

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



STANDART YAĞIŞ İNDEKSİ KULLANILARAK
TUNCELİ İLİ KURAKLIK ANALİZİ

Rokay DOĞAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Hilal ARSLANOĞLU IŞIK

TUNCELİ – 2025

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

STANDART YAĞIŞ İNDEKSİ KULLANILARAK
TUNCELİ İLİ KURAKLIK ANALİZİ

Rokay DOĞAN
(220150029)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Hilal ARSLANOĞLU IŞIK

TUNCELİ – 2025

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

STANDART YAĞIŞ İNDEKSİ KULLANILARAK
TUNCELİ İLİ KURAKLIK ANALİZİ

ROKAY DOĞAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 30/05/2025 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

İmza

Dr. Öğr. Üyesi
Hilal ARSLANOĞLU IŞIK
(Munzur Üniversitesi)

DANIŞMAN

İmza

Doç. Dr.
Sibel ASLAN
(Fırat Üniversitesi)

ÜYE

İmza

Dr. Öğr. Üyesi
Özlem ERDEM
(Munzur Üniversitesi)

ÜYE

Bu tez, Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Doç. Dr. Nagihan KARAASLAN AYHAN
Enstitü Müdürü

NOT: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı “Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu”ndaki hükümlere tabidir.

30/05/2025

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

İmza
Rokay DOĞAN

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Hilal ARSLANOĞLU IŞIK

TEŞEKKÜRLER

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca hiçbir konuda desteğini esirgemeyen, tez yazım aşamasında aklıma takılan her soruya açıklık getiren, bilgi, beceri ve tecrübesiyle tez çalışmamın her safhasında bilgisini benden sakınmayan, eğitimci hayatı boyunca öğrenciyi, bilimi, adaleti ve insaniyeti merkezine alan hayatımın geri kalanında minnettar olacağım değerli Danışman Hocam Dr. Öğr. Üyesi Hilal ARSLANOĞLU IŞIK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımın temelini oluşturan verilere ulaşmamı sağlayan Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamı inceleyen tüm hocalarıma ve çalışmamda katkısı bulunan ve veri toplamamda bana yardımcı olan herkese teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, hayatım boyunca hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan, sevgili annem, babam, ablam, eniştem ve biricik yeğenime en içten teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans öğrenimim ve tez yazım sürecim boyunca her türlü desteği ve ilgiyi gösteren kıymetli eşim Sidal YÜRÜK DOĞAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Rokay DOĞAN
TUNCELİ-2025

İÇİNDEKİLER

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	I
TEŞEKKÜR.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ŞEKİLLER LİSTESİ	IV
TABLolar LİSTESİ	V
SEMBOLLER LİSTESİ	VI
KISALTMALAR LİSTESİ	VII
ÖZET	VIII
ABSTRACT	IX
1. GİRİŞ	1
2. KURAKLIK.....	3
2.1. Meteorolojik Kuraklık	5
2.2. Hidrolojik Kuraklık	6
2.3. Tarımsal Kuraklık.....	7
2.4. Ekolojik Kuraklık	7
3. STANDART YAĞIŞ İNDEKSİ.....	10
3.1. Standart Yağış İndeksi ile İlgili Yapılmış Çalışmalar	13
4. MATERYAL VE METOD	18
4.1. Çalışma Bölgesi.....	18
4.2. Çalışmada Kullanılan Veriler	21
4.3. Kullanılan Yazılımlar	23
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	24
5.1. Yağış Verileri	24
5.2. Aylık Kuraklık Analizi	31
5.3. Üç Aylık Kuraklık Analizi	38
5.4. Altı Aylık Kuraklık Analizi.....	48
5.5. Yıllık Kuraklık Analizi.....	55
5.6. Yaz Mevsimi Kuraklık Analizi.....	59
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	64
7. KAYNAKLAR.....	66
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1. Kuraklık sınıflandırması	9
Şekil 4.1. Tunceli ili siyasi haritası	19
Şekil 4.2. Tunceli ili fiziki haritası	20
Şekil 4.3. Tunceli ili MGM istasyon haritası	22
Şekil 5.1. Tunceli/17165 numaralı OMGI aylık toplam yağış grafiği	24
Şekil 5.2. Çemişgezek/17768 numaralı OMGI aylık toplam yağış grafiği	25
Şekil 5.3. Hozat/18354 numaralı OMGI aylık toplam yağış grafiği	26
Şekil 5.4. Mazgirt/17736 numaralı OMGI aylık toplam yağış grafiği	27
Şekil 5.5. Pülümür/185886 numaralı OMGI aylık toplam yağış grafiği	27
Şekil 5.6. Ovacık/185886 numaralı OMGI aylık toplam yağış grafiği	28
Şekil 5.7. Nazmiye/18355 numaralı OMGI aylık toplam yağış grafiği	29
Şekil 5.8. Aşağıgölbahçe köyü (Pertek)/18769 numaralı OMGI aylık toplam yağış grafiği	29
Şekil 5.9. Elmakaşı köyü (Pertek)/19090 numaralı OMGI aylık toplam yağış grafiği	30
Şekil 5.10. Koçpınar köyü (Pertek)/19265 numaralı OMGI aylık toplam yağış grafiği	30
Şekil 5.11. Tunceli ili Merkez ilçesi 3 aylık kuraklık sonuçları grafiği	39
Şekil 5.12. Tunceli ili Çemişgezek ilçesi 3 aylık kuraklık sonuçları grafiği	40
Şekil 5.13. Tunceli ili Hozat ilçesi 3 aylık kuraklık sonuçları grafiği	41
Şekil 5. 14. Tunceli ili Mazgirt ilçesi 3 aylık kuraklık sonuçları grafiği	42
Şekil 5.15. Tunceli ili Pülümür ilçesi 3 aylık kuraklık sonuçları grafiği	43
Şekil 5.16. Tunceli ili Ovacık ilçesi 3 aylık kuraklık sonuçları grafiği	44
Şekil 5.17. Tunceli ili Nazmiye ilçesi 3 aylık kuraklık sonuçları grafiği	45
Şekil 5.18. Tunceli ili Pertek ilçesi Aşağıgölbahçe köyü 3 aylık kuraklık sonuçları grafiği	46
Şekil 5.19. Tunceli ili Pertek ilçesi Elmakaşı köyü 3 aylık kuraklık sonuçları grafiği	47
Şekil 5.20. Tunceli ili Pertek ilçesi Koçpınar köyü 3 aylık kuraklık sonuçları grafiği	47
Şekil 5.21. Tunceli ili 2020 yılı altı aylık birinci dönem kuraklık haritası	49
Şekil 5.22. Tunceli ili 2020 yılı altı aylık ikinci dönem kuraklık haritası	50
Şekil 5.23. Tunceli ili 2021 yılı altı aylık birinci dönem kuraklık haritası	51
Şekil 5.24. Tunceli ili 2021 yılı altı aylık ikinci dönem kuraklık haritası	52
Şekil 5.25. Tunceli ili 2022 yılı altı aylık birinci dönem kuraklık haritası	52
Şekil 5.26. Tunceli ili 2022 yılı altı aylık ikinci dönem kuraklık haritası	53
Şekil 5.27. Tunceli ili 2023 yılı altı aylık birinci dönem kuraklık haritası	54
Şekil 5.28. Tunceli ili 2023 yılı altı aylık ikinci dönem kuraklık haritası	55
Şekil 5.29. 2020 yılı Tunceli ili yıllık kuraklık haritası	56
Şekil 5.30. 2021 yılı Tunceli ili yıllık kuraklık haritası	57
Şekil 5.31. 2022 yılı Tunceli ili yıllık kuraklık haritası	58
Şekil 5.32. 2023 yılı Tunceli ili yıllık kuraklık haritası	58
Şekil 5.33. 2020 yılı Tunceli ili yaz mevsimi kuraklık haritası	60
Şekil 5.34. 2021 yılı Tunceli ili yaz mevsimi kuraklık haritası	62
Şekil 5.35. 2022 yılı Tunceli ili yaz mevsimi kuraklık haritası	62
Şekil 5.36. 2023 yılı Tunceli ili yaz mevsimi kuraklık haritası	63

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Standart yağış indeksi kuraklık sınıflaması	13
Tablo 4.1. MGM 13. Bölge Müdürlüğü Tunceli ili içerisindeki OMGİ bilgileri	21
Tablo 5.1. Tunceli ili Merkez ilçesi aylık kuraklık analizi sonuç tablosu	32
Tablo 5.2. Çemişgezek ilçesi aylık kuraklık analizi sonuç tablosu	33
Tablo 5.3. Tunceli ili Hozat ilçesi aylık kuraklık analizi sonuç tablosu.....	34
Tablo 5.4. Tunceli ili Mazgirt ilçesi aylık kuraklık analizi sonuç tablosu.....	34
Tablo 5.5. Tunceli ili Pülümür ilçesi aylık kuraklık analizi sonuç tablosu.....	35
Tablo 5.6. Tunceli ili Ovacık ilçesi aylık kuraklık analizi sonuç tablosu.....	36
Tablo 5.7. Tunceli ili Nazmiye ilçesi aylık kuraklık analizi sonuç tablosu.....	36
Tablo 5.8. Tunceli ili Pertek ilçesi Aşağıgölbahçe köyü kuraklık analiz sonuç tablosu	37
Tablo 5.9. Tunceli ili Pertek ilçesi Elmakaşık köyü kuraklık analiz sonuç tablosu	37
Tablo 5.10. Tunceli ili Pertek ilçesi Kocapınar köyü kuraklık analiz sonuç tablosu	37

SEMBOLLER LİSTESİ

$g(x)$	: Gama dağılımı
H	: Geliştirilmiş kümülatif olasılık
m	: Yağış serisindeki yağışsız günlerin sayısı
n	: Serideki veri sayısı
q	: Sıfırın olasılığı
x	: Yağış miktarı
α	: Şekil parametresi
$\Gamma(\alpha)$	: Gama fonksiyonu
β	: Ölçek parametresi
$\bar{X}_i$	: Her bir istasyon için seçilen zaman diliminde ölçülen yağış ortalaması
X_i	: Her bir istasyon için herhangi bir zaman ölçeğinde ölçülen normalleştirilmiş yağış miktarı
σ	: Her bir istasyona ait yağış verilerinin zaman ölçeği içindeki standart sapması

KISALTMALAR LİSTESİ

AKİ	: Akım kuraklık indeksi
BMÇSS	: Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Savaşım Sözleşmesi
HGM	: Hazine Genel Müdürlüğü
IPCC	: Hükûmetlerarası İklim Değişikliği Paneli
KKİ	: Keşif Kuraklık İndeksi
MSR	: Milli Savunma Bakanlığı
OMGİ	: Otomatik meteoroloji gözlem istasyonu
PKSİ	: Palmet Kuraklık Şiddet İndeksi
SYİ	: Standart yağış indeksi
WMO	: Dünya Meteoroloji Örgütü



ÖZET

Kuraklık; ekosistemler, tarımsal üretim, su kaynakları ve insan yaşamı üzerinde önemli etkileri olan karmaşık bir doğal afettir. Özellikle iklim değişikliğinin etkileriyle birlikte kuraklık olaylarının sıklığı ve şiddeti artmaktadır. Bu bağlamda, kuraklığın izlenmesi, değerlendirilmesi ve yönetimi giderek daha kritik hale gelmiştir. Bu tez çalışmasında, Tunceli ilinde meteorolojik kuraklık durumu, Standart Yağış İndeksi (SYİ) yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir.

Çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne bağlı Tunceli ilindeki 10 otomatik meteoroloji gözlem istasyonuna ait 2012–2023 yılları arasındaki aylık yağış verileri kullanılmıştır. Elde edilen veriler, DrinC v1.7 yazılımı aracılığıyla SYİ değerlerine dönüştürülmüş; bu değerler üzerinden aylık, mevsimsel ve yıllık kuraklık analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, elde edilen kuraklık indeksleri ArcGIS programı yardımıyla haritalandırılarak mekânsal dağılım analizleri yapılmıştır.

Analiz sonuçları, çalışma periyodunda ortalama aylık yağışın 52,09 mm olduğunu ve bölgenin belirgin kuraklık eğilimleri sergilediğini göstermiştir. İncelenen dönemde ayların ortalama %36,50'si kurak geçerken, %33,60'ı nemli dönem olarak kaydedilmiştir. Kurak dönemlerin oransal baskınlığı, bölgenin su kaynakları ve ekolojik denge açısından taşıdığı risklerin altını çizen somut bir göstergedir.

Bu çalışma, hem Tunceli özelinde kuraklık eğilimlerinin anlaşılmasına katkı sağlamakta hem de kuraklık riskine karşı alınabilecek önlemler için bilimsel bir temel sunmaktadır. Ayrıca, SYİ yönteminin bölgesel düzeyde uygulanabilirliğini test ederek, benzer coğrafi ve iklimsel özellikler taşıyan alanlar için örnek teşkil etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kuraklık, standart yağış indisi (SYİ), Tunceli, DrinC, ArcGIS

ABSTRACT

Drought Analysis of Tunceli Province using the Standardized Precipitation Index

Drought is a complex natural disaster that significantly affects ecosystems, agricultural production, water resources, and human life. With the increasing impact of climate change, the frequency and severity of drought events have risen, making the monitoring, assessment, and management of drought increasingly critical. This thesis analyzes the state of meteorological drought in the province of Tunceli using the Standardized Precipitation Index (SPI) method.

In this study, monthly precipitation data from 2012 to 2023 were obtained from 10 automatic meteorological observation stations located across Tunceli, operated by the Turkish State Meteorological Service. These data were processed with the DrinC v1.7 software to compute SPI values. Based on these values, monthly, seasonal, and annual drought analyses were conducted. Furthermore, the spatial distribution of drought severity was visualized using ArcGIS software.

The analysis results indicated that the average monthly precipitation during the study period was 52.09 mm and that the region exhibited distinct drought tendencies. During the period under review, an average of 36.50% of the months were classified as dry, while 33.60% were recorded as wet. The proportional dominance of dry periods is a concrete indicator that underscores the risks posed to the region's water resources and ecological balance.

This study contributes to the understanding of drought dynamics in Tunceli and provides a scientific foundation for future drought risk mitigation strategies. Additionally, by testing the applicability of the SPI method at the regional scale, the research serves as a reference for areas with similar geographical and climatic characteristics.

Key words: Drought, standardized precipitation index (SPI), Tunceli, DrinC, ArcGIS

1. GİRİŞ

Kuraklık, dünya genelinde ekosistemleri, tarımsal üretimi, su kaynaklarını ve insan yaşamını derinden etkileyen en önemli doğal afetlerden biridir. Meteorolojik, hidrolojik, tarımsal ve sosyoekonomik boyutlarıyla çok yönlü bir olgu olan kuraklık, özellikle iklim değişikliğinin etkilerinin artmasıyla birlikte daha sık ve şiddetli bir şekilde karşımıza çıkmaktadır. Bu durum, kuraklığın izlenmesi, analizi ve yönetimi konusunda bilimsel çalışmaların önemini artırmaktadır. Bu tez çalışması, Tunceli ili özelinde meteorolojik kuraklığın Standart Yağış İndeksi (SYİ) yöntemiyle değerlendirilmesini amaçlamaktadır.

Kuraklığın tanımı ve sınıflandırılması, etkilerinin doğru bir şekilde anlaşılabilmesi için kritik öneme sahiptir. Meteorolojik kuraklık, yağış eksikliğiyle başlayan ve zamanla hidrolojik sistemi, tarımsal üretimi ve sosyoekonomik dengeleri etkileyen bir süreç olarak tanımlanabilir. Bu sürecin izlenmesinde kullanılan SYİ, yalnızca yağış verilerine dayalı olarak hesaplanan ve farklı zaman ölçeklerinde kuraklığın şiddetini değerlendirebilen etkili bir yöntemdir. Bu yöntem, özellikle Tunceli gibi tarım ve hayvancılığın önemli bir geçim kaynağı olduğu bölgelerde, kuraklık riskinin belirlenmesi ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır.

Tunceli ili, coğrafi konumu ve iklim özellikleri nedeniyle kuraklığa karşı hassas bir bölgedir. İlin yarı nemli iklim yapısı, son yıllarda yaşanan iklim değişikliği etkileriyle birlikte daha kurak bir eğilime girmektedir. Bu durum, tarımsal üretim, su kaynaklarının azalması ve ekosistem dengesi üzerinde ciddi tehditler oluşturmaktadır. Bu çalışmada, Tunceli ilindeki meteoroloji istasyonlarından elde edilen yağış verileri kullanılarak SYİ hesaplamaları yapılmış ve bölgenin kuraklık eğilimleri mevsimsel ve yıllık bazda analiz edilmiştir.

Çalışmanın temel amacı, Tunceli ilinde yaşanan meteorolojik kuraklığın boyutlarını ortaya koymak ve bu kapsamda gelecekte alınabilecek önlemlere ışık tutmaktır. Ayrıca, SYİ yönteminin bölgede uygulanabilirliğini test etmek ve elde edilen sonuçların literatürde ki diğer çalışmalarla karşılaştırılması da hedeflenmektedir. Bu sayede, bölgenin kuraklık risk haritasının çıkarılması ve su kaynaklarının verimli kullanımına yönelik stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlanması beklenmektedir.

Bu tez çalışması, beş ana bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünde kuraklığın tanımı, önemi ve çalışmanın amacı ele alınmıştır. İkinci bölümde, kuraklık türleri , üçüncü bölümde ise SYİ yönteminin teorik temelleri açıklanmıştır. Dördüncü bölümde, Tunceli ilinin coğrafi ve iklimsel özellikleri incelenerek kullanılan veri setleri ve metodoloji detaylı bir şekilde sunulmuştur. Beşinci bölümde ise elde edilen bulgular tartışılmış ve sonuç bölümünde çalışmanın genel bir değerlendirmesi yapılarak öneriler sunulmuştur.

Bu çalışma, Tunceli ilinde kuraklığın dinamiklerini anlamak ve bölgedeki su yönetimi politikalarına bilimsel verilerle destek sağlamak açısından önemli bir adım olarak değerlendirilebilir. Ayrıca, benzer çalışmalar için bir referans teşkil etmesi ve gelecekte yapılacak araştırmalara yol göstermesi de hedeflenmektedir.



2. KURAKLIK

Kuraklık, gezegenimizdeki milyonlarca ekosistem ve insanları etkileyen ve bunların üzerinde ciddi etkilere sahip, anlaşılması güç ve karmaşık gerçekleşen hava olaylarından biridir. Düzensiz bir tekrar ve nerede gerçekleşeceği belli olmayan bu doğa olayının etkileri kümülatiftir ve kuraklık son bulsa dahi etkiler uzun yıllar devam edebilmektedir (Lorenzo ve ark., 2024). Kuraklık, küresel ölçekte en önemli doğal afetlerden biri olarak kabul edilmektedir (Trenberth ve ark., 2014; Liu ve ark., 2018; Liu ve ark., 2019; Jiang ve Zhou, 2023),

Belirli bir bölgede normal, ortalama yağış miktarından daha az yağış alması durumunda kuraklık meydana gelmektedir. Kuraklıkların belirli bir süresi vardır ve kalıcı değildirler (Cebeci ve ark., 2019). Küresel ısınma etkisini artırdıkça yaşanan kuraklığın yoğunluğuyla beraber tekrar etme sıklığı da artmaktadır. Bu yüzden ekosistemin sürekliliğini şiddetli bir şekilde tehdit etmektedir (Huang ve ark., 2024). Kuraklık geçmiş dönemlere ait yaşanmış ve bitmiş bir doğa olayı değil günümüzde de dünyamızı ve üzerindeki yaşamı tehdit eden en büyük doğal felaketlerden biri konumundadır. Kuraklık aynı zamanda çok fazla sayıda canlıyı etkileyebilecek ve çok geniş alanlara yayılabilecek bir etkiye sahiptir (Yao ve ark., 2022). Birden fazla koşulun etkisiyle oluşan kuraklık; gezegenimizde meydana gelen en karmaşık doğal afet olmasının yanı sıra dünya üzerinde en çok gerçekleşen doğal afetlerden biridir. Çok büyük tarımsal ve ekonomik hasarlara neden olabilmektedir. IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) Altıncı Değerlendirme Raporu'na göre küresel ısınmanın su döngüsünü etkileyeceği ve böylece dünyanın kuru ve ıslak alanlarının arasındaki farklılıkların daha da fark edilebilir bir boyutta değişim göstereceği öne sürülmüştür. Bundan dolayı önümüzdeki yıllarda küresel ısınmanın oluşturacağı daha ciddi kuraklık felaketlerinin olması beklenmektedir (Zhang ve ark., 2023).

Kuraklık, küresel ölçekte meydana gelen ve uzun vadede hem insanlar hem de ekosistemler üzerinde ciddi etkiler yaratabilen önemli bir doğa olayıdır. Kuraklık ölçümleri genellikle iklimsel bilgiler ışığında oluşan dolaylı göstergeler olan indekslerle yapılmaktadır (Lorenzo ve ark., 2024).

Kuraklık, bilinen diğer doğal afetler olan deprem ve sel gibi afetlerle karşılaştırıldığında oluşturabileceği etkisi doğrudan tespit edilemeyip, oluşumu ve kapsamı nedeniyle uzun vadede gözlemleyebileceğimiz etkiler barındırmaktadır. Bu

yüzden kuraklıkların hidrolojik denge üzerinde ciddi etkisi bulunmaktadır (Pang ve ark., 2024).

Enerji üretiminin günümüzde hızla artan önemiyle birlikte; tarım, altyapı ve insan sağlığı gibi kritik sektörlerle doğrudan bağlantılı olan bu üretimin sürdürülebilirliği için, yağış rejimlerinin çeşitli zaman ve mekân ölçeklerinde izlenmesi büyük önem taşımaktadır. Özellikle suya bağımlı enerji sistemleri açısından, meteorolojik ve hidrolojik kuraklık durumları üretim kapasitesini olumsuz etkileyebilmekte; bu nedenle yağış indeksleri gibi bilimsel araçlar kullanılarak kuraklık riskinin önceden tespit edilmesi, enerji arz güvenliğini sağlamak açısından kritik bir strateji hâline gelmektedir. (Da Silva, 2023).

