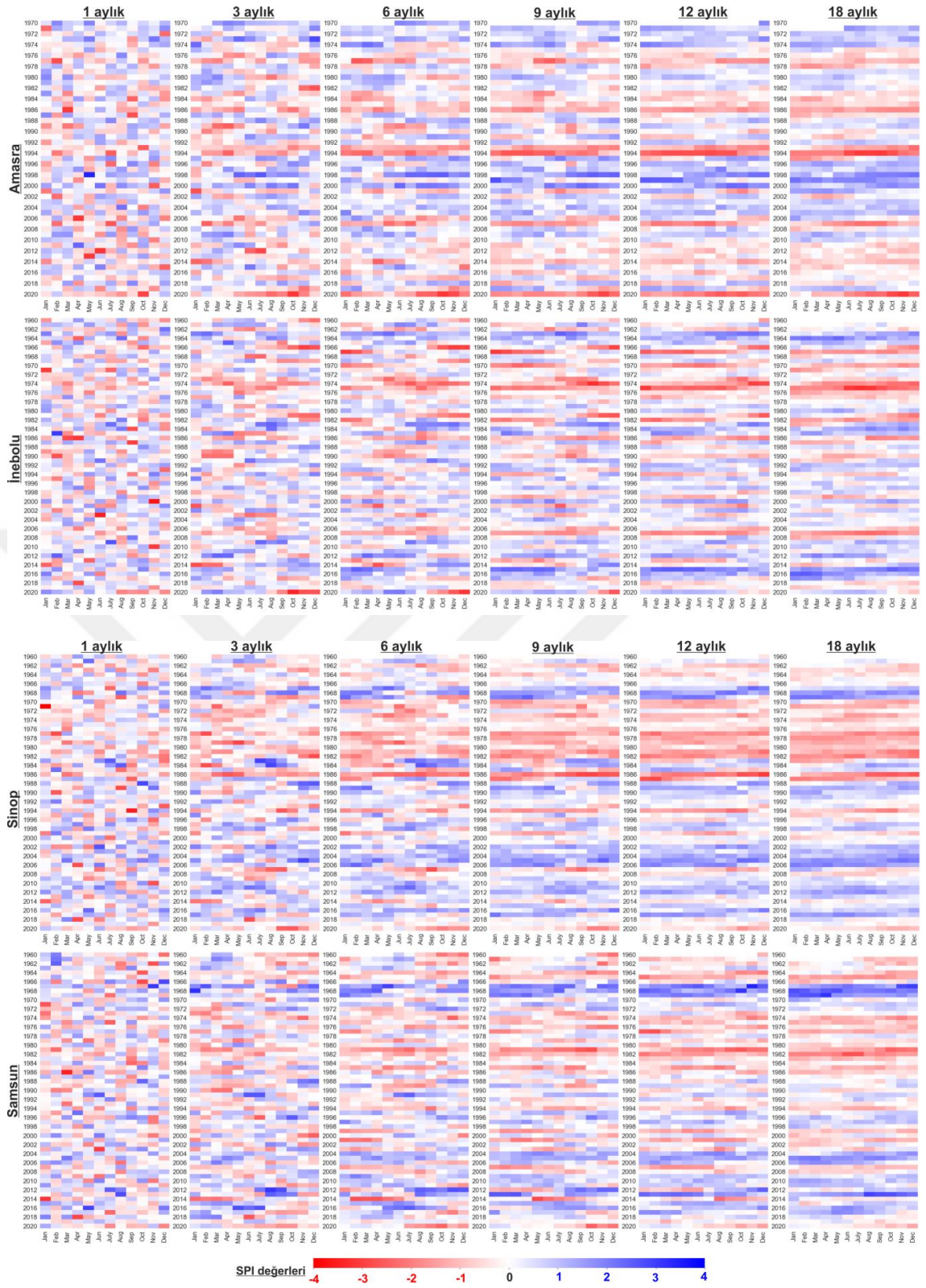
- Wilhite, D. A., Svoboda, M. D. ve Hayes, M. J. (2007). Understanding the complex impacts of drought: A key to enhancing drought mitigation and preparedness. *Water resources management*, 21(5), 763-774.