Küresel ısınmanın etkilerinin artmasıyla birlikte, doğal sistemlerin dayanıklılığı azalmakta ve ekosistemler üzerindeki çevresel baskı giderek büyümektedir. Bu süreçte paralel olarak, dünya nüfusunun sürekli artışı; enerji, su ve gıda gibi doğal kaynaklara olan talebi artırarak, ekolojik stresin daha da derinleşmesine neden olmaktadır. Bu çerçevede, hidrolojik kuraklık olaylarının hem sıklığının hem de şiddetinin zamanla arttığı gözlemlenmekte ve bu durumun ekonomik dengelerden çevresel sürdürülebilirliğe kadar çok boyutlu etkiler doğurduğu bilimsel verilerle ortaya konulmaktadır. Yaşanması muhtemel hidrolojik kuraklıkların etkilerini azaltmak amacıyla, bu olguyu önceden öngörebilecek hidrolojik kuraklık indekslerinin tahminine dayalı sistemlerin geliştirilmesi; hem su kaynaklarının etkin yönetimi hem de kuraklığın çevresel ve ekonomik etkilerinin azaltılması açısından stratejik bir rol üstlenmektedir. (Pas ve Ark., 2024).

İklimsel olarak gerçekleşen mevsimsel yağış oranlarının yanı sıra, sosyal nedenlerle ortaya çıkan su kıtlığı da, meteorolojik kuraklık yaşanmayan bölgelerde dahi kuraklık benzeri etkiler yaratmaktadır. Bu durum, kuraklık olgusunun özelliklerini taşımaktadır. Bu yüzden 19. yüzyılın ortalarından başlayarak yaşanan kentleşme, artan nüfusla beraber artmaya devam eden tarımsal sulama alanları, endüstriyel gelişmelerin sonucunda su tüketimi ve su kıtlığı problemi büyük ölçüde artmıştır (Lan ve ark., 2024).

Yirmi birinci yüzyılın en acil sorunları arasında yer alan doğal afetler ve iklim değişikliği konusunda Hükûmetlerarası İklim Değişikliği Paneli'ne göre (IPCC, 2021), 2011 yılından itibaren 2020 yılına kadar 9 yıl boyunca küresel yüzey sıcaklıklarını kayıt altında tutulması sağlanmaya çalışılmıştır. Çünkü sıcaklığın sanayi öncesi seviyelerden (1850-1900) yaklaşık olarak 1,09 °C daha yüksek olduğu saptanmıştır. Yaşanan bu sıcaklık artışı hidrolojik döngüyü etkileyerek kuraklık ve tayfun gibi suyla ilgili olan olayların oluşma tehlikesinde önemli ölçüde artışa yol açmıştır (Le ve Ark., 2024).

Kuraklık, gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelerde sürdürülebilir kalkınmayı ciddi olarak tehdit etmektedir. Özellikle son yirmi yılda yaşanan kuraklıkların gerçekleşme süreleri ve tekrar etme oranı %29 artmıştır. Kuraklık dünya üzerinde 10 milyonun üzerinde can kaybına ve çok ciddi mali kayıplara sebep olmuştur (Sun ve ark., 2023).

Yaşanan meteorolojik kuraklıklar tarımsal verimliliği ve ekonomik gelişmeleri ciddi oranlarda etkileyerek hidrolojik, tarımsal ve ekolojik kuraklıklara sebep olabilmektedir. Sonuç olarak kuraklıklar birbiriyle bağlantılı olarak çok ciddi ekonomik, tarımsal, ekolojik ve sosyal-kültürel tehlikeler oluşturmaktadır (Sun ve ark., 2023). Bu nedenledir ki kuraklıklar etkilerine göre genellikle meteorolojik kuraklık, hidrolojik kuraklık, tarımsal kuraklık ve sosyoekonomik kuraklık olmak üzere dört türe ayrılırlar; (Wu ve ark., 2017). Bu kuraklık türleri birbirinden bağımsız olarak veya bir biri ardınca meydana gelebilirler. Böylelikle bir tür kuraklık hidrolojik döngüden dolayı diğerine yayılabilir; bu olguya da kuraklık yayılımı denir (Geng ve ark., 2025).

Kuraklık, dünya çapında meydana gelen en önemli ve en maliyetli doğal afetlerden biri durumundadır. Tarımsal, hidrolojik vb. gibi konularda olumsuz etkilere neden olarak ülkelerin ekonomik, sosyolojik ve siyasal olarak zayıflamasına neden olmaktadır. Bu sebeple kuraklıkları incelemek, takip etmek ve tahmin ederek risk yönetim planları oluşturmak ülkelerin gelecek dönem stratejilerinde oldukça önemlidir (Katipoğlu ve ark., 2024).

2.1. Meteorolojik Kuraklık

Meteorolojik kuraklık, gerçekleşen kuraklık çeşitlerinin birincil ve en önemli itici gücüdür. Meteorolojik kuraklığın hangi zamanlarda ve hangi bölgelerde gerçekleşeceği ekolojik, su kaynakları ve tarım alanlarının korunması için ciddi öneme sahiptir (Zhu ve ark., 2024). Bu kuraklık çeşidi yaşanan genel kuraklık olaylarıyla veya birincil olarak yağış eksikliğinin ciddiyetine ve yaşanan dönemin uzunluğuyla alakalıdır (URL-1, 2024). Kuraklık başlangıcı iklim değişkenlerindeki değişiklikler tarafından oluşmaktadır. Yağış azlığının neden meteorolojik kuraklığa yağış kaynaklı meteorolojik kuraklık denirken, yüksek buharlaşma yoğunluğunun neden olduğu kuraklığa ise sıcaklık kaynaklı meteorolojik kuraklık denilmektedir (Wei ve ark., 2025).

Meteorolojik kuraklıklar atmosferik ve hidrolojik döngüler aracılığıyla yayılım göstermekte ve sonucunda tarımsal üretimi etkilemektedir. Gelecekteki meteorolojik kuraklıktan tarımsal kuraklığa doğru yayılımın doğru bir şekilde tahmin edilmesi, erken uyarı sistemleri geliştirmek ve tarımsal su kaynaklarını yönetmek için önemlidir. Ancak, meteorolojik kuraklığın tarımsal kuraklığa neden olduğu eşikler hala belirsizliğini korumakla beraber küresel yüzey sıcaklıklarının mevcut emisyon senaryoları altında artmaya devam etmesi beklenmektedir. Kuraklıkların meteorolojik sınıflamadan hidrolojik aşamalara yayılma özelliklerini anlamak, etkili erken uyarı sistemleri için çok önemlidir. Ancak, bu özellikler (zaman, olasılık ve eşik) doğal koşullar altında keşfedilmemiş olarak kalmaktadır (Yang ve ark., 2025; Zhao ve ark., 2022). Uzun süreli kalıcı yağış eksiklikleri, buharlaşma-terleme gibi su döngüsü süreçleriyle birleştiğinde toprağın sahip olduğu nem içeriği tüketerek tarımsal kuraklığa yol açabilmektedir. Daha sonrasında uzun süreli meteorolojik kuraklıktan kaynaklanan nehir akışının azalması da hidrolojik kuraklığı tetikleyebilir. Bu kuraklıklar tek tek veya art arda meydana geldiğinde, su arzı ve talebi arasındaki dengeyi olumsuz yönde etkileyerek menfi sosyoekonomik etkiler yaratabilmekte bu durum da sosyoekonomik kuraklıkla sonuçlanabilmektedir (Geng ve ark., 2025).

2.2. Hidrolojik Kuraklık

Yağış eksikliği sebebiyle oluşan meteorolojik kuraklıkla beraber akarsu, baraj, göl seviyeleri ve yer altı suyu vb. seviyesinin azalmasıyla beraber oluşan kuraklık türüdür (URL-1, 2024).

Hidrolojik döngü göz önüne alındığı zaman meteorolojik ve hidrolojik kuraklık arasındaki ilişki içerisinde, yağış eksikliğinin getirdiği meteorolojik kuraklıkla başlayan süreç sonrasında etkilerini hidrolojik kuraklık olarakda gösterebilmektedir (Jeong ve ark., 2024).

Küresel ısınmaya bağlı olarak artan hava sıcaklıkları, yükselen nüfus ve giderek şiddetlenen ekolojik stres faktörleri; yaşanan meteorolojik kuraklıkla birlikte hidrolojik kuraklığın etkilerini derinleştirmekte ve bu durum, ekonomik ve çevresel risklerin daha yüksek düzeylere ulaşmasına neden olmaktadır. Çevresel riskler göz önüne alındığında bu kuraklıkların etkilerinin azaltılması ve su kaynaklarının yönetimi için hesaplanabilmesi ve tahmin edilebilmesi bu etkileri azaltmak için çok önemlidir. Meteorolojik kuraklıkların

yüksek frekanslı davranışları, hidrolojik kuraklık tahminlerinin öncü olan verilerini genellikle mevsimsel zaman ölçekleriyle sınırlar. Bu durum çok yıllık meteorolojik verilerin daha zayıf performansı ya da atmosfer-hidrolojik sistemlerin çok uzun süreli gecikmelerinin olmamasından dolayı oluşabilmektedir (Rust ve ark., 2024).

2.3. Tarımsal Kuraklık

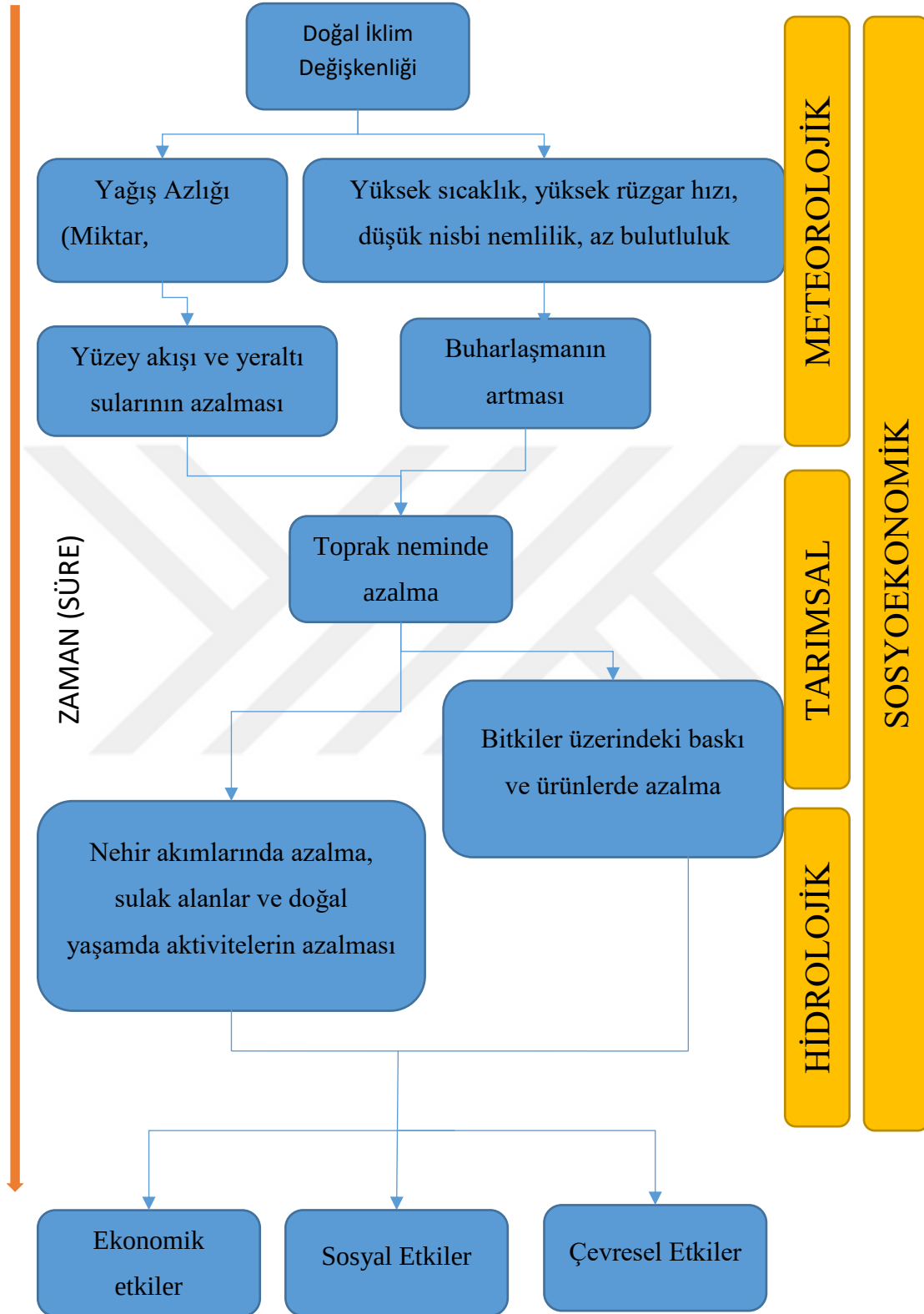
Tarım, sosyo-ekonomik kalkınmanın temelidir. Meteorolojik hava ile iklim koşullarından büyük ölçüde etkilenir. Kuraklık, tarımsal kalkınma ve gıda güvenliği için en önemli tehditlerden biri durumundadır. Meteorolojik ve hidrolojik kuraklık sebebiyle yeraltı suyunun azalması veya sulama suyu için kullanılacak suyun rezervuar seviyelerinin düşmesi veyahut da her ikisinin beraber gerçekleşmesiyle tarımın üzerinde oluşan baskıya tarımsal kuraklık adı verilir. Bu, tarımsal kuraklığın izlenmesini ve kuraklık aşamasına gelineye kadar oluşan tetikleyici faktörlerin araştırılmasını gerektirmektedir. Toprak nemi, tarımsal kuraklığın izlenmesi için doğrudan bir göstergedir; ancak bu gözlemler mekânsal ve zamansal çözünürlükle de sınırlıdır (Yu ve ark., 2025; URL-1, 2024). Meteorolojik ve tarımsal kuraklıklar, yapısal olarak birbirleriyle ilişkili olduklarından, bu iki kuraklık türünün mekânsal ve zamansal yayılım dinamiklerinin anlaşılması; kuraklığın erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi ve etkilerinin azaltılması açısından büyük önem taşımaktadır. (Feng ve ark.,2024).

2.4. Ekolojik Kuraklık

Ekolojik kuraklık (sosyoekonomik kuraklık), küresel değişim araştırmalarında önemli bir odak alanı olarak ortaya çıkmıştır. Ekolojik kuraklık insan toplumlarında önemli ekonomik kayıplara neden olan sık görülen doğal bir olgudur. Ekolojik kuraklıktaki birincil itici güç yetersiz nem teminidir. Bununla birlikte birden fazla faktörden ekolojik kuraklık oluşmaktadır. Bu faktörler arasında ekosistem nemi, bitki örtüsü, toprak ve yeraltı suyu gibi çeşitli su kaynaklarını sayılabilir. Yetersiz su temini, bitki örtüsünün normal büyümesi ve gelişimi için gerekli nem koşullarını değiştirmektedir. Uzun süreli su kıtlıkları bitki veya ekosistem kapasitesini sınırlar, kuraklık nedeniyle büyük ölçekli bitki örtüsü ölümleri ekolojik kuraklık oluşumunu göstermektedir. Ekolojik akışlarda azalma, toprak neminde azalma, toprak tuzlanması ve iklimin etkisi de ekolojik kuraklığa yol

açabilmektedir. Atmosferik dolaşım sistemleri de etki etmektedir. İklim ısınması örneğın toprak nemi mevcudiyetini etkileyerek sorunu daha da kötüleştirebilmektedir (Lei ve ark., 2024). Meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklık türleri; tarım, hayvancılık ve sanayi gibi pek çok sektör üzerinde doğrudan ve dolaylı etkiler yaratmakta, bu da malların ekonomik arz ve talep dengeleri üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Sosyoekonomik kuraklık, su arzında başlayan dengenin bozulmasıyla insanların ve diğer tüm canlıların yaşamlarını idame ettirmesi için gerekli olan ve habitatın kendisi için gerekli olan dengenin bozulmasıyla ortaya çıkar (URL-1, 2024).

IPCC'nin Altıncı Değerlendirme Raporu'nda, kuraklığın ekosistemler özellikle bitki örtüsü üzerindeki etkisi gözler önüne serilmiştir. Ekolojik kuraklığın şiddetlenmesiyle yaşanacak kuraklık ekosistemler üzerindeki kuraklık baskısını artırarak hem doğaya hem de insan toplumuna ciddi manada zincirleme zararlar verebilir (Ge ve ark., 2024). Şekil 2.1'de kuraklık sınıflandırması görölmektedir.



Şekil 2. 1. Kuraklık sınıflandırması (URL-2, 2024).

3. STANDART YAĞIŞ İNDEKSİ

Kuraklık tahminlerinin yapılabilmesi için, kuraklığın çeşitli yöntemlerle modellenmesi önem arz etmektedir. Bu modellemeler kuraklığın başlangıç ve bitiş noktalarını, süresi ve şiddetini içermelidir. Kuraklık tahmini için kullanılan çeşitli hesaplama yöntemleri bulunmaktadır. Bu teknikler, istatistiksel modellemeler, hidrolik modellemeler ve iklim modellemeleri gibi yöntemleri içerirler. İstatistiksel modeller, geçmiş iklim ve verileri ile kuraklıkla ilgili diğer faktörleri kullanarak kuraklığı tahmin etmek için kullanılırlar. Hidrolojik modeller, su kaynaklarının davranışlarını tahmin etmek amacıyla simüle edilerek kuraklığın hidrolojik etkilerini tahmin etmek için kullanılabilirler. İklım modelleri, gelecekteki iklim koşullarını tahmin etmek için kullanılırlar ve bu da kuraklığın gelecekteki olasılığını öngörebilmek için kullanılabilir. Kuraklık tahmininin risk yönetiminde önemli bir rolü vardır. Kuraklık verilerinin doğru bir şekilde tahmin edilebilmesi kuraklığa hazırlık ve kuraklığı hafifletme planlarının geliştirilmesine yardımcı olabilir. Kuraklığın etkilerinin azaltılmasında, halkın ve ekonominin korunmasında yardımcı olabilir (Mishra ve Sing, 2010).

Kuraklık indeksleri, kuraklığın bir havza veya ekosistem üzerindeki etkilerini izlemek, değerlendirmek ve azaltmak için kullanılan temel araçlar arasındadır. Bu indeksler, su kaynaklarının hem nitelik hem de nicelik olarak daha iyi kalitede olmasına katkıda bulunmaları ve iklim değişikliğinin tarım ve endüstri üzerindeki etkilerine çözümler sunmaları açısından çeşitli avantajlara sahiptir. Yalnızca yağışı girdi verisi olarak dikkate alarak kuraklığın özelliklerini daha iyi belirlemek ve analiz etmek için çeşitli indeksler ve yöntemler geliştirilmiş ve kullanılmıştır; bu indeksler arasında en çok tercih edileni SYÍ'dir (Ladouali ve ark., 2024).

Kuraklık, dünya çapında yaygın olması ve artması nedeniyle en ciddi hidrolojik sorunlardan biridir. En önemli nedenleri arasında iklim değişiklikleri ve su kaynaklarının azalması sonucu yağışlardaki dalgalanmalar ve kıtlık yer almaktadır. SYÍ çeşitli zaman ölçeklerindeki yağış verilerini kullanarak bir bölgedeki kuraklık indeksini belirleyerek kuraklığın sınıflandırılmasını ve tahmin edilmesini sağlamaktadır (Silva ve ark., 2024).

Yağış indeksleri, bir bölgedeki yağış miktarının normal yağış miktarına göre ne kadar fazla veya az olduğunu gösteren ölçümlerdir. Yağış indeksleri, farklı zaman

aralıklarında hesaplanabilir. Örneğin üç aylık standart yağış indeksi; üç aylık yağış miktarının normal üç aylık yağış miktarına göre ne kadar fazla veya az olduğunu gösterir.

SYİ için kullanılan veriler kolay bulunabilir olması ve yalnızca yağış verisine ihtiyaç duymasından dolayı literatürde yaygın olarak kullanılan indekslerden birisidir (McKee ve ark., 1993).

Standart yağış indeksi, herhangi bir bölge için hesaplanabilen bir indekstir. SYİ, uzun dönem yağış kayıtları için uyarlanmıştır ve normal dağılıma dönüştürülür. Böylece konum ve istenen dönem için ortalama SYİ indeksi bulunabilir. SYİ'nin en önemli avantajlarından biriyse çeşitli zaman ölçekleri için hesap SYİ'nin temel gücü, çeşitli zaman ölçekleri için hesaplanabilmesidir. Bu sayede, SYİ hem kısa vadeli su kaynaklarını (örneğin, tarımsal üretim için önemli olan toprak nemi) hem de uzun vadeli su kaynaklarını (örneğin, yeraltı suyu kaynakları, akarsu akışı, göl ve rezervuar seviyeleri) izlemek için kullanılabilir. Toprak nem koşulları, yağış anormalliklerine nispeten kısa bir ölçekte tepki verir. Yeraltı suyu, akarsu akışı ve rezervuar depolaması ise uzun vadeli yağış anormalliklerini yansıtır (Mishra ve Singh, 2011).

SYİ, farklı zaman ölçeklerinde hesaplanabilen bir indekstir. Kısa süreli zaman dilimleri (1, 3, 6, 9 ay), tarımsal su gereksinimi ve su potansiyeli gibi konuları değerlendirmek için kullanılırken, uzun süreli zaman dilimleri (12, 24, 36 ve 48 ay) ise su kaynakları yönetimi ve yeraltı suyu çalışmaları gibi konuları değerlendirmek için de kullanılmaktadır (Şener ve Davraz, 2021).

SYİ'de kuraklık sınıfları, gama, normal ve lognormal dağılımlı yağış verilerinden elde edilebilir. Ancak iklimsel yağış verilerinin olasılık dağılım fonksiyonu genellikle normal dağılıma uymaz. Bu nedenle, yağış serilerini en iyi temsil eden gamma dağılımı kullanılır. Gamma dağılımı, dağılım frekansı veya olasılık yoğunluk fonksiyonu ile tanımlanır. SYİ yönteminde, yağış verilerinden elde edilen olasılık dağılım fonksiyonları gamma dağılım fonksiyonuna dönüştürülür (Şener ve Davraz, 2021).

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad x > 0 \text{ için} \quad (3.1)$$

Burada $g(x)$: Gama Dağılımı, x : Yağış miktarını ($x > 0$), α : Şekil parametresi ($\alpha > 0$), β : Ölçek parametresi ($\beta > 0$)'ni ifade eder.

Yine β ve α 'nın tahmin edilebilmesinde maksimum olasılık çözümleri kullanılır.

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (3.2)$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad (3.3)$$

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (3.4)$$

Burada n toplam yağış verisinin ölçüm sayısıdır. Mevcut veriler kullanılarak elde edilen söz konusu olasılık tanımlamaları daha sonra herhangi bir ayda ölçülmüş değerin kümülatif olasılığını bulmak için kullanılır. Bu kapsamda kümülatif olasılık aşağıdaki şekilde tanımlanabilir.

$$G(x) = \int_0^x g(x)dx = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)_o} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} dx \quad (3.5)$$

Gamma dağılım fonksiyonunun x=0 için tanımsız olması ve yağış dağılımı sıfır (0) değerler içermesi nedeniyle kümülatif olasılık aşağıdaki şekilde yeniden tanımlanabilir.

$$H(x) = q + (1 - q)G(x) \quad (3.6)$$

Burada q sıfırın olasılığıdır, m yağış serisindeki sıfırların sayısı ise;

$$q = \frac{m}{n} \quad (3.7)$$

Denklemleri ile hesaplanabilir.

$$SYİ = \frac{x_i - \bar{x}_i}{\sigma} \quad (3.8)$$

Burada;

SYİ: Standart Yağış İndisi

X_i : Her bir istasyon için herhangi bir zaman ölçeğinde ölçülen normalleştirilmiş yağış miktarı,

$\bar{X}_i$: Her bir istasyon için seçilen zaman diliminde ölçülen yağış ortalaması,

σ : Her bir istasyona ait yağış verilerinin zaman ölçeği içindeki standart sapmasıdır (Şener ve Davraz, 2021).

Yağış indeksleri, su kaynakları yönetimi, tarım, ormancılık ve meteoroloji gibi alanlarda yaygın olarak kullanılırlar. Tablo 3.1’de standart yağış indeksi kuraklık sınıflaması görülmektedir.

Tablo 3.1. Standart yağış indeksi kuraklık sınıflaması (McKee ve ark., 1993).

Yağış (Kuraklık/Nemlilik) Sınıfı	Standart Yağış İndeksi (SYİ)
Aşırı Nemli	2 ve üzeri
Çok Nemli	1.5 – 1.99
Orta Nemli	1 – 1.49
Az nemli	0.5 – 0.99
Normal	-0.499 – 0.499
Az kurak	-0.5 – -0.99
Orta Kurak	-1 – -1.49
Çok Kurak	-1.5 – -1.99
Aşırı Kurak	-2 ve altı

3.1. Standart Yağış İndeksi ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Wilhite ve Glantz (1985) birçok kuraklık tanımlamasını detaylıca inceledikten sonra kuraklık için altı ayrı kategori belirlemiştir. Bunlar, meteorolojik, klimatoloji, atmosferik, tarımsal, hidrolojik ve su yönetimi kategorileridir. Bracup ve diğerleri de (1980) benzer tanımları incelemiştir. Bahsedilen bu iki bakış açısında da kuraklığın, belirli bir zaman diliminde gerçekleştiği, yağışın azlığı ve yetersiz nem olması durumunda ortaya çıkan bir olgu olduğu konusunda fikir birliği vardır (McKee ve ark., 1993).

SYİ, Palmer indekslerinden anormal sıcaklık ve kuraklık verilerinin daha iyi bir şekilde elde edilebilmesi için geliştirilen bir olasılık indeksidir (Guttman, 1999).

SYİ, tüm bölgeler için kullanılabilen bir hesaplama indeksidir. SYİ'nin en önemli avantajı çeşitli zaman ölçeklerinde hesaplanabilmesidir. Hem kısa vadeli hem uzun vadeli yağış kayıtlarını normal dağılıma dönüştürebilmektedir. Toprağın nem koşulları, uzun dönem yağış kayıtlarına karşın kısa dönem yağış ölçeklerinden etkilenirlerken, yeraltı suyu, akarsu debisi, ve göl/göletlerin debisi uzun dönem yağış ölçeklerinden etkilenmektedir. Bu yüzden kısa vadeli yağış kaynaklarının kullanımıyla tarımsal kuraklığın tespiti, uzun dönem yağış kayıtlarıyla hidrolojik kuraklığın izlenmesi ve tespiti daha doğru bir uygulama olarak belirtilmektedir (Mishra ve Singh, 2010).

SYİ'lerinin bulunabilmesi için sadece yağış verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yağış verilerinin kolay ulaşılabilir olması nedeniyle de literatürde çok yaygın olarak kullanılan indekslerden birisidir (McKee ve ark., 1993;).

Kuraklık sınıfları standartlaştırılmış yağış indekslerinden gama, normal ve lognormal dağılımlı yağış verilerinden elde edilir. İklimsel verilerin olasılık dağılımları genelde normal dağılıma uymazlar, ancak gama dağılımı en uyumlu yöntem olarak kabul edilir. Gama dağılımı, dağılım frekansı veya yoğunluk olasılık fonksiyonu olarak tanımlanır (Şener ve Davraz, 2021).

Szalai ve arkadaşları (2000)'nın, Macaristan'daki meteoroloji istasyonlarında SYİ'nin akarsu akışı ve yeraltı suyu seviyesi gibi hidrolojik özelliklerle bağlantısını inceledikleri bir araştırmada, SYİ'nin akarsu akışıyla korelasyonunun 2 aylık zaman ölçeğinde en yüksek seviyede olduğunu tespit ederken, yeraltısuyu seviyeleri için en iyi korelasyonlar çok farklı zaman ölçeklerinde tespit edilmiştir. Ayrıca, tarımsal kuraklığın (toprak nem içeriğiyle temsil edilen) 2-3 aylık bir ölçekte en iyi şekilde SYİ tarafından kopyalandığı sonucuna varmışlardır. SYİ, kuraklığın farklı yönlerini incelemek için kullanılmıştır. Örneğin, SYİ tahmin, frekans analizi ve iklim etkisi çalışmaları için kullanılabilir (Mishra ve Singh, 2010).

Bonaccorso ve arkadaşlarının 2003 yılında yapmış oldukları bir çalışmada 1926'dan 1996'ya kadar Sicilya'daki kuraklığın bir analizi sunulmuştur. Bölgedeki kuraklığı tespit etmek için, adanın topraklarında temsil ettiği alanı doğru bir şekilde ifade edebilecek 43 ölçüm istasyonunda gözlemlenen veriler kullanılmıştır. Kuraklık oluşumu, SPI aracılığıyla tahmin edilmiştir. Sonuçlar, tüm Adanın, çok yıllık dalgalanmalar ve yetmişlerden itibaren daha kurak dönemlere doğru bir eğilimle kuraklık değişkenliği ile karakterize olduğunu göstermektedir. Meteorolojik büyük ölçekli analiz kullanılarak elde edilen sonuçlar ile yereldeki gerçek gözlemlerden elde edilen sonuçlar arasındaki ön karşılaştırma, genel olarak iyi bir uyum göstermektedir, ancak büyük ölçekli yağış alanlarının daha iyi bir şekilde küçültülmesi için daha fazla çabaya ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, ana bileşen desenlerine ortogonal rotasyonlar uygulanarak, tutarlı iklimsel değişkenliğe sahip üç ayrı alanın tanımlanabileceği bulunmuştur. Son olarak, SPI değerlerinin kalibrasyon periyoduna olan duyarlılığı da araştırılmıştır (Bonaccorso ve ark., 2003).

SYİ, yalnızca yağış verileriyle kullanılarak elde edilmektedir. Elde edilen bu indeks, nemli ve kurak dönemleri analiz etmek için oldukça etkilidir (Lorenzo ve ark.,

2024). SYİ toplam aylık yağışın standart normal yağış değişkenine karşı dönüşme ihtimalidir. İndeksin hesaplanması, toplam aylık yağış serisine karşı bir olasılık durumunun oluşturulmasına dayanır, yani 3, 6, 12, 24 ay vb. zaman aralıklarındaki değerlerin ortalamalarına karşı hedef ayın kuraklık indeksinin tayin edilmesiyle belirlenir (Bonaccorso ve ark., 2015).

Yapılan bir çalışmada; Çin’de bulunan 1184 istasyondan 1961-2010 yılları arasında alınan aylık yağış verileriyle farklı iklimlere sahip olan Çin coğrafyası için 30 yıllık ardışık veri setleriyle her bir iklim kuşağı için, 1961-1990, 1971-2000, 1981-2010 olmak üzere üç ardışık dönemde SYİ analizi yapılmıştır. Tüm bu dönemlerde elde edilen SYİ sınıflandırmasının doğruluğu her bir referans aralığı için analiz edilmiştir. Daha sonrasında yeniden örnekleme yöntemiyle, zaman mekân ve süreklilik konularının SYİ üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Bu analizler sonucunda çoğu analiz sahasının SYİ hata payının 0,2’den küçük olduğu ve SYİ sınıflandırmasının doğruluğunun %80 üzerinde olduğu gösterilmiştir. SYİ indeksindeki çoğu hata aşırı kuraklık ve aşırı nemden kaynaklansa da, bu durum kuraklık ve nemlilik sınıflandırılmasının yapılmasının doğruluğunu etkilememektedir. SYİ’ni uzun süreli yağış verilerine dayanarak hesaplamak güvenlidir ancak sık sık kurak bölgelerde SYİ’nden alınan verilerin güvenliğinin de bazı durumlarda düşük olduğu ortaya konulmuştur (Zou ve ark., 2022).

1999 yılında Hayes ve arkadaşları tarafından, SYİ’ni Amerika Birleşik Devletleri’nin güneybatısında bulunan Rock Dağları’nın batısında yer alan Büyük Ovalar bölgesinde kullanarak 1996 yılındaki şiddetli kuraklık incelenmiştir. SYİ’nin kuraklık başlangıcını ve şiddetini Palmet Kuraklık Şiddet İndeksi’ne (PKSİ) göre daha iyi belirleyebildiği sonucuna varmışlardır (Karavitis ve ark., 2011).

Şehirler, hızlı kentleşme ve iklim değişikliği nedeniyle gizli kuraklık riskleriyle karşılaşır. Sahadan alınan tek bir kuraklık indeksi, kentlerin meteorolojik kuraklığını yetersiz bir şekilde anlatabilmektedir (Zhang ve ark., 2024). Ancak yinede SYİ, dünya çapında kuraklık ve yağış olaylarını standardize etmede kullanılan en önemli meteorolojik indekslerden biridir (Silva ve ark., 2024).

Kuraklıklar ile tropikal siklonlar arasındaki bağlantıyı inceleyen birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan bu ilk çalıştırmalara göre, fırtınaların kuraklık koşullarının oluşmasına karşı olabileceğini gösteren birçok olumlu ilişki olduğu ileri sürülmüştür. Bunların tersine Kuzeydoğu Pasifik’teki tayfun sıklığıyla Doğu Asya da Çin, Kore ve Japonya da dâhil olmak üzere kuraklık şiddetiyle arasında negatif bir ilişki gözlemlenmiştir. Bu iki olay

arasındaki ilişkiyi gösteren çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemlerin en önemlilerinden biri de Standart Yağış İndeksi'dir. Kuraklığın sıklığı, uzunluğu, süresi şiddeti ve yoğunluğu gibi verileri tespit etmek ve bu verilerin tayfunlar üzerindeki parametrelerini tahmin etmek için Standart Yağış İndeksi kullanılmıştır (Le ve ark., 2024).

Kuraklıkların sınıflandırılması için yaygın olarak kullanılan olasılık tabanlı kuraklık indeksleri genellikle hidrometeorolojik değişkenlerin durağan olduğunu varsayar ve küresel iklim değişikliği karşısında aldığı ölçümler büyük ölçüde sorgulanır. Olasılık dağılımlarını zaman veya iklim gibi değişkenlerle birleştirerek durağan olmama durumu değerlendirilerek yeni kuraklık indeksleri geliştirilmeye çalışılmaktadır. Çin'in Yangtze Nehri Havzası'nın orta ve alt kesimleri Durağan Olmayan Standartlaştırılmış Yağış İndeksi geliştirilmesi için çalışma alanı olarak seçilmiştir. Sonuçlar, Durağan Olmayan Standartlaştırılmış Yağış İndeksi'nin iklim değişkeni kullanılarak hesaplanan metodu hem zaman değişkeni ile hesaplanan metodundan hem de geleneksel SYİ'den daha doğru olduğunu gösterilmiştir (Song ve ark., 2020).

1961 ve 2013 yılları arasında Çin'in kuzey ve güney iklimleri arasında geçiş bölgesinde yer alan Huai Nehri Havzası'nda bulunan 134 istasyonun günlük yağış verileri temin edilerek, bu veriler yardımı ile kuraklık ve sel gibi aşırı olaylara eğimli olan bu arazide SYİ metodu ile Huai Nehri Havzası üzerindeki kuru ve ıslak koşulların mekânsal ve zamansal modelleri analiz edilmiştir. Yıllık SYİ serileri 86 istasyonda azalan bir grafik gösterirken geri kalan istasyonlarda tam tersi bir eğim göstermiştir. Mevsimsel anlamda ilkbahar ve sonbahar kuruma, yaz ve kış aylarındaysa ıslanma yönünde baskın bir grafik çizmiştir. Genel olarak havzaya bakacak olursak, Huai Nehri Havza'sı kuru ve yağışlı koşulların önemli değişiklikler meydana getirdiği ve bu durumun bölgenin gıda ve su güvenliği konularında ciddi etkileri olduğu tespit edilmiştir (He ve ark., 2015).

Tunceli il sınırları içerisinde tarım ve hayvancılık faaliyetleri özellikle mera hayvancılığı en önemli ekonomik aktivitelerdendir. Bu ekonomik aktiviteler iklim değişikliklerinden oldukça etkilenmektedir bu yüzden iklime duyarlı stratejiler geliştirmek için iklim parametrelerinin özelliklerinin ve trendlerinin belirlenmesi önemle gerekmektedir (Esen, 2022).

Esen (2022), yaptığı çalışmada iklim değişikliğinde hassas bölgede yer alan Tunceli ilinin meteoroloji istasyonuna ait iklim parametreleriyle uzun dönem yağış trendi sonuçlarıyla parametrelerin birbiriyle ilişkilerini anlatmıştır. Bu çalışmada 15 parametreye ait veri kullanılarak dönem zaman setleri oluşturularak 5 adet farklı istatistiksel analiz

yöntemi geliştirilmiştir. Yapılan bu analizlere göre 1965-2020 yılları arasında, Tunceli’de maksimum ve minimum sıcaklıkla sisli gün sayısında artış gözlemlenmiştir. Ancak toplam yağış, yağışlı gün sayısı, maksimum nisbi nem, ortalama rüzgâr hızı ve kar yağışlı gün sayısı değerinde azalma olmuştur. Yapılan analizler, Tunceli’de yakın gelecekte yüksek düzeyde kuraklık yaşanma riskinin bulunduğunu ve bu durumun hem yeraltı hem de yerüstü su kaynaklarında ciddi yetersizliklere yol açabileceğini ortaya koymaktadır. Tunceli ilinin iklim değişikliği konusunda bu kadar hassas bölgede yer alması ve ekonomik gelir kaynağı olan tarım ve hayvancılık sektörlerinin de yaşanabilecek bu kriz sonucunda ciddi sosyolojik ve ekonomik sorunlara neden olabileceği de göz önünde tutulmalıdır (Esen, 2022).

Cebeci ve ark. (2019), Bagnouls Gaussen Kuraklık İndisi’ne göre yaptıkları analizlerle Tunceli’nin 2000 yılından önce aşırı kurak iken 2000-2016 yılları arasındaki indeks sonuçlarına göre bu durumun aynı şekilde devam etmekte olduğunu belirtmişlerdir (Cebeci ve ark., 2019).

Çelik ve ark., 2018 yılında Tunceli’nin de içinde bulunduğu Doğu Anadolu Bölgesi’ndeki toplam 14 ilin yer aldığı bir çalışmada SYİ analizlerinden elde edilen verilere göre; Tunceli ilinin genel olarak kurak bir iklime sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. Analiz edilen yılların 15’i sonbaharda nemli, 19’u kurak, 8’i ilkbaharda nemli, 19’u kurak, kışın 10’u nemli 19’u kurak, yazın 11’i kurak, 22’si nemli dönem olarak tespit edilmiştir. Tunceli’de yeryüzüne düşen yağış miktarında dikkat çekici bir şekilde azaldığından nemli bir iklimden hızla yarı nemli iklime geçiş yapma eğilimindedir. Tunceli ili için yapılan kuraklık analizleri yöntemleri sonucunda Aydeniz’e göre kuraklık katsayısı 0,72 ile yarı nemli, Erin’e göre yağış etkinlik indeksi 42,56 ile nemli, Thortwait’a göre iklim sınıfı B1, B’2, s2 b’2 ile nemli, De Martonne’a göre kuraklık indeksi 19,00 ile step-nemli arasında yer almıştır (Çelik ve ark., 2018).