- Yavuz, E. (2020). *Karadeniz bölgesinde bazı kuraklık indisleri üzerine trend analizi uygulanması*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Yue, S., Pilon, P. ve Cavadias, G. (2002). Power of the Mann–Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. *Journal of hydrology*, 259(1-4), 254-271.
- Zhao, S., Guo, Y., Sheng, Q. ve Shyr, Y. (2014). Advanced Heat Map and Clustering Analysis Using Heatmap3. *BioMed Research International*, 2014, 1–6.

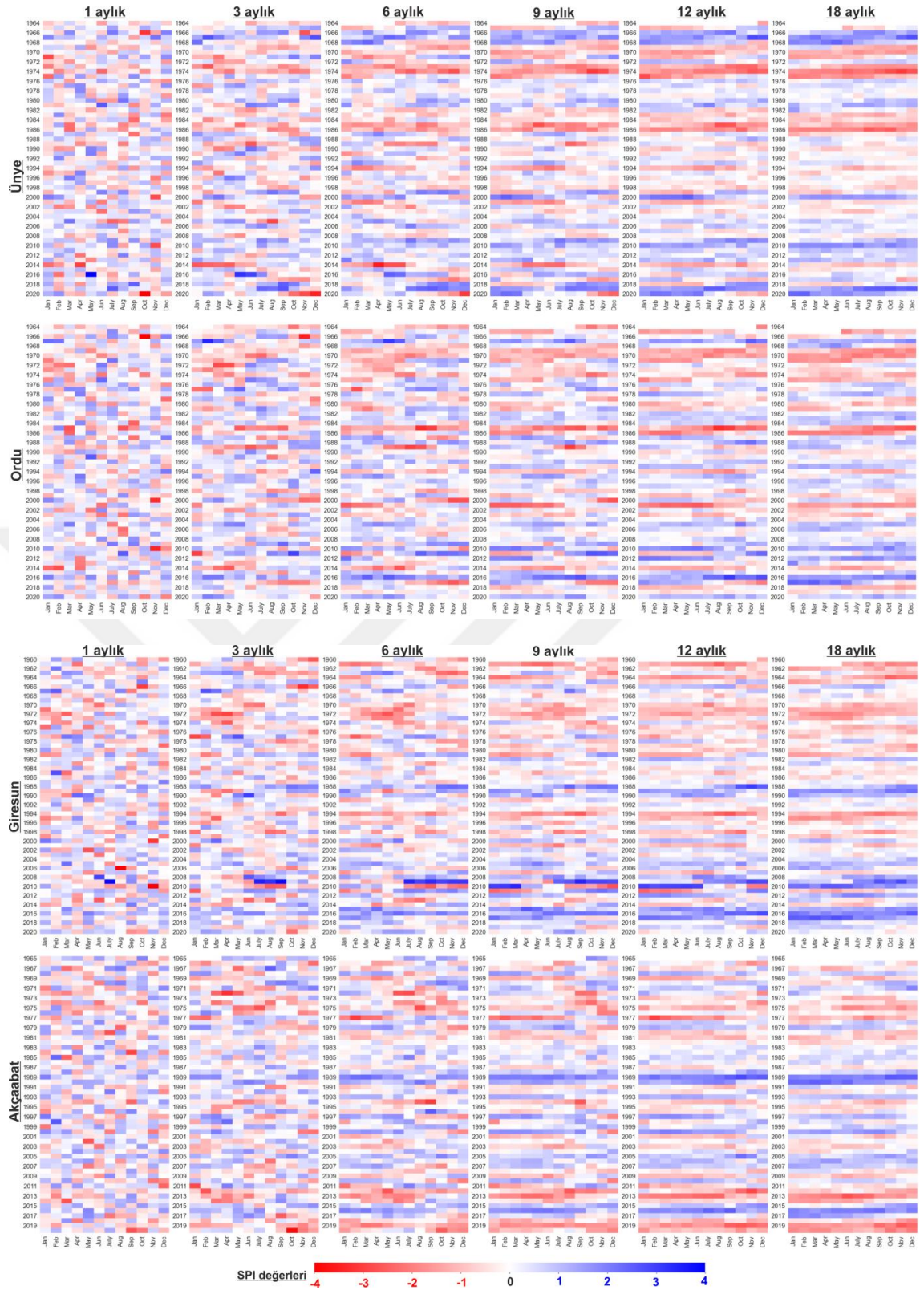


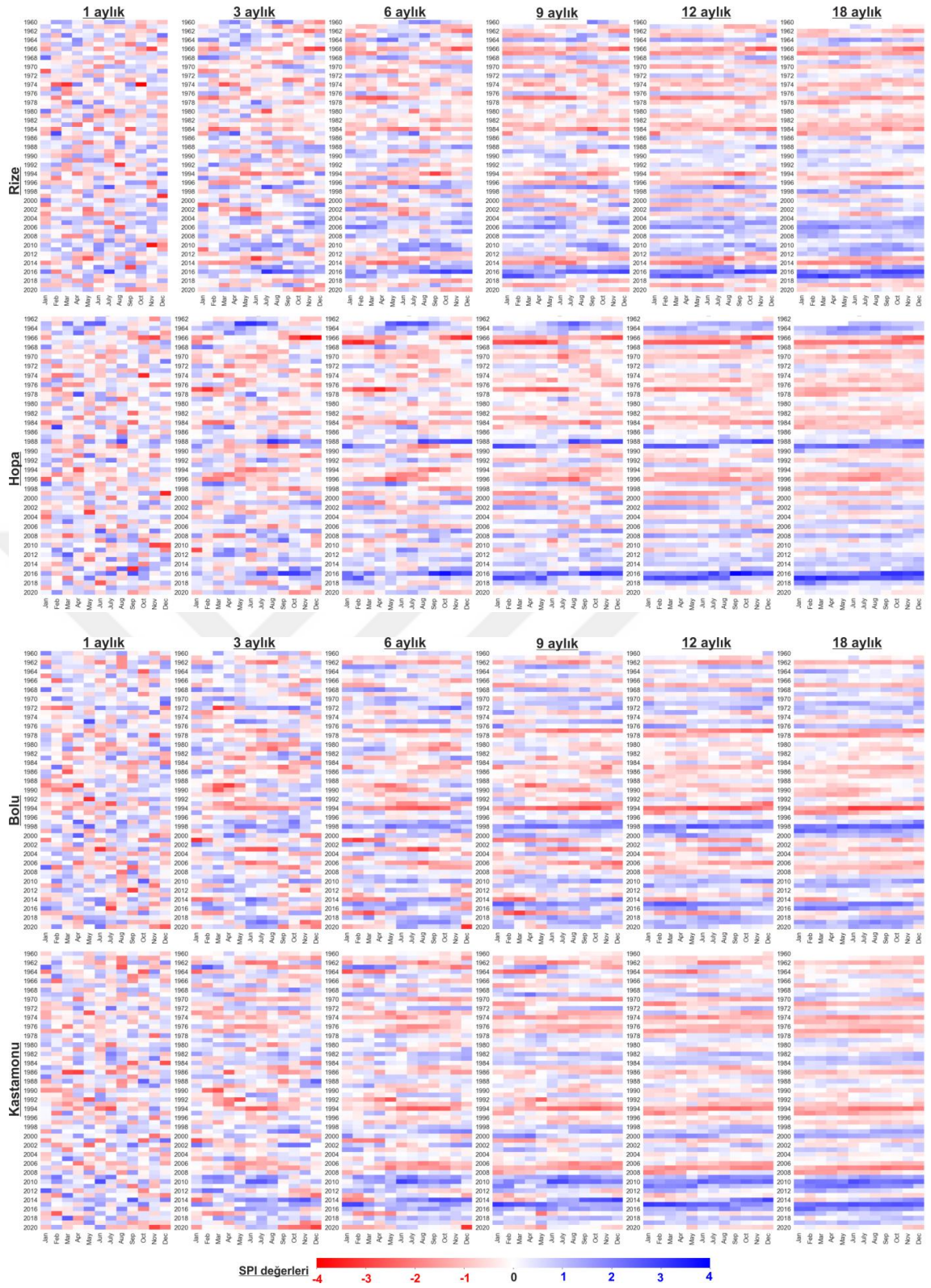
EKLER

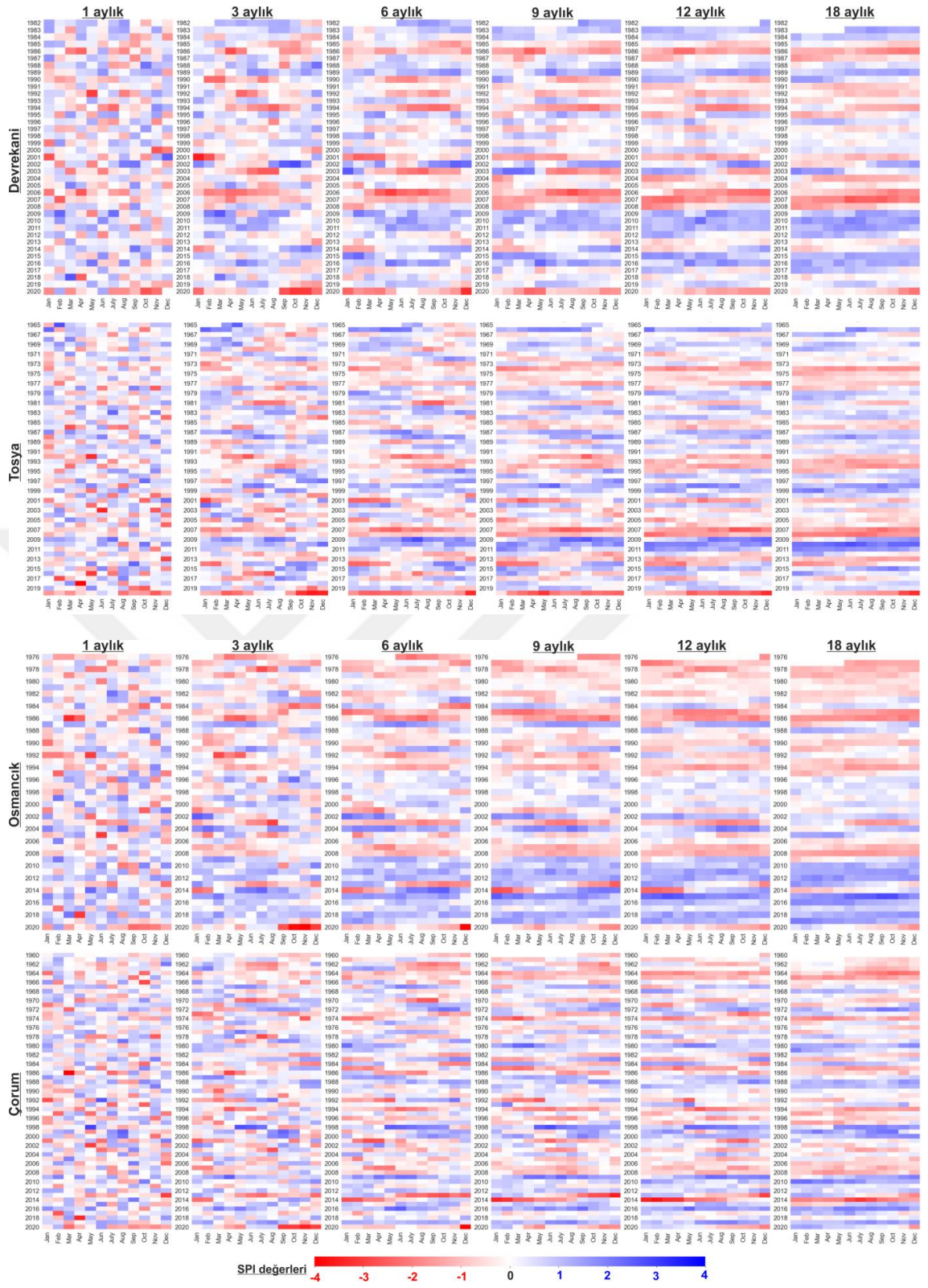
Ek 1: İstasyonlara uygulanan 1, 3, 6, 9, 12 ve 18 aylık SPI değerlerini gösteren ısı haritaları

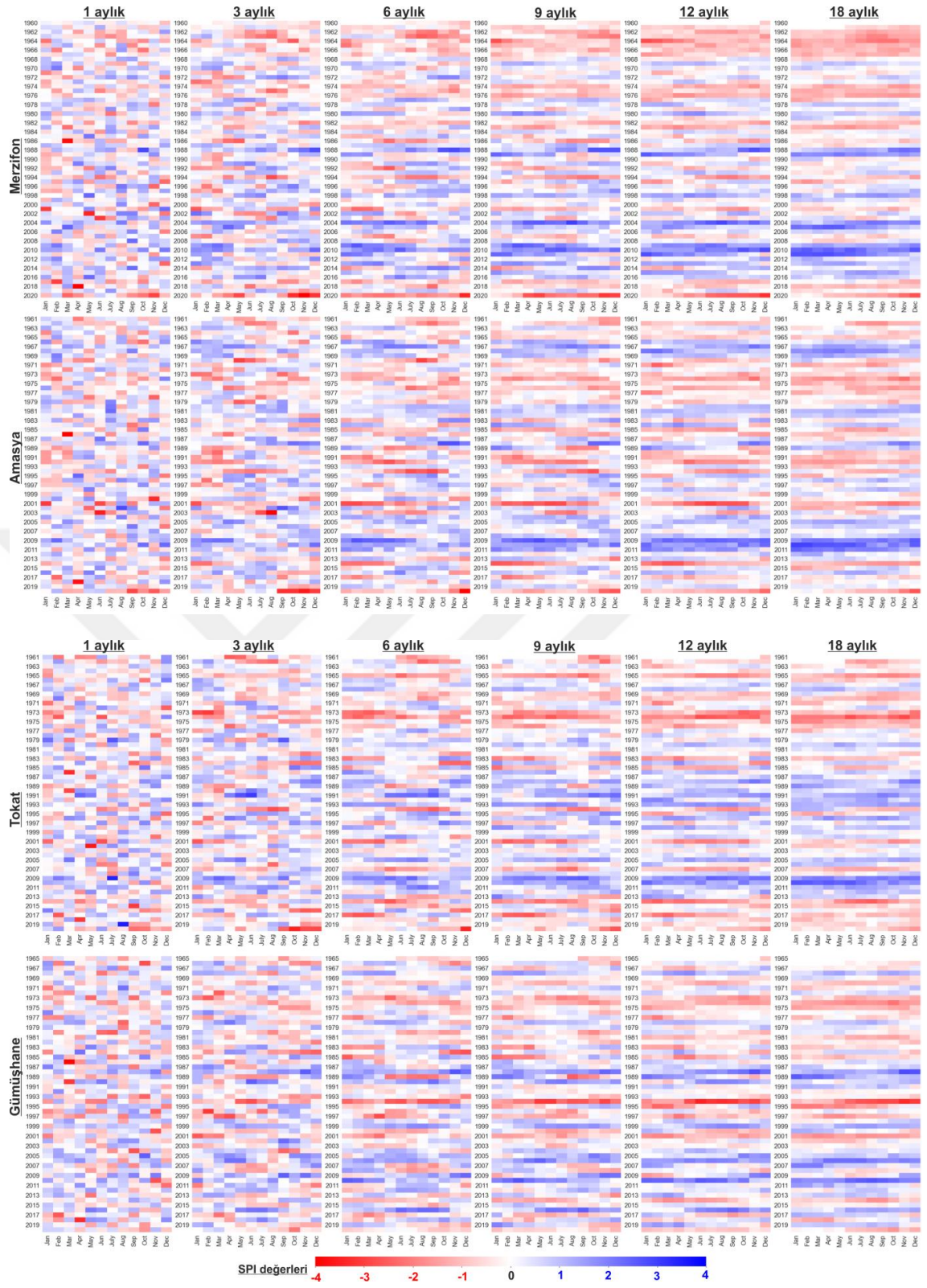


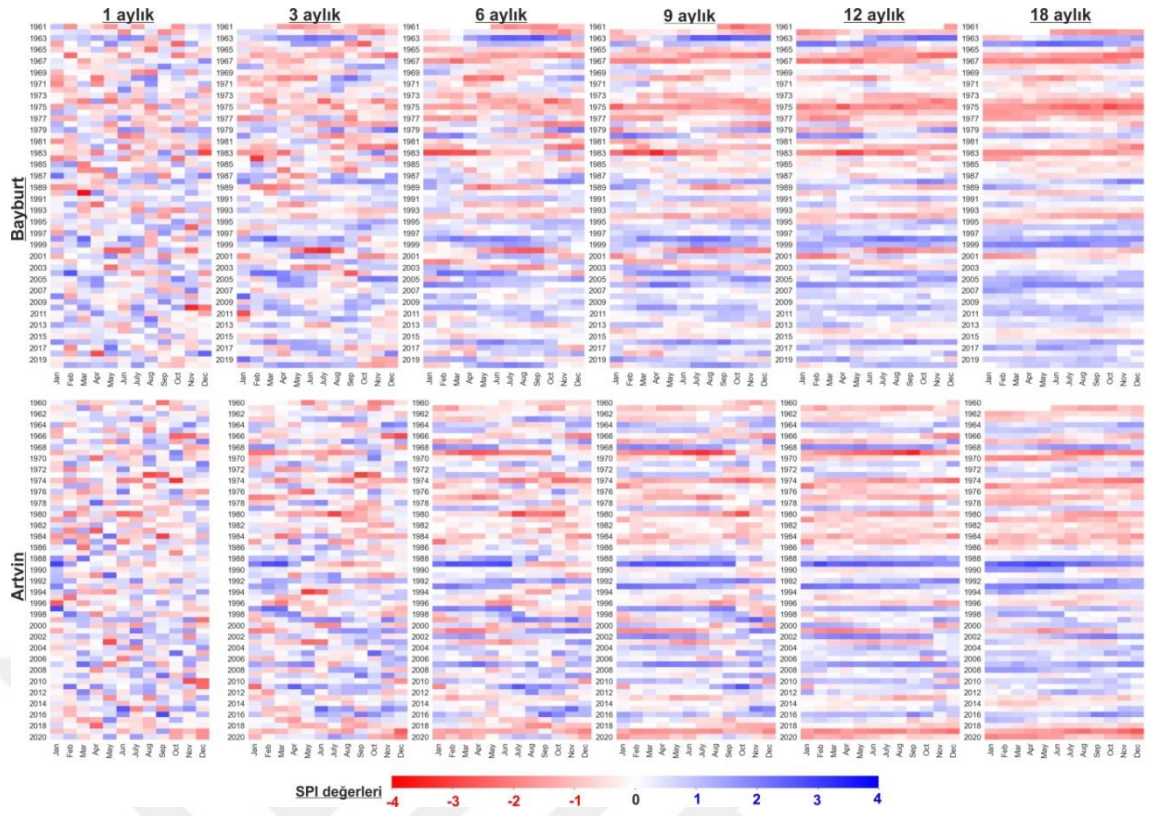












ÖZGEÇMİŞ