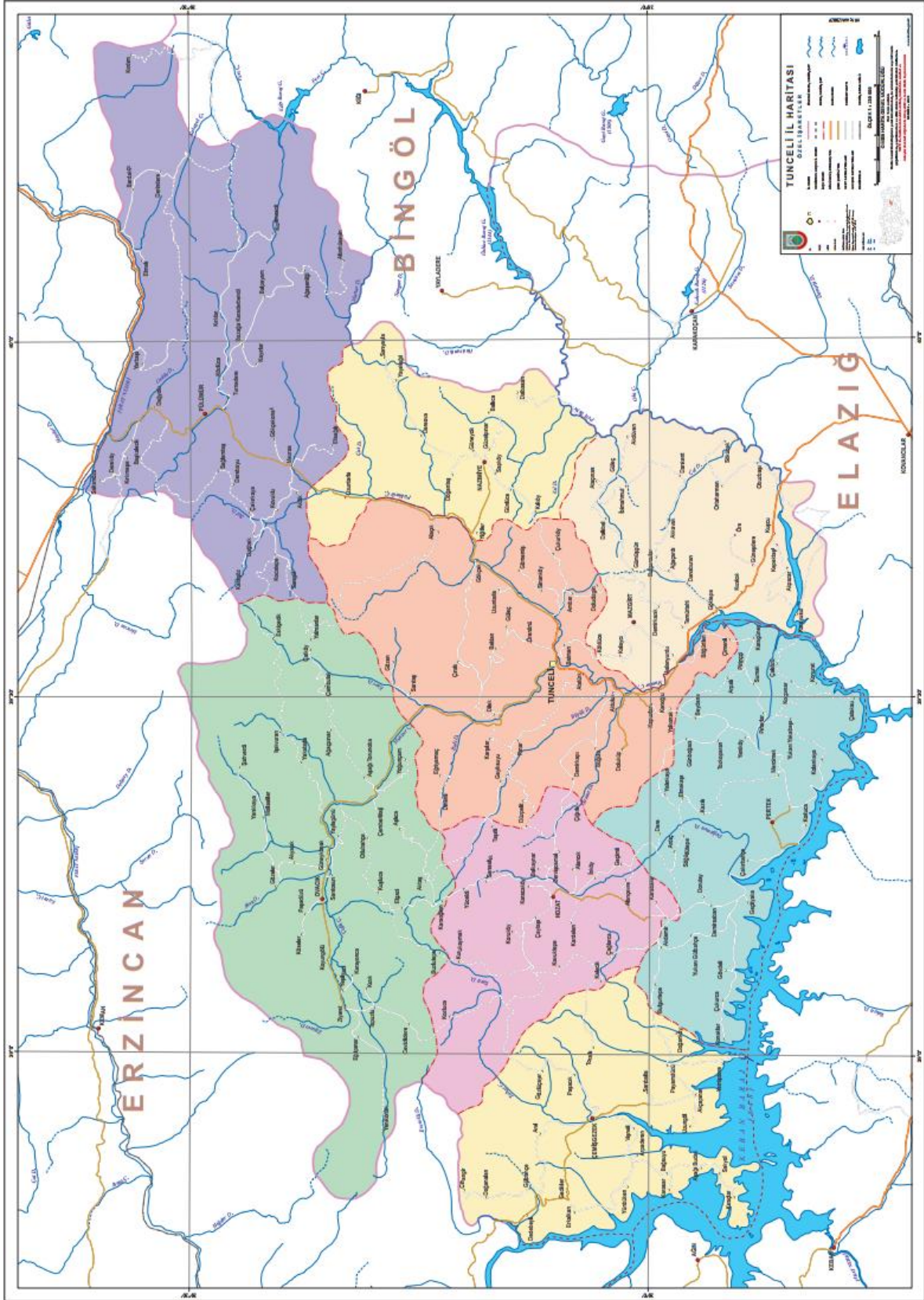
4. MATERYAL VE METOD

4.1. Çalışma Bölgesi

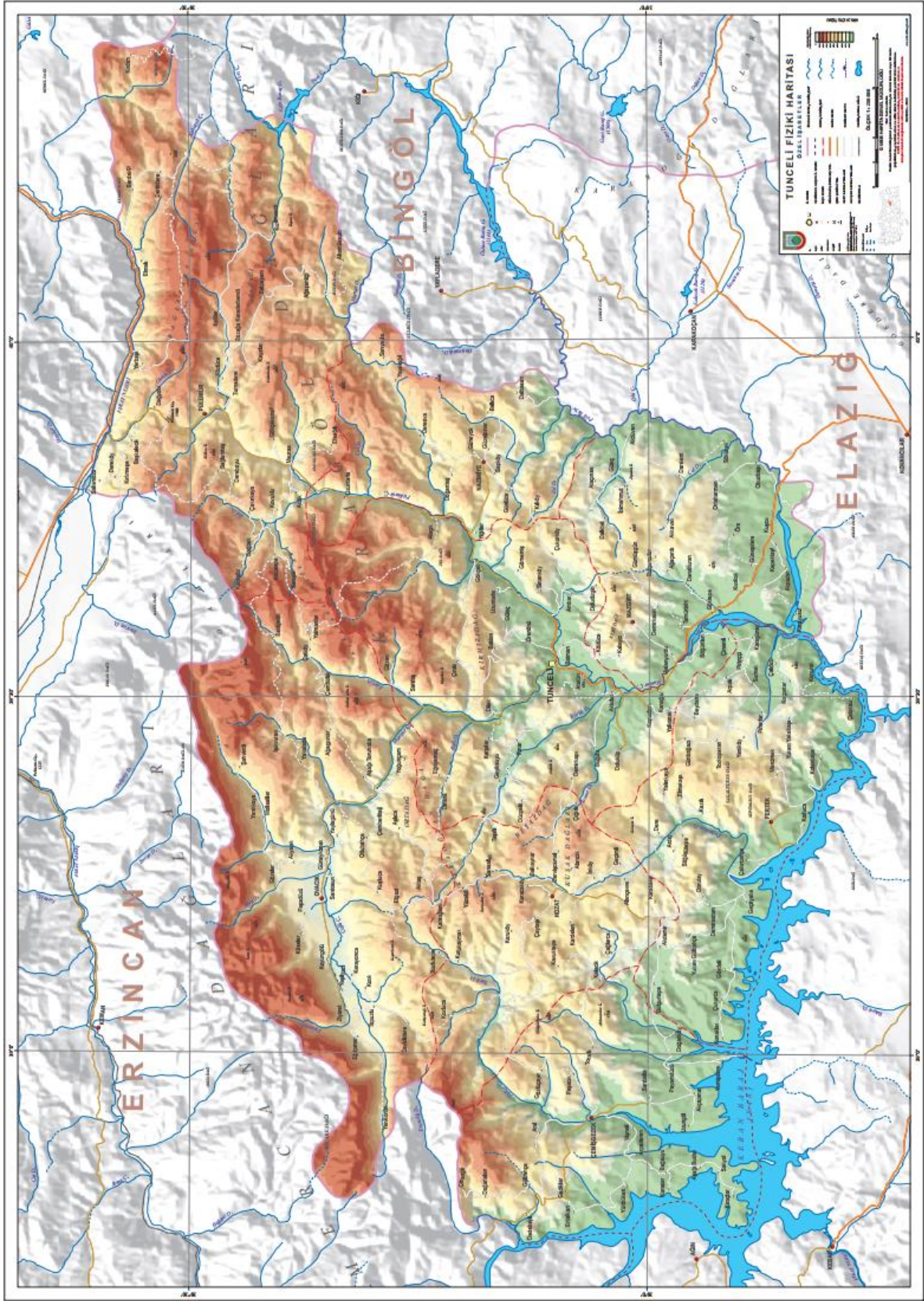
Yüzölçümü 7.432 km² ve rakımı 1.050 metre olan Tunceli ilinin idari sınırları, çevresini kuşatan doğal coğrafi unsurlar doğrultusunda şekillenmiştir. Güneyinde Elazığ, kuzeyinde Erzincan ve kuzeydoğusunda Erzurum batısında Bingöl ilinin bulunduğu ve tümüyle Fırat Havza'sında yer alan Tunceli iline ait Milli Savunma Bakanlığı (MSB) Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından düzenlenen siyasî harita Şekil 4.1.'de verilmiştir (URL-2, 2023).

Kuzey ve kuzeybatısı boyunca Munzur Dağları ve Munzur Dağları'nın uzantısı olan Avcı Dağları bulunurken kuzeydoğusunda Bağırpaşa Dağı bulunmaktadır. 3114 m³/yıl debiye sahip olan yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının %99'u yüzey sularından oluşmaktadır. Bu yüzey sularının başlıcalarını Munzur, Pülümür, Peri ve Tahar çayları oluşturmaktadır. Şekil 4.2'de Tunceli iline ait fiziki harita bulunmaktadır (URL-2, 2023).

Karasal iklim kuşağında bulunan Tunceli'de yaz ayları kurak ve kısa geçerken, kış ayları ise uzun, çok soğuk ve yağışlı geçmektedir. Ayrıca gece gündüz arasındaki sıcaklık farkları çok yüksektir ve aynı zamanda aylar arasındaki sıcaklık farkları da aynı şekilde çok yüksektir. Tunceli coğrafyası üzerinde üç farklı toprak çeşidi bulunmaktadır. Kuzey ile güney bölgesinde kahverengi toprak, doğu bölgesinde kahverengi orman toprağı ve geri kalan bölgelerinde kireçsiz kahverengi orman toprağı bulunmaktadır. Bu toprakların üzerinde toplam ekilebilir tarım arazisi 114071 ha olmakla beraber I-IV'üncü sınıf arazi miktarıysa 81190 ha ile sınırlıdır. 258000 ha büyüklüğünde ormanlık alana sahip olan Tunceli'de birçok endemik bitki ve hayvan yaşamaktadır (URL-2, 2023).



Şekil 4.1. Tunceli ili siyasi haritası (Türkiye Cumhuriyeti Milli Savunma Bakanlığı Harita Genel Müdürlüğü, 2023).



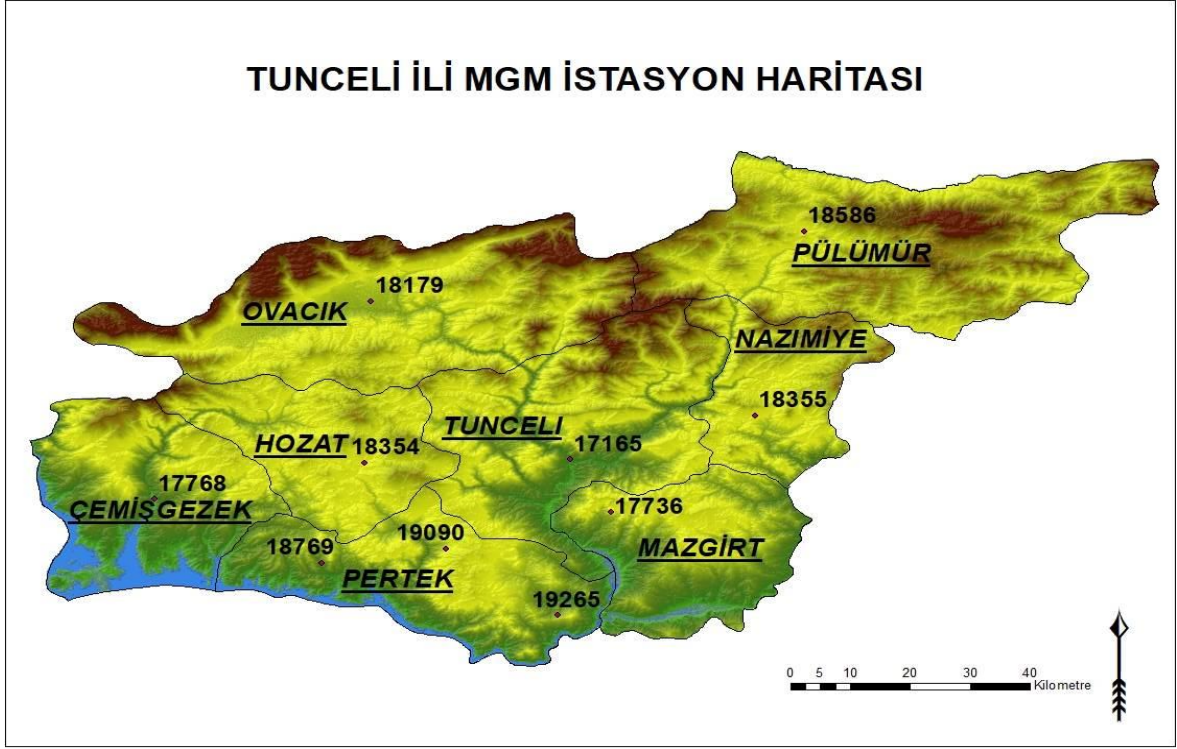
Şekil 4.2. Tunceli ili fiziki haritası (Türkiye Cumhuriyeti Milli Savunma Bakanlığı Harita Genel Müdürlüğü, 2023).

4.2. Çalışmada Kullanılan Veriler

Meteoroloji Genel Müdürlüğü 13. Bölge Müdürlüğü, Tunceli ilinin yedi ilçesine yayılan on bir istasyonlu bir istasyon ağına sahiptir. Yapılan çalışmada Tunceli ilinde yer alan on bir istasyonun, Ovacık Kayak Merkezi istasyonu hariç on tanesinin veri setindeki veri adedinin yeterliliği sebebiyle kullanılması tercih edilmiştir. Tablo 4.3’de Tunceli ilinde yer alan ve bu çalışmada verileri kullanılan istasyonlara ait istasyon numaraları ve koordinatların bulunmaktadır. Belirtilen bu istasyonlardan elde edilen ilk veriden itibaren 2023 yılının on ikinci ayına kadar elde edilen verilen kullanılmıştır. Ancak her bir istasyonun faaliyete geçiş tarihleri farklılık gösterdiğinden dolayı çalışmada her bir nokta istasyon için yapılan analizlerde elde edilen kuraklık verisi adeti de değişiklik göstermektedir. Şekil 4.3’te, ilçe sınırlarına göre ayrılmış Tunceli fiziki haritası üzerinde, Tablo 4.3’de belirtilen istasyon numaraları ve bu istasyonlara ait koordinatlar esas alınarak konumları işaretlenmiş ve belirli bir ölçekte haritalandırılmıştır.

Tablo 4.3. MGM 13. Bölge Müdürlüğü Tunceli ili içerisindeki OMGİ bilgileri

N	İstasyon İsmi	İstasyon Numarası	İstasyon Koordinatları	
			X	Y
1	Tunceli	17165	39,540833	39,105833
2	Çemişgezek	17768	38,917668	39,040139
3	Hozat	18354	39,231389	39,100278
4	Mazgirt	17736	39,601500	39,018000
5	Pülümür	18586	39,891389	39,484444
6	Ovacık	18179	39,241944	39,368056
7	Nazmiye	18355	39,817862	39,178664
8	Aşağıgölbahçe/Pertek	18769	39,167222	38,934167
9	Elmakaşı/Pertek	19090	39,354722	38,958056
10	Koçpınar/Pertek	19265	39,522060	38,847630



Şekil 4.3. Tunceli ili MGM istasyon haritası

Meteorolojik değerlendirilmelerin yapılabilmesi için en az 10 yıllık güvenilir veriye ihtiyaç duyulmaktadır; ancak çalışmayı yürüttüğümüz Tunceli ilinde güvenilir veri olarak kabul ettiğimiz OMGİ'nin kayıt altına aldığı veriler oldukça sınırlı ve bazı istasyonlar için 15 yılın oldukça altındadır. Manuel olarak kayıt edilen verilerin güvenilirliği tartışmalı olduğundan dolayı sadece Şekil 4.3'te yer alan OMGİ'nin sağladığı 10 yıllık veri setiyle devam edilmiştir (URL-3, 2024).

Tunceli, Çemişgezek, Mazgirt istasyonları on istasyon arasındaki en büyük veri setleridir. 2012 yılının birinci ayından 2023 yılının on ikinci ayına kadar toplam 144 aylık veriler verilmiştir. Ovacık ilçesinde 2013 yılının dördüncü ayından itibaren toplanan yağış verisi sayısı 129'dur. Nazmiye ilçesindeki istasyondaysa 2013 yılının sekizinci ayından itibaren 125 adet yağış verisi bulunmaktadır. Pülümür ve Hozat istasyonlarında ise 2014 yılının dördüncü ayından itibaren 117 adet yağış verisi bulunmaktadır.

4.3. Kullanılan Yazılımlar

Yapılan bu çalışmada hesap analiz ve haritalandırılmasında üç adet program kullanılmıştır. Bunlar Microsoft Excel, DrinC v1.7 (Drought Indices Calculator) (Tigkas, et al., 2015) ve ArcGIS'dir. Bu üç yazılımla yapılan çalışmalar şunlardır:

Microsoft Excel programı

- Aylık yağış verilerinin analizi
- Kuraklık indeksleri sınıflandırılması.

DrinC v1.7 (Drought Indices Calculator) (Tigkas, et al., 2015) programı

- Standart Yağış İndeksi hesaplaması.

ArcGIS programı:

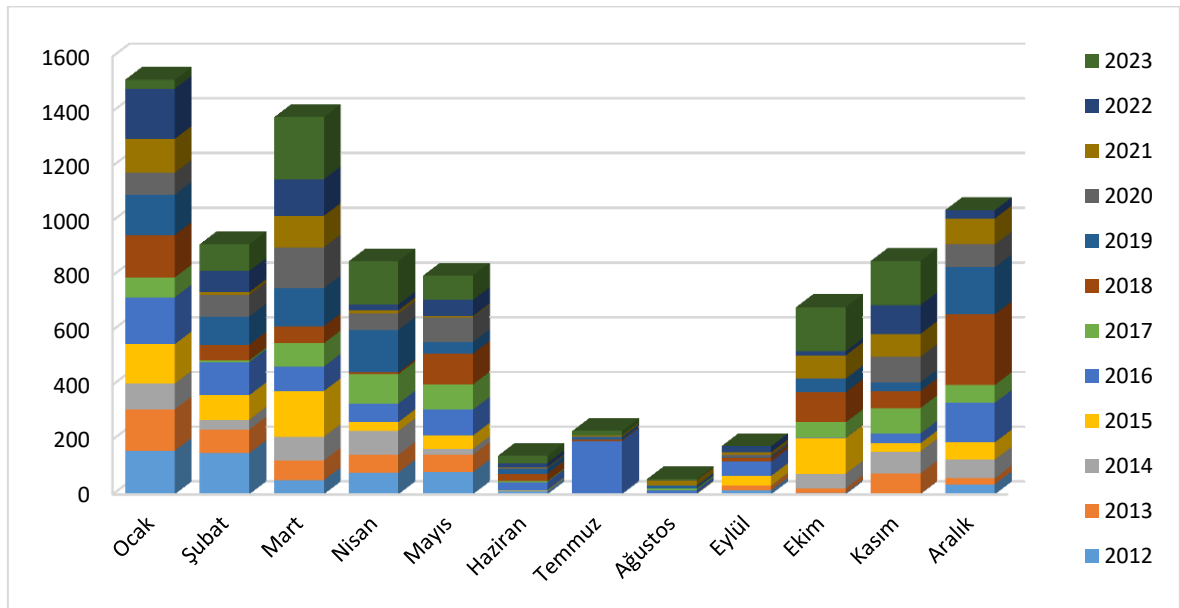
- Fiziki haritanın oluşturulması,
- Kuraklık haritalarının oluşturulması.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

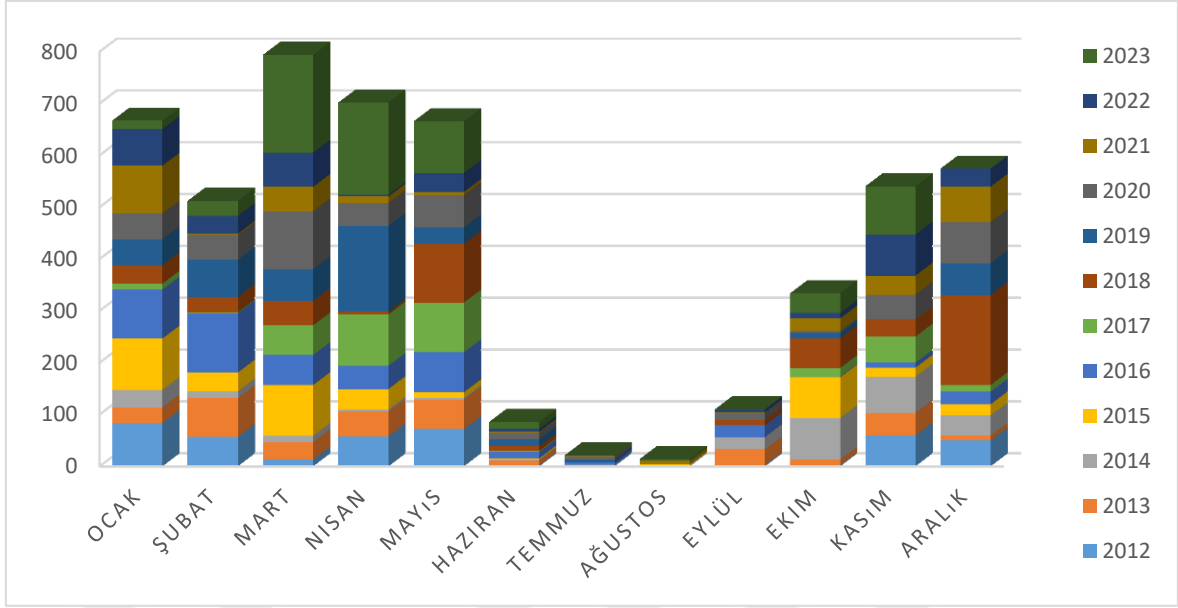
5.1. Yağış Verileri

Tunceli kent sınırı içerisindeki meteoroloji istasyonlardan alınan m^2 'ye düşen mm yağış miktarı grafikler halinde verilmiştir. Grafiklerde yıllık yağış verileri her bir ay için toplanarak verilmiştir. Böylece Tunceli iline ait ayların ağırlıklı yağış indeksleri belirlenmiştir.

Şekil 5.1'de, Tunceli ili Merkez ilçesinde konumlanan OMGI'ndan 2012–2023 yılları arasında elde edilen aylık yağış verilerinin toplanmasıyla oluşturulan grafik sunulmaktadır. Bu grafikte, her yılın aylık yağış değerleri birikimli (kümülatif) olarak üst üste eklenmiş ve her yıla ait veriler farklı renklerle gösterilerek görsel ayırım ve kıyaslama kolaylığı sağlanmıştır. Bu grafiğe göre Tunceli Merkez ilçesi özellikle kış aylarında yağış almaktadır. Kış mevsimini, ilkbahar mevsimi takip ederken en az yağış alan mevsim yaz mevsimi olmaktadır. İstasyonun ölçümlerine göre ocak ayı en çok yağış alan ay olurken ağustos ayında m^2 'ye düşen yağış miktarı oldukça azalmaktadır. İlgili bölgenin yer altı ve yer üstü su kaynaklarını kış yağışları oluşturmaktadır. Şekil 5.1'de yıllara göre m^2 'ye düşen yağış miktarının azalarak devam etme eğiliminde olduğu görülmektedir.



Şekil 5.1. Tunceli/17165 numaralı OMGI aylık toplam yağış grafiği

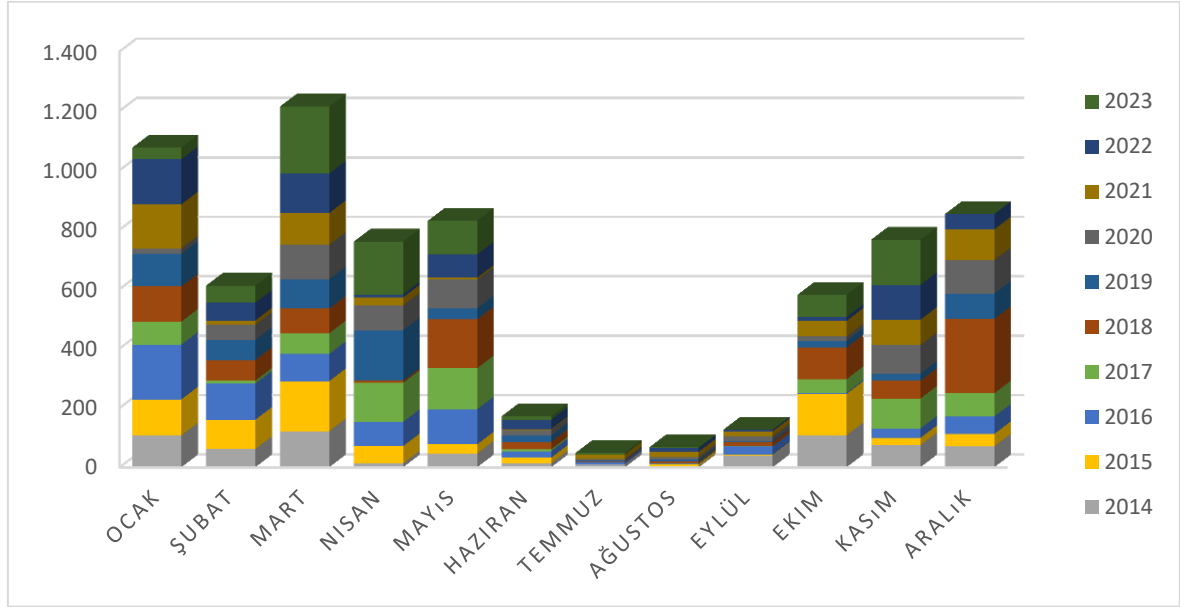


Şekil 5.2. Çemişgezek/17768 numaralı OMGİ aylık toplam yağış grafiği

Şekil 5.2’de, Tunceli ili Çemişgezek ilçesinde konumlanan OMGİ’nden 2012–2023 yılları arasında elde edilen aylık yağış verilerinin toplanmasıyla oluşturulan grafik görülmektedir. Bu grafikte, her yılın aylık yağış değerleri kümülatif olarak üst üste eklenmiş ve her yıla ait veriler farklı renk lejantları ile gösterilerek yıllar arası karşılaştırma ve görsel analiz kolaylığı sağlanmaya çalışılmıştır. Bu grafiğe göre Tunceli ili Çemişgezek ilçesi özellikle ilkbahar aylarında yağış almaktadır. İlkbahar mevsimini, kış mevsimi takip ederken en az yağış alan mevsim yaz ayı olmaktadır. İstasyonun ölçümlerine 2023 yılına kadar ocak ayı en çok yağış alan ayken 2023 yılında ocak ayında yağış çok az olurken ilkbahar mevsiminde oldukça fazla yağış olmuştur. Bunun sonucunda Şekil 5.2’deki grafik ortaya çıkmış ve en fazla yağış alan aylar sırasıyla mart, nisan ve mayıs ayları olmuştur. Yaz mevsiminin ayları özellikle ağustos ayında m^2 ’ye düşen yağış miktarı oldukça azalmaktadır. İlgili bölgenin yer altı ve yer üstü su kaynaklarını kış yağışları oluşturmaktadır. Grafiğe göre yıllara göre m^2 ’ye düşen yağış miktarı azalarak devam etme eğilimindedir.

Şekil 5.3’te, Tunceli ili Hozat ilçesinde konumlanan OMGİ’nden 2014–2023 yılları arasında elde edilen aylık yağış verilerinin toplanmasıyla oluşturulan grafik sunulmaktadır. Bu grafikte, her yılın yağış değerleri kümülatif olarak üst üste eklenmiş ve yıllar farklı renk lejantlarıyla temsil edilerek zamansal karşılaştırma imkânı sağlanmıştır. Bu grafiğe göre Tunceli ili Hozat ilçesi özellikle ilkbahar mevsiminde yağış almaktadır. İlkbahar

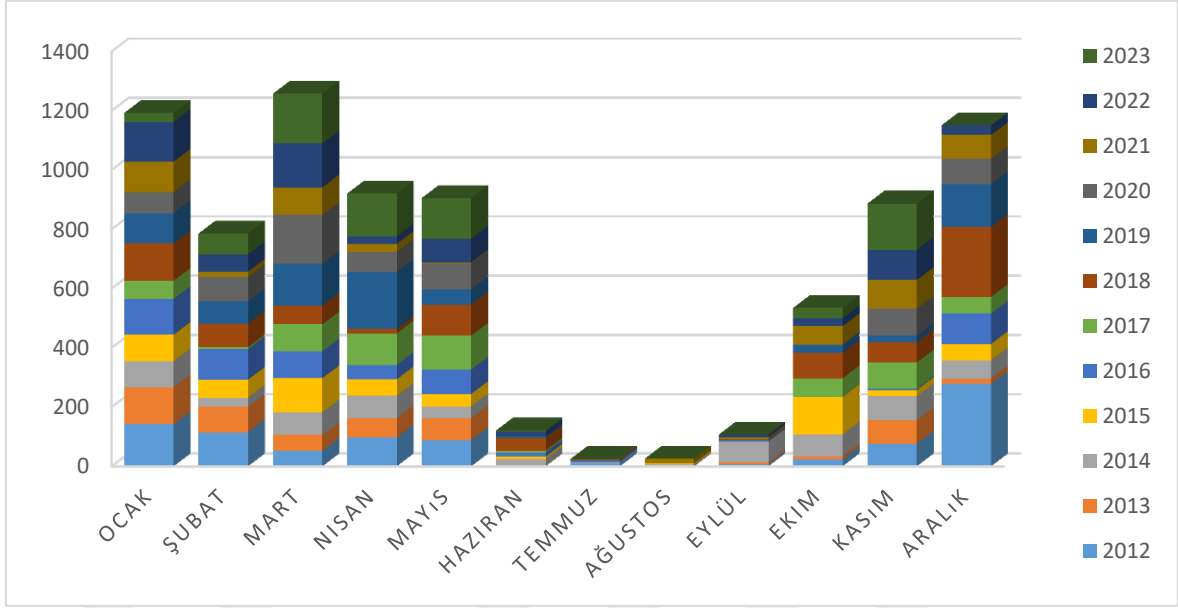
mevsimini, kış mevsimi takip ederken en az yağış alan mevsim yaz olmaktadır. En çok yağışı alan mevsimler sırasıyla 2023 yılında gerçekleşen yağışların etkisiyle mart, nisan ve mayıs ayları olurken, özellikle ağustos ve temmuz ayları yağış açısından en kurak iki ay olmuştur.



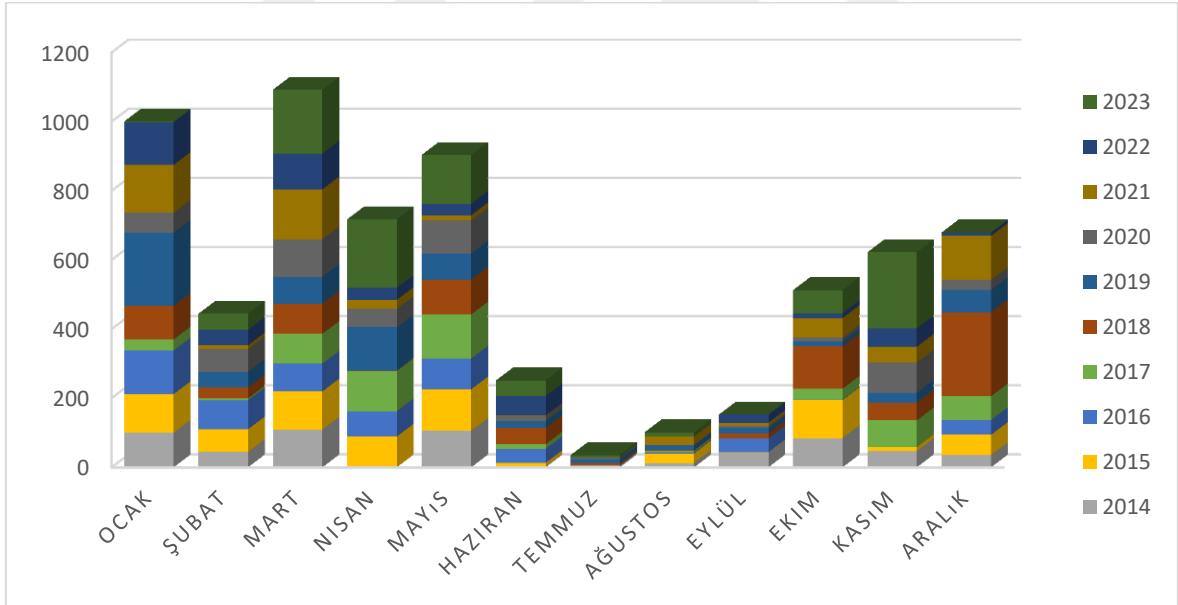
Şekil 5.3. Hozat/18354 numaralı OMGİ aylık toplam yağış grafiği

Şekil 5.4'te, Tunceli ili Mazgirt ilçesinde konumlanan OMGİ'dan 2012–2023 yılları arasında elde edilen aylık yağış verilerinin kümülatif olarak üst üste eklenmesiyle oluşturulan grafik görülmektedir. Bu grafiğe göre, özellikle kış aylarında yağış alırken 2023 yılı mart ayında alınan yağış miktarıyla mart ayı toplamda en yüksek yağış alan ay olmuştur. Kış mevsimini sırasıyla ilkbahar, sonbahar ve son olarak yaz mevsimi takip etmektedir. Temmuz ve ağustos aylarında oldukça az yağış almıştır.

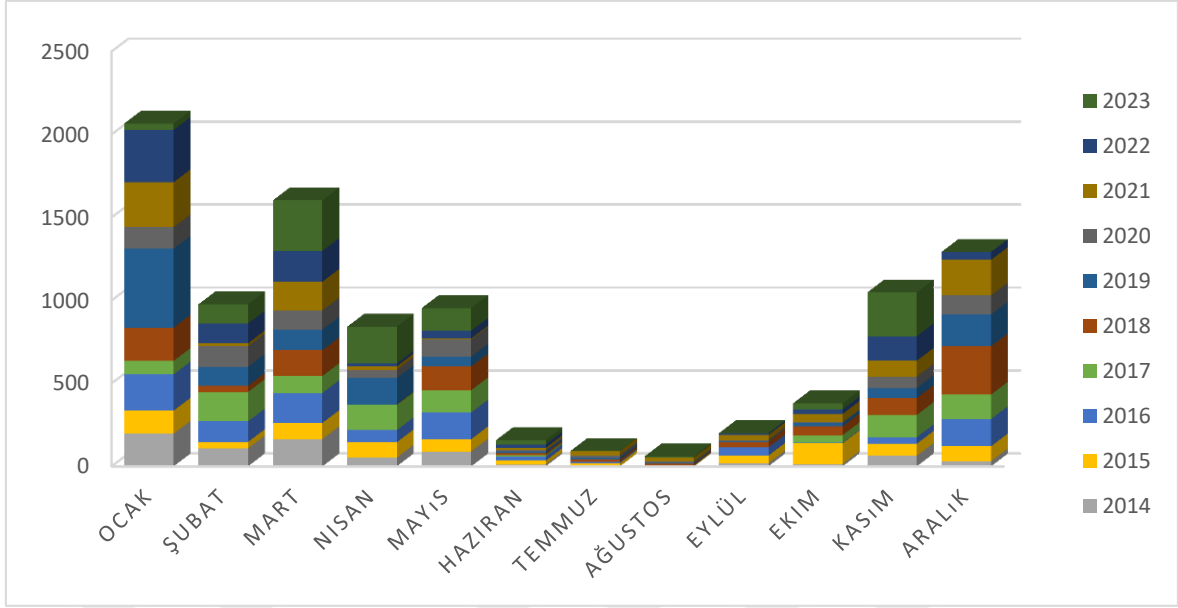
Şekil 5.5'te, Tunceli ili Pülümür ilçesinde konumlanan OMGİ'ndan 2014–2023 yılları arasında elde edilen aylık yağış verilerinin kümülatif toplamıyla oluşturulan grafik verilmiştir. Bu grafiğe göre özellikle ilkbahar mevsimi diğer mevsimlerle göre daha çok yağış almıştır 2023 yılında gerçekleşen yüksek yağıştan dolayı mart ayı en çok yağış alan ay olmuştur. Mart ayını ise ocak ayı takip etmektedir. Sonbahar mevsimi yaz mevsimine kıyasla daha çok yağış almıştır, temmuz ayı en az yağış alan mevsim olmuştur.



Şekil 5.4. Mazgirt/17736 numaralı OMGI aylık toplam yağış grafiği



Şekil 5.5. Pülümür/185886 numaralı OMGI aylık toplam yağış grafiği

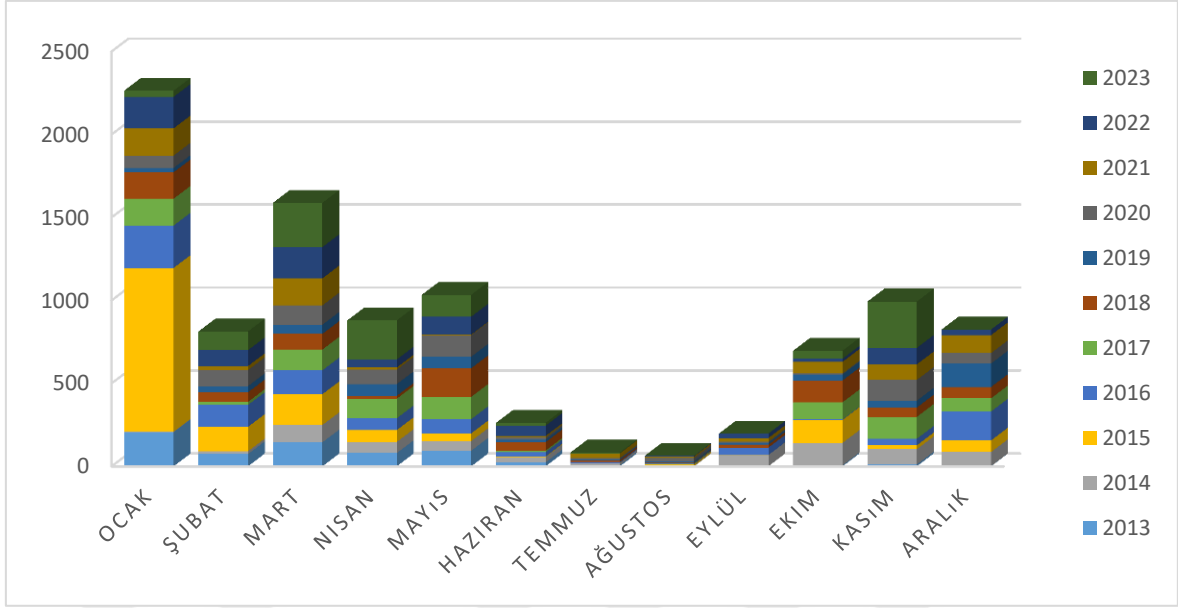


Şekil 5.6. Ovacık/185886 numaralı OMGI aylık toplam yağış grafiği

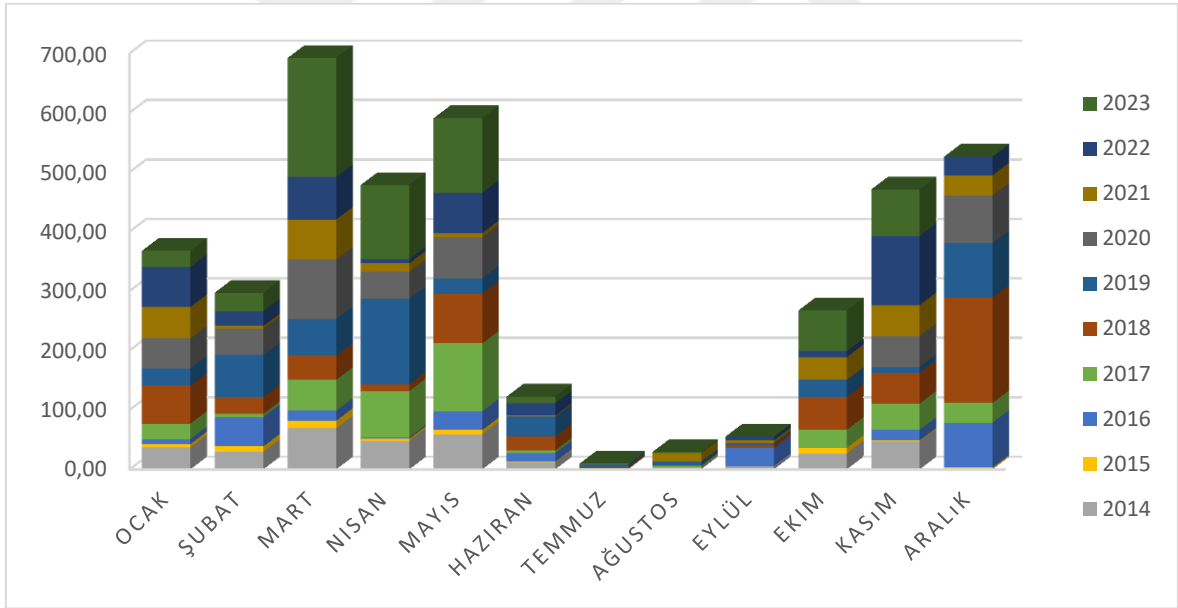
Şekil 5.6’da, Tunceli ili Ovacık ilçesinde konumlanan OMGI’nin 2014 yılından 2023 yılına kadar ölçülen aylık yağış verileri toplanarak elde edilen grafik verilmiştir. Bu grafiğe göre özellikle kış mevsimi en çok yağış alan aylardır. Kış mevsimini ilkbahar ve son bahar mevsimleri takip etmektedir, yaz mevsimi ise en az yağış alan ay olmuştur.

Şekil 5.7’de, Tunceli ili Nazımiye ilçesinde konumlanan OMGI’nin 2013 yılından başlayarak 2023 yılına kadar ölçülen aylık yağış verileri toplanarak elde edilen grafik verilmiştir. Kış mevsimi en çok yağış alan mevsim olurken en çok yağış alan ay ocak ayı olmuştur. Yağış miktarı sıralamasında, kış mevsimini; ilkbahar, son bahar ve yaz ayları takip etmektedir. Temmuz ve ağustos ayları en az yağış alan aylardır.

Şekil 5.8’de, Tunceli ili Pertek ilçesi Aşağıgölbahçe köyünde konumlanan OMGI’ndan 2014–2023 yılları arasında elde edilen aylık yağış verilerinin toplanmasıyla oluşturulan grafik verilmiştir. Bu grafikte, her yılın yağış değerleri kümülatif olarak üst üste eklenmiş ve her yıl farklı renk lejantlarıyla temsil edilerek zamansal karşılaştırmaların görsel olarak yapılabilmesi amaçlanmıştır. İlkbahar mevsimi en çok yağış alan mevsimken onu kış, sonbahar ve yaz ayları takip etmektedir. En çok yağış alan ilk üç ay sırasıyla ilkbahar mevsimi ayları olan mart, mayıs ve nisan aylarıdır. Temmuz, ağustos, eylül ve haziran ayları sırasıyla en az yağış alan aylardır.

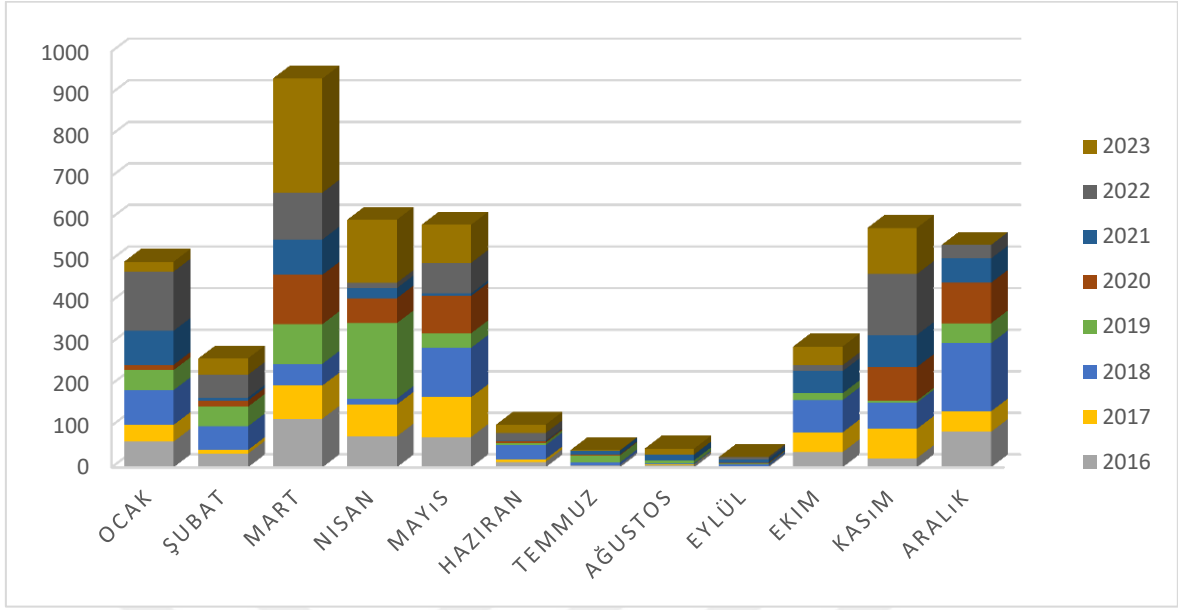


Şekil 5.7. Nazmiye/18355 numaralı OMİ aylık toplam yağış grafiği



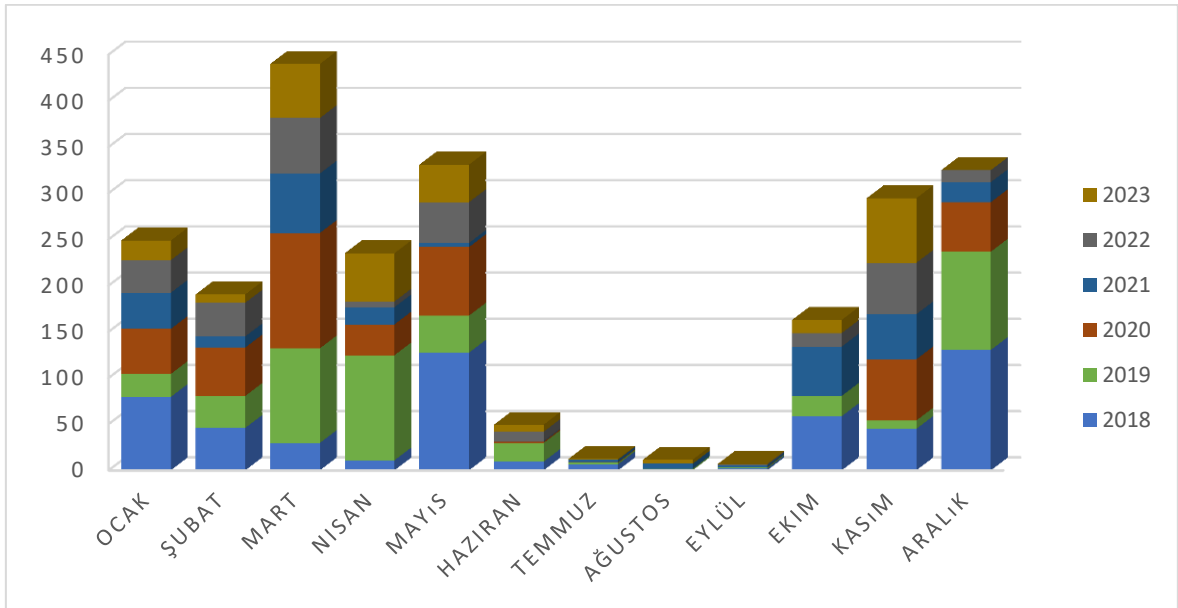
Şekil 5.8. Aşağıgölbahçe köyü (Pertek)/18769 numaralı OMİ aylık toplam yağış grafiği

Şekil 5.9’da, Tunceli ili Pertek ilçesi Elmakaşı köyünde bulunan OMİ’nin 2016 yılından başlayarak 2023 yılına kadar ölçülen aylık yağış verilerinin toplanmasıyla oluşturulan grafik görülmektedir. İlkbahar mevsimi en çok yağış alan mevsim olurken sırasıyla kış, son bahar ve yaz ayları gelmektedir. En çok yağış alan aylar sırasıyla ilkbahar mevsiminin ayları olan mart, nisan ve mayıs ayları olurken en düşük aylar ise sırasıyla eylül, ağustos, temmuz ve haziran ayları olmuştur.