Yasemin DENİZ ÖZTÜRK İlk, orta ve lise eğitimini Karaman'da tamamladı. 2019-2023 yılları arasında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Acil Yardım ve Afet Yönetimi bölümünde lisans eğitimini tamamladı. 2014-2015 eğitim öğretim yılında Mevlana Üniversitesi'nden pedagojik formasyon sertifikasını aldı. 2016-2019 döneminde Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Eğitim Programları ve Öğretimi Ana Bilim Dalı'nda "Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi sınıf öğretmenliği bölümü öğrencileri ve Niğde merkez okullarındaki sınıf öğretmenlerinin ilk yardım konusundaki bilgi düzeylerinin karşılaştırılması" adlı yüksek lisans çalışmasını tamamladı.

2016-2017 eğitim-öğretim yılında Niğde Özel Anlam Mesleki ve Teknik Lisesi'nde öğretmenlik, 2017-2018 ve 2018-2019 eğitim-öğretim yılları bahar yarıyıllarında Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Zübeyde Hanım Sağlık Meslek Yüksekokulu'nda staj görevlisi olarak sözleşmeli öğretim görevlisi olarak görev yaptı. 2020 yılından beri Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin Meslek Yüksekokulu, Acil Durum ve Afet Yönetimi Programı'nda öğretim olarak görev yapmaktadır. Yasemin DENİZ ÖZTÜRK evli ve bir çocuk annesidir.