Şekil 5.9. Elmakaşı köyü (Pertek)/19090 numaralı OMGİ aylık toplam yağış grafiği

Şekil 5.10’da, Tunceli ili Pertek ilçesi Koçpınar köyünde konumlanan OMGİ’ den 2018–2023 yılları arasında elde edilen aylık yağış verilerinin toplanmasıyla oluşturulan grafik görülmektedir. En çok yağış alan mevsim ilkbahar olurken bunu kış, sonbahar ve yaz ayları takip etmektedir. En çok yağış alan ay mart, en az yağış alan ay ise eylül ayı olmuştur.



Şekil 5.10. Koçpınar köyü (Pertek)/19265 numaralı OMGİ aylık toplam yağış grafiği

5.2. Aylık Kuraklık Analizi

OMGİ istasyonlardan alınan yağış verilerinin, SYİ metoduyla Dirinc v1.7 programı kullanılarak elde edilen aylık kuraklık verisi sonuçları Microsoft Office Excel programı ile düzenlenip Tablo 3.1'deki kuraklık sınıflarını kategorize etmek amacıyla kullanılan renk düzenine göre biçimlendirilerek aşağıdaki tablolarda sunulmuştur.

Gümüş ve ark. (2023), 7 coğrafi bölgeden 199 gözlem istasyonundan aldığı 1970-2021 yılı arasındaki kayıtlara göre yaptığı YSİ kuraklık çalışmasında kuraklık sınıflandırması için Tablo 3.1'deki gibi -2 ve 2 aralığında aşırı kuraktan aşırı nemliye, -0,5 ile 0,5 arasını normal kabul ederek 0,5 aralıkla kuraklık sınıflandırması yapmıştır (Gümüş ve ark., 2023).

Meilutyte-Lukauskienė ve ark. (2025), 1961 yılından 2020 yılına kadar Baltık Denizi etrafındaki İsveç, Finlandiya, Litvanya Letonya Estonya ülkelerini kapsayan 964.000 km²'lik alanda yapılan çalışmada akım kuraklık indeksi (AKİ), standart yağış indeksi (SYİ), keşif kuraklık indeksi (KKİ), analizleri yapılarak kıyaslanmıştır. Yapılan bu değerlendirmelerde Tablo 3.1'deki ile aynı şekilde kuraklıklar kategorize etmişlerdir (Meilutyte-Lukauskienė ve ark., 2025).

Ng ve ark. (2024) 1989-2018 yılları arasında Malezya yarımadası üzerindeki erken uyarı sistemi kurulması için verilerin incelenmesiyle yapılan kuraklık analizi yapmışlardır. Yapılan bu çalışmadaki kuraklık kategorizesi Tablo 3.1'deki gibi yapılmıştır (Ng ve ark., 2024).

Sunusi ve Auliana (2025) Endonezya'nın Güney Sulawesi bölgesinde yapılan vaka çalışmasında SYİ kuraklık sınıflandırılması için çalışmamızda yer alan Tablo 3.1'deki aralıklar kullanılmıştır (Sunusi ve Auliana, 2025).

Bera ve ark. (2021)'nin Hindistan'ın Chihota Nagpur Platosu'nda 25 yıllık veriyle yapılan çalışmasında SYİ'nin tanım aralıkları Tablo 3.1 ile benzerdir. Bera ve ark. 'da 0.5'lik aralıklarla -2 ve 2 SYİ değerleri arasında katogorize etmişlerdir (Bera ve ark., 2021).

Le ve ark. (2024) tarafından yapılan çalışmada, Tayvan adası 2.652 noktaya ızgara biçiminde bölünerek her bir nokta için 1981-2020 yıllarına ait yağış verileri kullanılarak SYİ hesaplanmıştır. Bu çalışmada, -2 ve altındaki SYİ değerleri aşırı kurak, 2 ve üzerindeki değerler ise aşırı nemli olarak sınıflandırılmıştır. Ayrıca, aylık SYİ eğrisinin ani değişimler gösterdiği ve -3 değerine yakın seviyelere düştüğü gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, yapılan analizler sonucunda aylık SYİ değerleri belirgin dalgalanmalar sergilemiş;

aylık yağış miktarının ortalama yağış miktarının oldukça altında kaldığı dönemlerde SYİ değeri -2'nin altına düşerek aşırı kurak sınıfına girerken, ortalama yağış miktarının önemli ölçüde üzerinde gerçekleştiği aylarda SYİ değeri 2'nin üzerine çıkarak aşırı nemli sınıfına dâhil olmuştur. Yapılan bu çalışmada da SYİ'nin tanım aralıkları Tablo 3.1 ile benzerdir (Le ve ark., 2024).

Tablo 5.1'de Tunceli ili Merkez ilçesi SYİ metoduyla yapılan aylık kuraklık verileri verilmiştir. Tablonun lejantı için Tablo 3.1'deki SYİ kuraklık sınıflaması dikkate alınmıştır. Tablo 5.1'de verilen kuraklık sonuçlarına göre ana ekseriyet normal kuraklık seviyesinin etrafında az nemli ve az kurak olarak seyretmektedir. Üç sefer aşırı kurak ay yaşanırken, sadece bir sefer aşırı nemli bir ay yaşanmıştır. OMGİ'den alınan yağış verilerine göre metrekaresine düşen yağış miktarı aylık ortalaması 60 mm'dir. Üç kere yaşanan aşırı kurak dönem olan aylar sırasıyla 2023 yılı ocak, 2017 yılı şubat ve 2021 yılı mayıs aylarındaki yağış miktarı sırasıyla 32,8 mm, 7,1 mm ve 4,4 mm'dir, 2012 yılından 2023 yılına kadar alınan ocak, şubat ve mayıs aylarının ortalaması sırasıyla 126,3 mm, 76,1 mm ve 66,6 mm'dir. Tablo 5.1 Tunceli Merkez ilçesinin nemli dönemler geçirdiğini göstermektedir.

Tablo 5. 1. Tunceli ili Merkez ilçesi aylık kuraklık analizi sonuç tablosu

YIL	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2012	0,71	1,30	1,57	0,41	0,51	0,30	0,17	0,67	0,29	0,09	1,29	1,92
2013	0,59	0,42	0,90	0,16	0,16	-1,72	-0,43	-0,67	0,42	-0,64	0,20	-1,07
2014	-0,54	-0,68	-0,53	0,53	-1,22	-1,13	-0,43	-0,53	-0,87	0,25	0,35	-0,30
2015	0,46	0,47	1,11	-0,59	-0,22	-0,78	-0,24	-0,04	1,27	1,20	-1,37	-0,38
2016	0,90	0,93	-0,44	0,20	0,78	1,34	2,33	1,31	1,85	-1,90	-1,09	0,56
2017	1,06	2,13	0,55	0,82	0,73	-0,48	-0,43	0,57	-0,97	0,29	0,66	-0,35
2018	0,64	0,13	-1,20	-1,85	1,09	1,27	0,18	-0,21	0,20	0,99	-0,15	1,44
2019	0,52	0,67	0,61	1,38	-0,41	0,79	0,41	0,96	-0,62	0,17	-1,23	0,80
2020	-0,85	0,30	0,81	0,06	0,68	-0,57	-0,13	-0,67	-0,21	-1,61	0,63	-0,09
2021	0,09	-1,80	0,14	-1,49	-2,63	-0,88	0,22	1,75	-0,02	0,69	0,43	0,03
2022	1,08	0,25	0,52	-0,98	0,06	0,57	-0,43	-0,40	0,72	-0,69	0,92	-0,92
2023	-2,48	0,60	1,99	1,42	0,69	1,23	0,58	0,32	-0,97	1,46	1,93	-1,38

Tablo 5.2’de Tunceli ili Çemişgezek ilçesi SYİ metoduyla yapılan aylık kuraklık verileri verilmiştir. Tablonun lejantı için Tablo 3.1’deki SYİ kuraklık sınıflaması kullanılmıştır. Çemişgezek OMGI’nin kaydettiği aylık ortalama yağış miktarı 34,9 mm’dir. Ayların kendi içlerindeki ortalamasına göre en çok yağış alan ay 66,2 mm ile mart ayı olurken en az yağış alan ay 1,7 mm ile temmuz ayıdır. Tablo 5.2’den ana ekseriyet Çemişgezek ilçesi için kuraklığın olağan seyrinde normal olarak ilerlediği görülmektedir. Genel olarak nemli aylar yaşanmış olsa da az, orta ve aşırı kurak aylar da muhtelif olarak yaşanmıştır.

Tablo 5.2. Çemişgezek ilçesi aylık kuraklık analizi sonuç tablosu

Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2012	0,62	0,28	0,91	0,63	1,62	0,35	0,60	1,14	0,59	0,02	0,21	1,34
2013	0,29	1,05	0,69	0,96	0,62	0,16	0,32	0,63	0,43	0,21	1,49	0,39
2014	0,81	0,01	0,55	0,73	1,69	1,34	1,93	1,33	0,15	0,53	1,18	1,54
2015	0,52	0,55	1,25	0,15	0,83	0,02	-1,17	0,89	0,43	0,61	0,57	1,50
2016	0,95	0,46	1,15	1,55	0,05	0,12	0,69	1,00	1,14	0,10	1,18	1,50
2017	0,44	0,90	1,86	1,98	0,02	0,89	0,97	1,14	0,43	0,34	0,67	0,08
2018	0,02	2,25	0,48	0,05	0,23	1,30	1,21	0,57	0,06	0,21	0,47	1,11
2019	2,78	0,54	0,03	0,91	0,13	1,52	0,30	1,25	1,29	0,21	0,67	0,44
2020	0,38	0,90	0,03	0,43	1,05	0,10	0,42	0,98	1,75	0,21	0,70	1,05
2021	0,12	0,69	1,11	1,73	0,22	0,78	1,54	1,14	0,15	1,96	0,45	0,25
2022	0,96	0,11	0,62	0,09	0,23	1,46	0,15	0,03	0,43	0,21	0,17	0,41
2023	1,17	1,38	1,49	0,07	2,04	1,61	1,03	1,15	0,15	1,26	0,67	0,66

Tablo 5.3’de Tunceli ili Hozat ilçesi SYİ metoduyla yapılan aylık kuraklık verileri verilmiştir. Yine Tablo 5.3’ün lejantı Tablo 3.1’deki SYİ kuraklık sınıflamasına göre yapılmıştır. 2012-2023 yılları arasında Hozat bölgesinde en çok yağış alan ay ortalaması 121,4 mm ile mart ayı olurken 2023 yılında 225,6 mm yağış gerçekleşmiştir, SYİ 2,18 aşırı nemli olarak kayıtlara geçmiştir. Aralık ayında gerçekleşen ortalama yağış miktarı 85,3 mm iken 2018 yılının aralık ayında 250,2 mm’lik yağış m²’ye düşmüştür ve bunun sonucunda 2,10 SYİ ile aşırı nemli bir dönem daha geçirmiştir. Ocak ayının aylık yağış ortalaması 107,6 mm iken 2020 yılında 18,7 mm, 2023 yılında 38,7 mm yağış gerçekleşmesiyle aşırı kurak ve orta kurak dönemler yaşanmıştır. 2021 yılının mayıs ve haziran aylarında yer yüzüne düşen yağış miktarı 6,8 mm ve 3,2 mm’dir, ortalama yağış

miktarı sırasıyla mayıs ve haziran aylarında 83 mm ve 17,2 mm ile aşırı kurak iki ay geçirmiştir. Genel ekseriyet normal kuraklık indeksi olurken kalan dağılımı aşırı kurak ve aşırı nemli kuraklık sınıfları arasında kategorize olmuştur.

Tablo 5.3. Tunceli ili Hozat ilçesi aylık kuraklık analizi sonuç tablosu

Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2014	0,19	0,21	0,11	-1,09	-0,46	-0,25	1,18	-0,43	1,59	1,06	0,14	-0,30
2015	0,40	1,04	1,16	0,06	-0,90	0,34	-1,17	0,10	-0,90	1,43	-1,46	-0,86
2016	1,23	1,44	-0,70	0,39	0,75	0,60	0,64	-1,32	1,18	-1,77	-1,15	-0,52
2017	-0,36	-1,98	-1,42	0,94	0,99	-1,22	-1,28	-1,21	-1,53	0,05	0,70	-0,15
2018	0,37	0,41	-0,96	-1,48	1,29	0,88	-0,01	-0,26	0,43	1,05	-0,21	2,10
2019	0,22	0,36	-0,49	1,28	-0,72	0,55	-0,01	0,17	-0,41	-0,60	-1,49	1,18
2020	-2,21	-0,07	-0,03	0,42	0,45	0,31	0,18	0,69	0,51	-0,96	0,59	0,44
2021	0,78	-1,61	-0,26	-0,58	-2,15	-2,15	1,55	1,87	0,71	0,19	0,39	0,28
2022	0,83	0,17	0,38	-1,29	0,17	1,42	-0,81	1,27	-0,30	-1,00	0,98	-0,66
2023	-1,35	0,11	2,18	1,35	0,69	-0,43	0,44	-0,95	-1,37	0,58	1,53	-1,28

Tablo 5.4. Tunceli ili Mazgirt ilçesi aylık kuraklık analizi sonuç tablosu

Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2012	1,14	1,19	-1,47	0,60	0,45	-1,16	1,96	0,22	0,37	-0,17	0,29	1,89
2013	0,76	0,65	-1,42	-0,01	0,21	-0,68	0,21	0,45	0,38	-0,59	0,34	-1,12
2014	-0,19	-0,85	-0,63	0,20	-0,57	1,15	0,73	0,86	2,35	0,85	0,37	-0,29
2015	-0,17	0,10	0,36	-0,25	-0,54	0,23	0,21	0,76	-0,43	1,46	-1,14	-0,39
2016	0,67	0,99	-0,24	-0,43	0,35	0,67	1,21	0,17	0,22	-1,38	-2,44	0,29
2017	-1,06	-2,36	-0,22	0,74	0,88	0,10	0,21	0,00	-0,43	0,68	0,50	-0,36
2018	0,77	0,52	-1,06	-1,71	0,73	1,86	0,45	0,00	0,11	1,01	0,14	1,58
2019	0,20	0,43	0,92	1,86	-0,28	-0,26	0,21	0,00	-0,43	-0,04	-1,10	0,78
2020	-0,70	0,58	1,40	0,04	0,45	-1,38	0,21	0,00	-0,43	-1,35	0,54	0,08
2021	0,21	-1,45	-0,17	-1,13	-2,86	-0,87	0,32	2,17	0,31	0,66	0,62	0,00
2022	0,96	0,03	1,06	-1,21	0,31	0,91	0,21	0,00	0,59	-0,05	0,70	-0,81
2023	-2,53	0,32	1,45	1,30	1,18	-0,26	0,21	0,00	-0,34	0,15	1,40	-1,38

Tablo 5.4’de Tunceli ili Mazgirt ilçesi SYİ metoduyla yapılan aylık kuraklık verileri verilmiştir. Tablonun lejantı için Tablo 3.1.’deki SYİ kuraklık sınıflaması alınmıştır. 2012-2023 yılları arasında Mazgirt ilçesinde alınan kayıtlara göre yağış ortalaması en yüksek olan ay 104,8 mm ile mart ayı olurken temmuz ve ağustos aylarının aylık ortalaması 2,1 mm olmuştur. Ocak ayındaki ortalama 99,3 mm iken 2023 yılında 30

mm yağış olarak -2,53 SYİ ile çok kurak bir ay gerçekleşmiştir. 2021 yılının mayıs ayında gerçekleşen 2,8 mm yağış mayıs ayı ortalaması olan 75,4 mm'den oldukça düşük olması sebebiyle çok kurak geçirdiği başka dönemlerden biridir. Tablo 5.4'de Mazgirt ilçesinin aylık kuraklık sonuçları genel olarak normal düzeyde kuraklık seviyesinde seyretmiştir.

Tablo 5.5'de Tunceli ili Pülümür ilçesi SYİ metoduyla yapılan aylık kuraklık verileri sonuçları Tablo 3.1'deki kuraklık sınıflarına göre kategorize edilmiş ve tablonun lejant renkleri Tablo 3.1'e göre belirlenmiştir. Tablo 5.5'de verilen sonuçlara göre Pülümür ilçesi genel olarak nemli dönemler geçirmiştir; ancak aşırı kurak aylar geçirdiği de görülmüştür.

Tablo 5.6'da Tunceli ili Ovacık ilçesi SYİ metoduyla yapılan aylık kuraklık verileri verilmiştir tablonun lejantı için Tablo 3.1'den faydalanılmıştır. Tablo 5.6.'ya göre genel dağılım az kurak ve normalden yana olurken özellikle son bahar ayları genel durumun aksine nemli olarak gerçekleşmişken aşırı kurak dönem hiç gerçekleşmemiştir. Yıllık ay bazındaki yağış ortalaması 78,6 mm gerçekleşmiştir. 2023 yılının kasım ayında 264 mm yağış yer yüzüne düşmüştür ve bu yağışın sonucunda aşırı kurak bir dönem yaşanmıştır. 2021 yılının ağustos ayında 25,7 mm yağış gerçekleşirken yıllık ay bazındaki ortalamanın oldukça altında olmasına rağmen ağustos ayının kendi içerisindeki ortalaması 5,6 mm olduğu için çok nemli olarak sınıflandırılmaktadır.

Tablo 5.5. Tunceli ili Pülümür ilçesi aylık kuraklık analizi sonuç tablosu

Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2015	0,42	0,83	0,13	0,45	0,75	-0,71	-0,43	1,38	-0,88	1,28	-0,73	0,22
2016	0,57	1,24	-0,97	0,26	0,20	0,76	-0,08	-0,33	1,53	-1,78	-2,28	-0,03
2017	-0,78	-1,99	-0,71	0,73	0,86	-0,51	-0,43	-0,09	-1,22	-0,04	0,55	0,34
2018	0,27	-0,22	-0,68	-2,34	0,41	0,99	0,85	-0,63	0,55	1,43	0,22	1,69
2019	1,25	0,26	-1,06	0,82	-0,07	-0,16	1,53	0,72	0,59	-0,58	-0,22	0,30
2020	-0,28	0,83	0,08	-0,04	0,31	-0,46	0,62	-1,07	-0,03	-0,89	0,66	-0,31
2021	0,68	-1,39	1,14	-0,59	-2,17	-2,02	-0,36	1,23	0,20	0,52	0,12	0,93
2022	0,54	0,25	-0,10	-0,39	-1,27	1,25	-0,43	-1,22	0,98	-0,63	0,24	-0,94
2023	-2,39	0,30	2,15	1,39	1,06	0,94	0,86	0,58	-1,05	0,69	1,70	-2,10

Tablo 5.6. Tunceli ili Ovacık ilçesi aylık kuraklık analizi sonuç tablosu

Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2012	1,96	1,97	2,09	2,45	2,71	2,97	2,04	-1,06	-0,76	-1,38	-1,38	-1,23
2013	1,96	1,97	2,09	-0,39	-0,17	-0,69	-0,67	-1,35	0,48	-0,57	-0,38	-0,90
2014	-0,56	-0,95	-0,81	-0,02	-0,33	0,11	0,65	-0,04	1,33	1,68	-0,19	-0,01
2015	-0,80	0,16	-0,28	0,25	-0,59	-0,06	-0,67	-0,31	-0,93	1,53	-0,98	-0,44
2016	-0,27	-0,25	-0,37	-0,18	0,34	0,15	0,15	-0,38	1,40	-1,11	-0,89	0,71
2017	-0,87	0,02	-0,77	0,37	0,17	-0,70	-0,67	-0,53	-1,71	0,39	0,82	0,56
2018	-0,32	-0,98	-0,48	-1,68	0,24	-0,53	0,43	0,87	1,00	0,58	0,34	1,59
2019	0,34	-0,30	-0,64	0,41	-0,51	-0,59	0,25	0,37	-0,74	-0,31	-0,44	0,92
2020	-0,61	-0,25	-0,70	-0,43	-0,05	-1,00	0,54	0,62	0,11	-1,06	-0,27	0,25
2021	-0,11	-1,32	-0,40	-0,92	-1,74	-0,44	0,81	2,25	0,90	0,52	0,23	1,09
2022	0,00	-0,27	-0,35	-0,98	-0,67	0,00	-0,61	-1,35	0,09	-0,05	1,02	-0,59
2023	-1,25	-0,29	0,06	0,71	0,19	0,24	-0,38	0,56	-1,31	0,20	2,30	-1,38

Tablo 5.7’de genel dağılımın eşit aralıklı gözlemlendiği Tunceli ili Nazmiye ilçesi, Tablo 5.8’de genel dağılımın nemli olarak görüldüğü Tunceli ili Pertek ilçesi Aşağıgülbahçe köyü, Tablo 5.9.’da genel dağılımın eşit olarak görüldüğü Tunceli ili Pertek ilçesi Elmakaşık köyü, Tablo 5.10’da ise Tunceli ili Pertek ilçesi Kocapınar köyü SYİ metoduyla yapılan aylık kuraklık verileri verilmiştir. Genel dağılım nemli olarak oluşmuştur ama normal ve kurak aylar da gözlemlenmiştir. Tabloların lejantı için Tablo 3.1’den faydalanılmıştır.

Tablo 5.7. Tunceli ili Nazmiye ilçesi aylık kuraklık analizi sonuç tablosu

Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2013	0,37	0,23	0,13	0,23	0,24	0,24	0,34	-1,34	-1,34	-1,29	-1,76	-1,31
2014	-1,93	-1,53	-0,68	-0,02	-0,36	0,64	0,79	-0,36	1,61	1,17	0,28	0,42
2015	2,23	1,37	0,82	0,08	-0,62	-1,78	-0,97	0,74	-1,00	1,19	-1,16	0,22
2016	0,57	1,16	0,12	0,07	0,12	0,40	0,13	0,00	1,19	-1,63	-0,68	1,31
2017	0,17	-1,42	-0,23	0,83	0,77	-0,85	-1,34	-0,33	-1,06	0,85	0,78	0,35
2018	0,16	-0,11	-0,91	-1,52	1,17	1,43	0,71	-0,18	0,46	1,13	-0,30	0,20
2019	-0,99	-0,67	-2,05	0,06	-0,15	-0,37	-0,07	0,80	0,19	-0,14	-0,64	1,02
2020	-0,39	0,64	-0,41	0,36	0,71	-0,56	0,39	1,91	-0,11	-1,21	0,70	0,11
2021	0,18	-1,15	0,45	-1,78	-2,73	-0,82	1,85	0,84	0,61	0,44	0,31	0,69
2022	0,30	0,62	0,85	-0,44	0,44	1,81	-1,21	-0,33	0,73	-0,61	0,38	-0,40
2023	0,81	0,89	1,92	2,11	0,73	-0,19	0,06	-1,22	-0,81	0,10	2,04	-1,34

Tablo 5.8. Tunceli ili Pertek ilçesi Aşağıgölbahçe köyü kuraklık analiz sonuç tablosu

Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2014	0,30	0,31	0,38	0,58	0,31	0,21	0,34	-1,28	-1,28	-1,22	-1,93	-2,64
2015	-1,99	-1,43	-0,58	0,26	-0,29	0,59	0,76	-0,68	1,54	1,12	0,62	0,32
2016	2,12	1,45	1,21	0,38	-0,54	-1,72	-0,91	0,63	-1,04	1,15	-1,19	0,11
2017	0,49	1,24	0,37	0,37	0,18	0,36	0,14	-0,28	1,12	-1,55	-0,59	1,26
2018	0,10	-1,33	-0,05	1,36	0,82	-0,83	-1,28	-0,66	-1,09	0,82	1,25	0,25
2019	0,09	-0,03	-0,86	-1,67	1,21	1,35	0,68	-0,49	0,37	1,09	-0,12	0,09
2020	-1,05	-0,58	-2,22	0,35	-0,08	-0,37	-0,05	0,72	0,11	-0,12	-0,54	0,96
2021	-0,46	0,72	-0,26	0,74	0,76	-0,55	0,38	2,12	-0,19	-1,15	1,15	0,00
2022	0,11	-1,06	0,77	-1,99	-2,60	-0,80	1,75	0,77	0,53	0,43	0,65	0,62
2023	0,23	0,70	1,26	-0,29	0,50	1,71	-1,14	-0,66	0,65	-0,57	0,74	-0,58

Tablo 5.9. Tunceli ili Pertek ilçesi Elmakaşık köyü kuraklık analiz sonuç tablosu

Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2016	0,30	0,26	0,66	0,36	0,02	0,37	0,45	-1,15	-1,15	-1,14	-1,67	-2,46
2017	-1,76	-1,44	-0,35	-0,03	-1,04	0,80	1,13	-0,61	1,52	1,01	0,75	0,31
2018	1,93	1,37	1,53	0,11	-1,49	-1,80	-1,09	0,60	-0,83	1,04	-0,97	0,11
2020	0,12	-1,34	0,21	1,31	0,93	-0,80	-1,15	-0,59	-0,88	0,74	1,35	0,24
2021	0,11	-0,07	-0,64	-2,42	1,63	1,66	1,01	-0,44	0,47	0,98	0,05	0,09
2022	-0,91	-0,61	-2,05	0,08	-0,67	-0,28	-0,16	0,68	0,23	-0,12	-0,36	0,89
2023	-0,38	0,66	-0,01	0,56	0,83	-0,48	0,52	2,01	-0,04	-1,07	1,26	0,00

Tablo 5.10. Tunceli ili Pertek ilçesi Kocapınar köyü kuraklık analiz sonuç tablosu

Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2018	1,81	0,85	-1,64	-0,88	1,44	0,45	1,74	0,00	0,96	1,39	0,04	1,35
2019	-0,93	0,35	0,95	1,73	-0,09	1,40	0,15	0,10	0,10	-0,13	-2,14	1,06
2020	0,53	1,11	1,47	0,13	0,65	-1,04	-0,57	0,00	-0,87	-0,97	0,74	0,24
2021	0,01	-1,19	-0,14	-0,43	-1,89	-1,57	0,55	1,36	0,96	1,20	0,18	-0,47
2022	-0,21	0,44	-0,29	-1,27	0,02	0,54	-0,97	0,00	0,55	-0,51	0,42	-0,69
2023	-1,23	-1,53	-0,35	0,63	-0,07	0,24	-0,50	0,98	-0,97	-0,54	0,85	-0,97

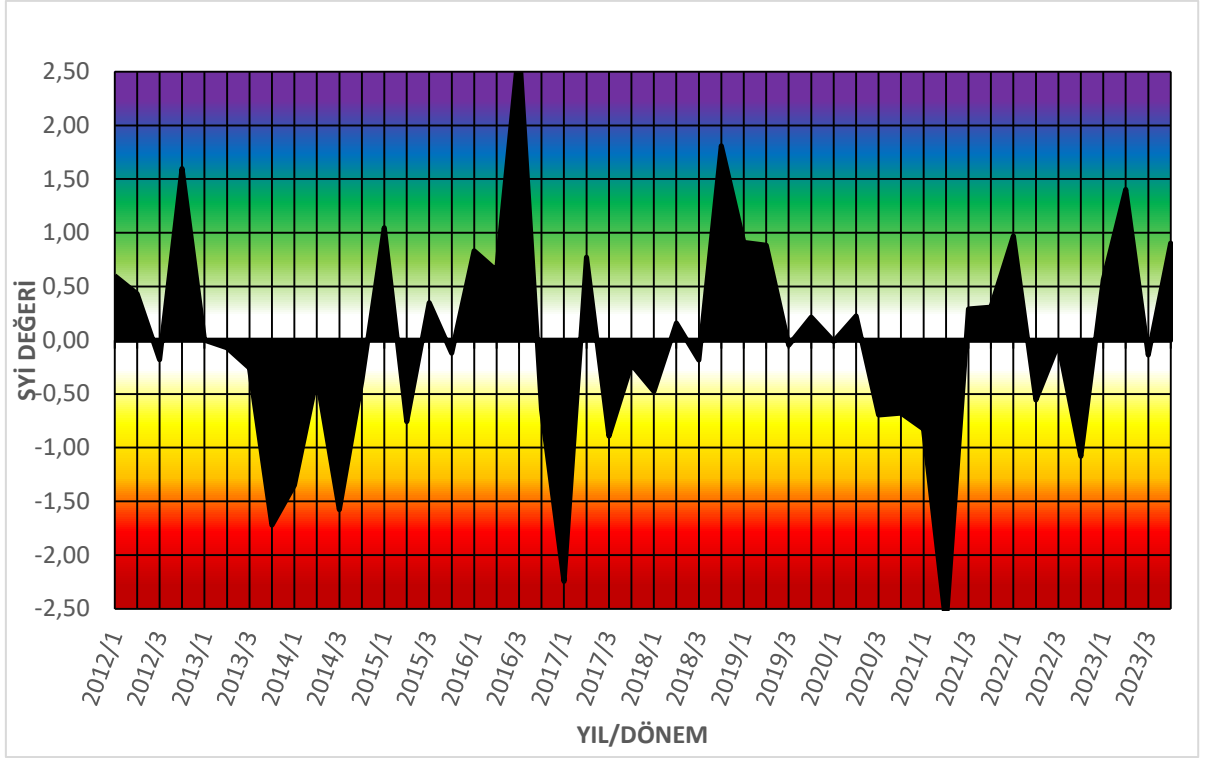
5.3. Üç Aylık Kuraklık Analizi

Le ve ark. (2024) Taiwan adasında SYİ ile ilgili yaptığı çalışmada 3 aylık dönemleri aralık-ocak-şubat, mart-nisan-mayıs, haziran-temmuz-ağustos, eylül-ekim-kasım olarak belirlemişlerdir. Kuraklık katogerilerinin belirlenmesi için SYİ değeri gruplandırmasını Tablo 3.1'deki gibi belirlemişlerdir. 3 aylık SYİ, kısa ve orta vadeli nem koşullarını ölçerek mevsimler yağış tahminleri yapılabilmesi için kullanmıştır ayrıca tayfun parametreleri arasındaki bağlantıyı irdelemek içinde kullanılmıştır (Le ve ark., 2024).

Kumar ve Chu (2024), Hindistan'ın Hint-Hanj ovalarında yaptığı çalışmalarda mevsimlerin kuraklık şiddetinin tanımlanmasına dair bir çalışmada bulunmuşlardır. Bu çalışmada 1, 3 ve 6 aylık dönemler kullanılmıştır (Kumar ve Chu, 2024).

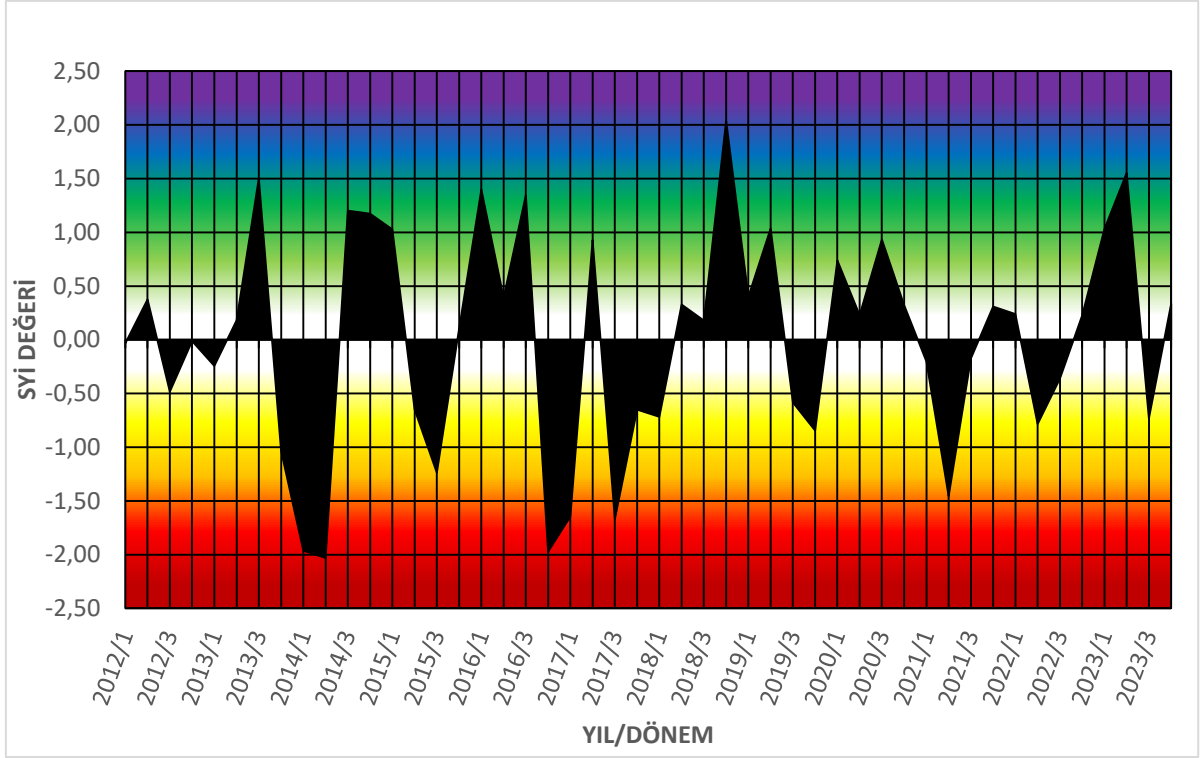
OMGİ istasyonlardan alınan yağış verilerinin, SYİ metoduyla Dirinc v1.7 programı kullanılarak elde edilen üç aylık kuraklık verisi sonuçları Microsoft Office Excel programı ile düzenlenip Tablo 3.1'deki kuraklık sınıflarını kategorize etmek amacıyla kullanılan renk düzenine göre biçimlendirilerek aşağıdaki grafikler elde edilmiştir. Üç aylık dönemler mevsimlere göre gruplandırılmıştır. Bunlar;1 numara kış, 2 numara ilkbahar, 3 numara yaz ve 4 numara son bahar mevsimlerini temsil etmektedir. Grafiğin tavan ve taban sınırları 2,5 ve -2,5 olarak belirlenmiştir.

Şekil 5.11'de ki grafik, Tunceli ili Merkez ilçesinin üç aylık kuraklık indeksi sonuçlarına göre oluşturulmuştur. Dönemsel olarak değişkenlik gösteren SYİ indeksi iki kere -2 değeri ile aşırı kurak dönem yaşanırken bir kere de 2 değerini aştığı için aşırı nemli olarak gözlenmektedir.



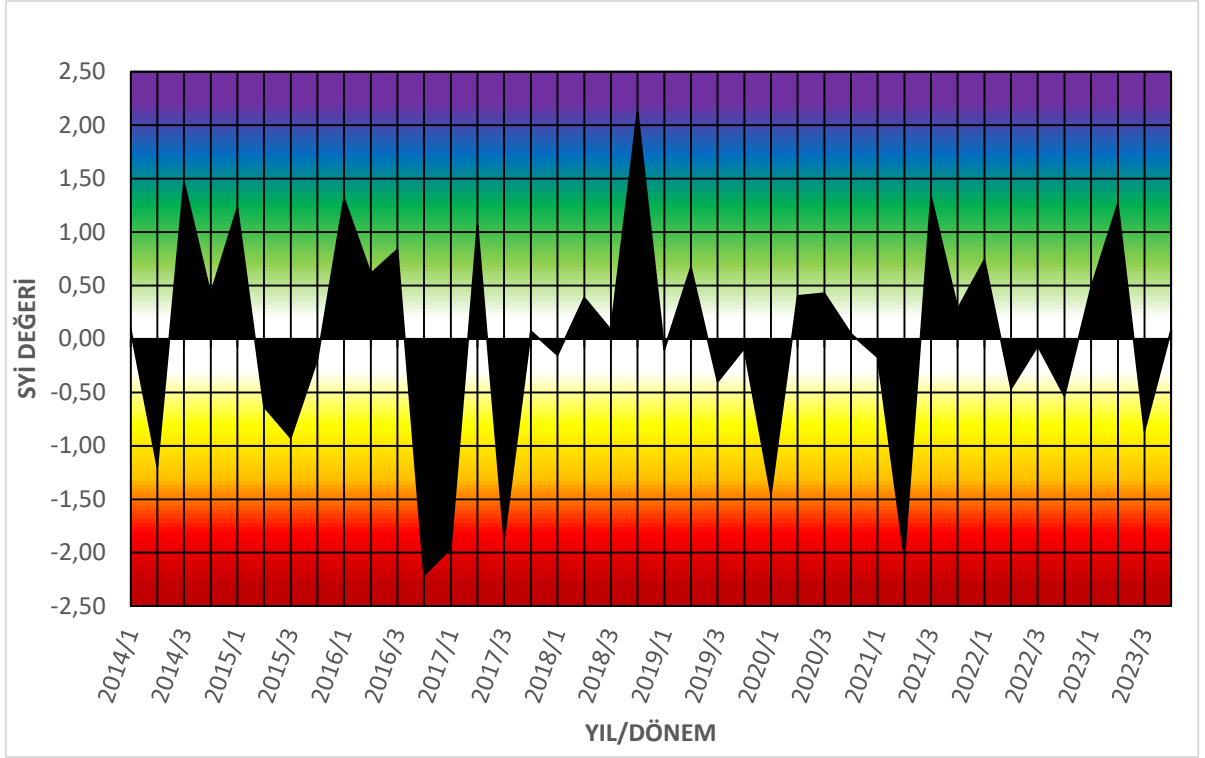
Şekil 5.11. Tunceli ili Merkez ilçesi 3 aylık kuraklık sonuçları grafiği

Şekil 5.12’de ki grafik, Tunceli ili Çemişgezek ilçesinin üç aylık kuraklık indeksi sonuçlarına göre oluşturulmuştur. Farklı dönemlerde kuraklık sınıflandırılması çeşitlilik göstermektedir. Çok kurak ve nemli dönemler yaşanırken bazı dönemler de ise normale yakın bir kuraklık seviyesi gözlemlenmiştir. SYİ değeri belirli dönemlerde 2 ve -2 değerini geçtiği için aşırı dönemlerde yaşanmıştır.



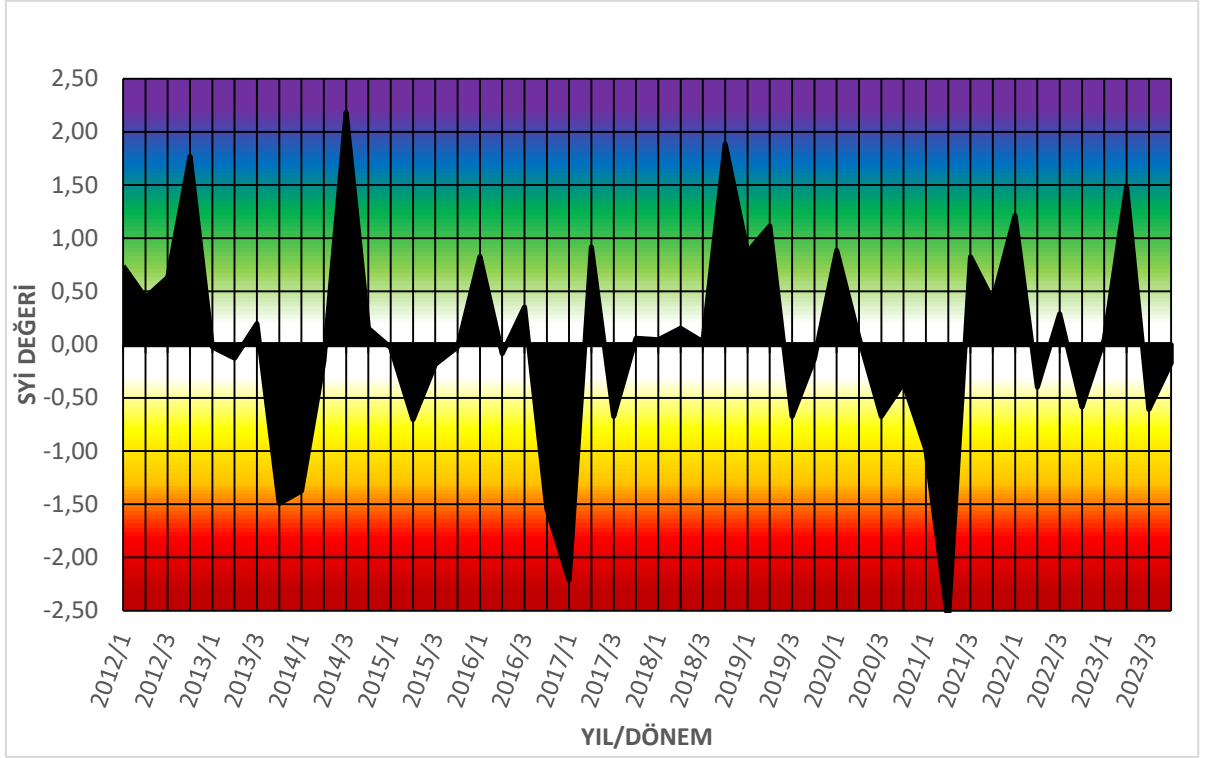
Şekil 5.12. Tunceli ili Çemişgezek ilçesi 3 aylık kuraklık sonuçları grafiği

Hozat OMGI'dan alınan yağış verilerinin 3 aylık birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü dönemleri gerçekleşen yağış miktarlarının ortalaması sırasıyla 84,7 mm, 89,5 mm, 9,6 ve 49,1 mm olarak gerçekleşmiştir. Bu üç aylık dönemlerin ortalamasıysa 58,2 mm olarak gerçekleşmiştir. Birinci dönemde en az yağışın gerçekleştiği ay 2023 yılında 32,1 mm iken ikinci dönemde 2014 yılında 20,6 mm yağış gerçekleşmiştir. Üçüncü dönemde 2017 yılında 3 mm iken dördüncü dönemde 2019 yılında 16,9 mm olarak yağış gerçekleşmiştir. Şekil 5.13'de ki grafik, Tunceli ili Hozat ilçesinin üç aylık kuraklık indeksi sonuçlarına göre oluşturulmuştur. Farklı dönemlerde farklı kuraklık sınıflandırılması çeşitlilik göstermektedir. SYİ değeri belirli dönemlerde 2 ve -2 değerini geçtiği için aşırı kuraklık dönemlerde yaşanmıştır.



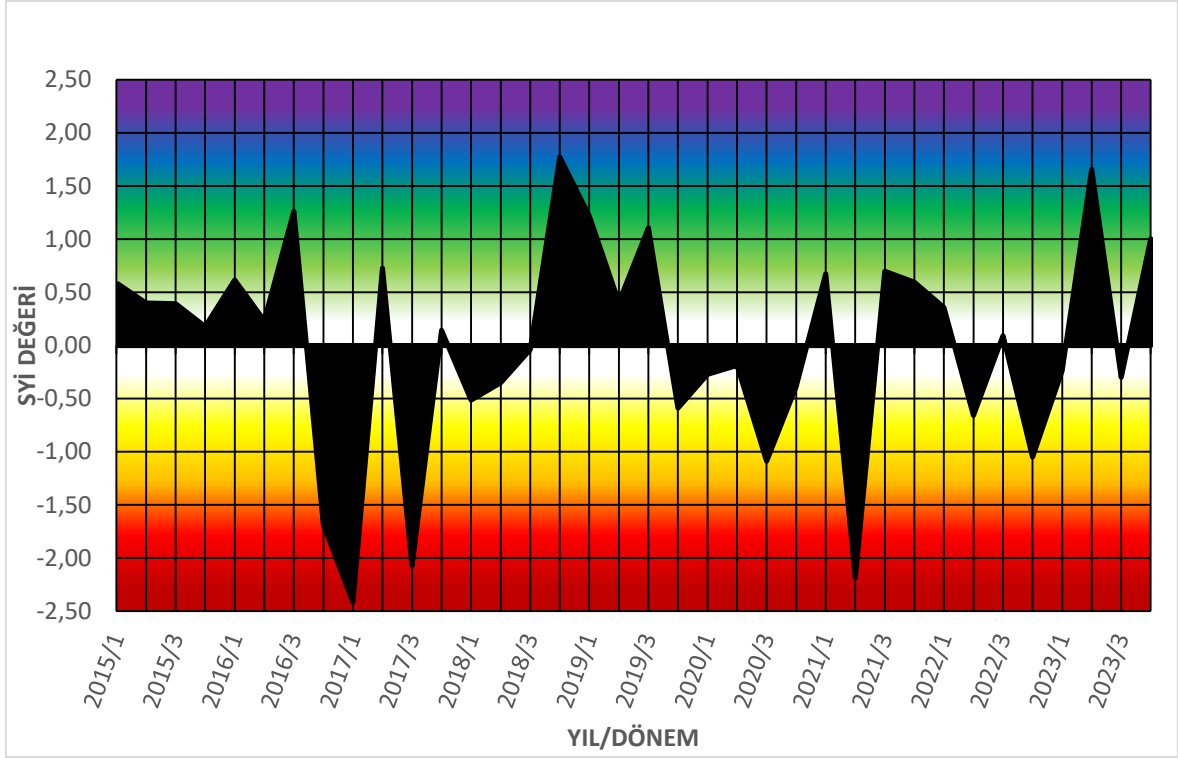
Şekil 5.13. Tunceli ili Hozat ilçesi 3 aylık kuraklık sonuçları grafiği

Şekil 5.14'deki grafik, Tunceli ili Mazgirt ilçesinin üç aylık kuraklık indeksi sonuçlarına göre oluşturulmuştur. İlgili bölgede dönemsel olarak farklı zamanlarda yaşanan mevsimlerden bağımsız olarak kurak ve nemli dönemler yaşanmıştır. Bu dönemler boyunca SYİ değeri 2 ve -2 değerlerinin üzerine çıkarak aşırı dönemler yaşandığı olmuştur. Bu olağan dışı dönemler haricinde ölçümlerin alınabildiği 2012 yılının birinci üç aylık döneminden itibaren normal kurak ve nemli olarak sınıflandırılabilen SYİ üç aylık sonuçları yaşanmıştır.



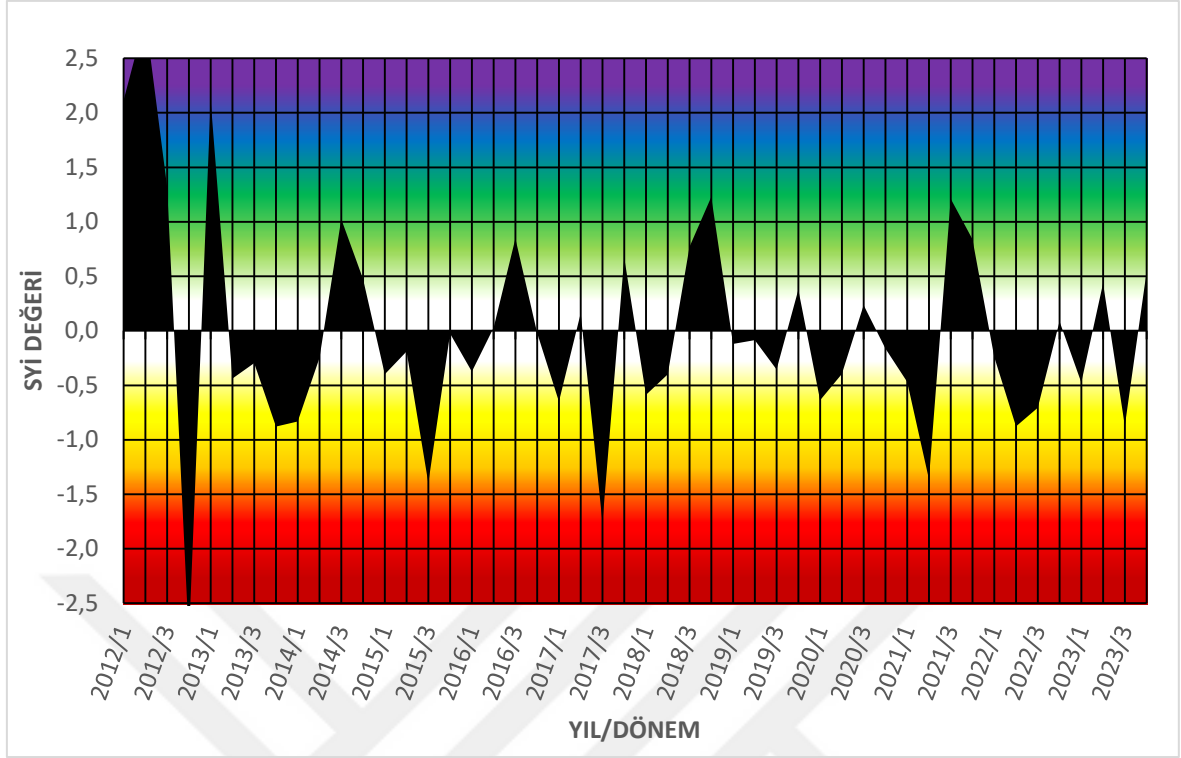
Şekil 5. 14. Tunceli ili Mazgirt ilçesi 3 aylık kuraklık sonuçları grafiği

Şekil 5.15'deki grafik, Tunceli ili Pülümür ilçesinin üç aylık kuraklık indeksi sonuçlarına göre oluşturulmuştur. İlgili bölgede dönemsel olarak farklı zamanlarda yaşanan mevsimlerden bağımsız olarak kurak ve nemli dönemler yaşanmıştır. Pülümür ilçesinde bu dönemler boyunca çok nemli dönemler yaşamış olsa da aşırı nemli dönemler yaşanmamıştır; ancak alınabilen ölçümlerin başlangıç tarihi olan 2015 yılının birinci üç aylık döneminden itibaren üç adet aşırı kurak dönem yaşanmıştır. Bu normal dışı dönemler dışında genel seyir kurak ve nemli dönemler arasında geçiş olarak seyretmiştir.



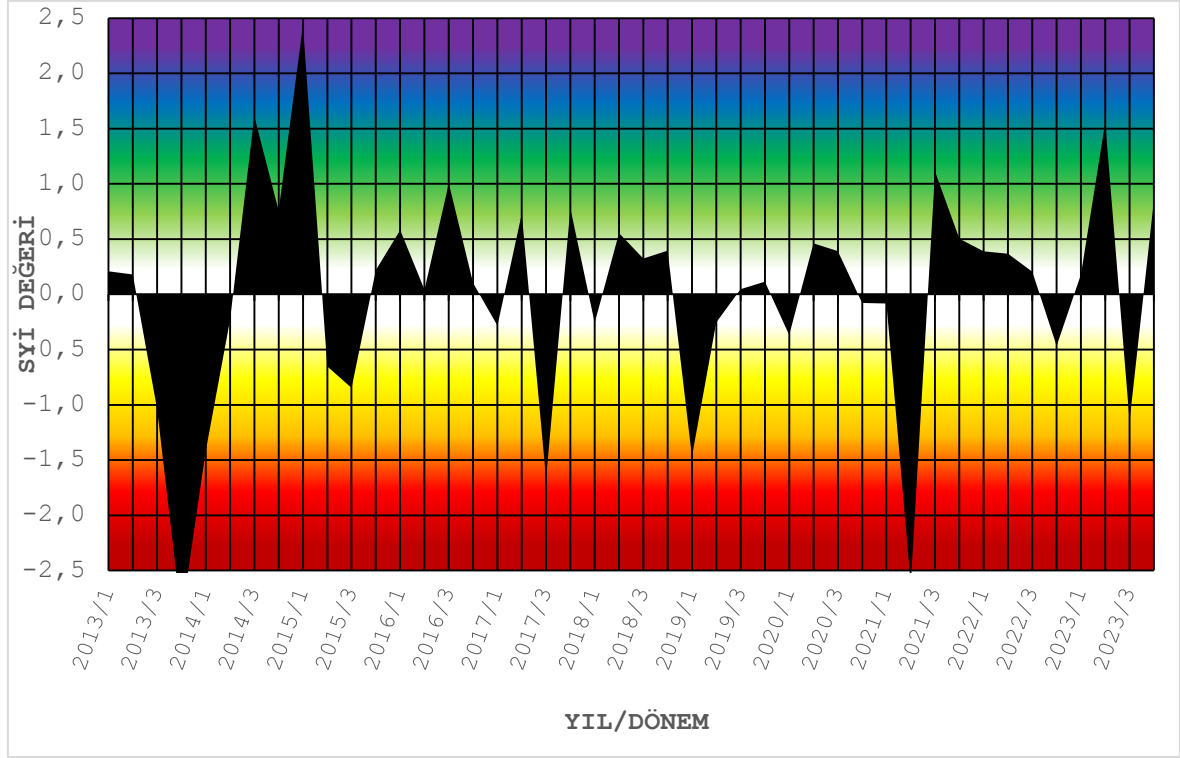
Şekil 5.15. Tunceli ili Pülümür ilçesi 3 aylık kuraklık sonuçları grafiği.

Ovacık ilçesi OMGI'den alınan yağış verilerinin 3 aylık birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü dönemlerinde gerçekleşen yağış miktarlarının ortalaması sırasıyla 151,4 mm, 104,1 mm, 9,9 ve 49,2 mm olarak gerçekleşmiştir. Bu üç aylık dönemlerin ortalamasıysa 78,6 mm olarak gerçekleşmiştir. Birinci dönemde en az yağışın gerçekleştiği ay 2023 yılında 51,4 mm iken ikinci dönemde 2021 yılında yine 66,7 mm yağış gerçekleşmiştir. Üçüncü dönemde 2013 yılında 3,3 mm iken dördüncü dönemde 2019 yılında 27,3 mm olarak yağış gerçekleşmiştir. Şekil 5.16.'de ki grafik, Tunceli ili Ovacık ilçesinin üç aylık kuraklık indeksi sonuçlarına göre oluşturulmuştur. İlgili bölgede dönemsel olarak farklı zamanlarda yaşanan mevsimlerden bağımsız olarak farklı kuraklık sınıfları görülmüştür ancak ölçümlerin alınabildiği 2012 yılının dört üç aylık kuraklık dönemi haricinde aşırı dönemler yaşanmamıştır. Kurak ve nemli dönemler yaşandığı gözlemlense de genel ağırlık normal dönem olduğu görülmektedir.



Şekil 5.16. Tunceli ili Ovacık ilçesi 3 aylık kuraklık sonuçları grafiği

Nazmiye ilçesi OMGI'den alınan yağış verilerinin 3 aylık birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü dönemlerinde gerçekleşen yağış miktarlarının ortalaması sırasıyla 125 mm, 95,5 mm, 12,8 ve 51,9 mm olarak gerçekleşmiştir. Bu üç aylık dönemlerin ortalamasıysa 71,3 mm olarak gerçekleşmiştir. Birinci dönemde en az yağışın gerçekleştiği ay 2014 yılında 34,7 mm iken ikinci dönemde 2021 yılında yine 59,7 mm yağış gerçekleşmiştir. Üçüncü dönemde 2017 yılında 4,1 mm iken dördüncü dönemde 2014 yılında 5,6 mm olarak yağış gerçekleşmiştir. Şekil 5.17'deki grafik Tunceli ili Nazmiye ilçesi istasyonun üç aylık kuraklık indeksi sonuçlarına göre oluşturulmuştur. İlgili bölgede 2013 yılının 4. ve 2021 yılının ikinci dönemi aşırı kurakken bunları takip eden 2014 yılının 4. dönemi aşırı nemli geçmiştir. Bu dönemlerden sonra ise farklı yıl ve farklı dönemlerde birer kez çok kurak ve çok nemli dönemler yaşanmış, geriye kalan dönemlerde kurak ve nemli dönemler yaşanmıştır.



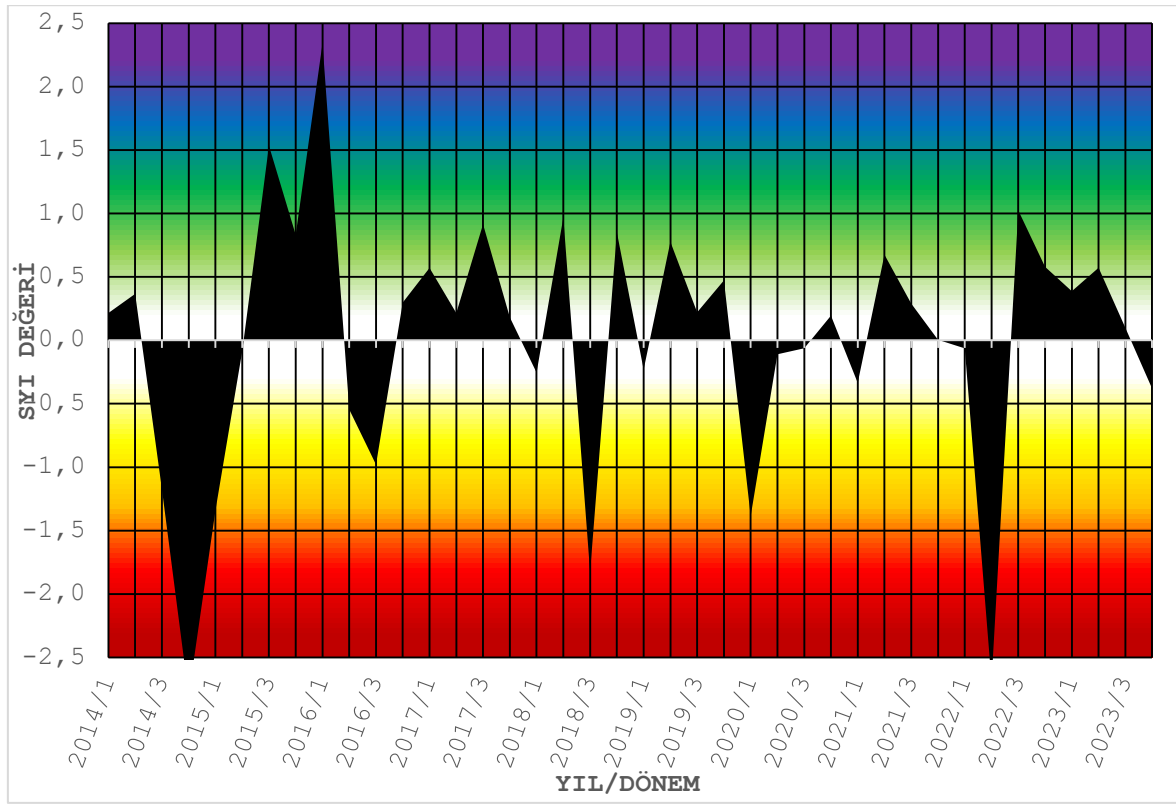
Şekil 5.17. Tunceli ili Nazmiye ilçesi 3 aylık kuraklık sonuçları grafiği

Aşağıgölbahçe köyü OMGI'den alınan ölçümlerin 3 aylık birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü dönemlerinde gerçekleşen yağış miktarlarının ortalaması sırasıyla 41,9 mm, 48,5 mm, 5,5 ve 23,9 mm olarak gerçekleşmiştir. Bu üç aylık dönemlerin ortalamasıysa 30 mm olarak gerçekleşmiştir. Birinci dönemde en az yağışın gerçekleştiği ay 2015 yılında 5,6 mm iken ikinci dönemde 2015 yılında yine 7,7 mm yağış gerçekleşmiştir. Üçüncü dönemde 2020 yılında 0,2 mm iken dördüncü dönemde 2015 yılında 3,6 mm olarak yağış gerçekleşmiştir. Şekil 5.18'deki grafik Tunceli ili Pertek ilçesi Aşağıgölbahçe köyü istasyonunun üç aylık kuraklık indeksi sonuçlarına göre oluşturulmuştur. 2014 yılından itibaren alınan veriler sonucunda iki kez aşırı kurak bir kere de aşırı nemli dönem yaşanmıştır. Bu dönemler haricinde farklı zamanlarda farklı kuraklık seviyeleri gözlemlenmiştir.

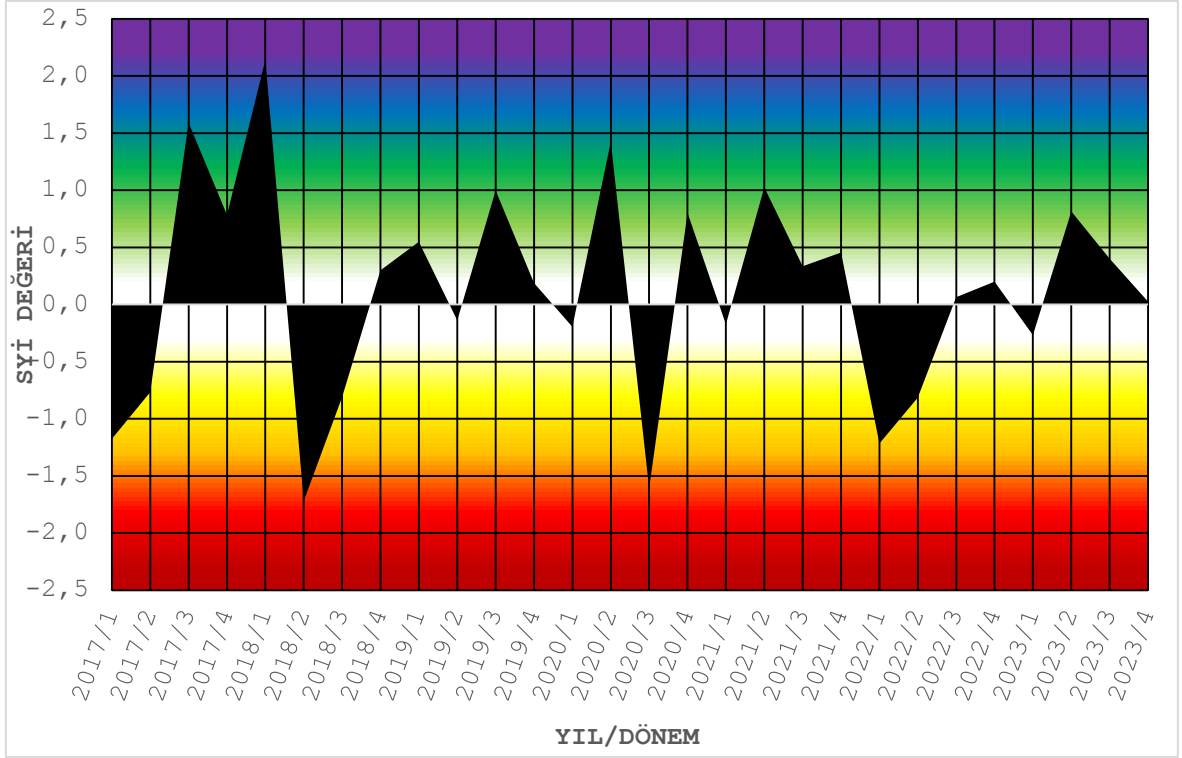
Elmakaşı köyü OMGI'den alınan ölçümlerinin 3 aylık birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü dönemlerinde gerçekleşen yağış miktarlarının ortalaması sırasıyla 53,8 mm, 88,1 mm, 7,9 ve 37,1 mm olarak gerçekleşmiştir. Bu üç aylık dönemlerin ortalamasıysa 46,7 mm olarak gerçekleşmiştir. Birinci dönemde en az yağışın gerçekleştiği ay 2023 yılında 21 mm yağış, ikinci dönemde 2021 yılında 38,3 mm yağış gerçekleşmiştir. Üçüncü dönemde 2020 yılında 1,6 mm, dördüncü dönemde 2019 yılında 7,5 mm yağış gerçekleşmiştir. Şekil

5.19'daki grafik Tunceli ili Pertek ilçesi Elmakaşı köyü istasyonunun üç aylık kuraklık indeksi sonuçlarına göre oluşturulmuştur. 2018 yılı birinci üç aylık dönemi aşırı nemli bir dönem geçirirken geri kalan üç aylık dönemlerinde nemli ve kurak dönemler arasında geçiş yaşanmıştır.

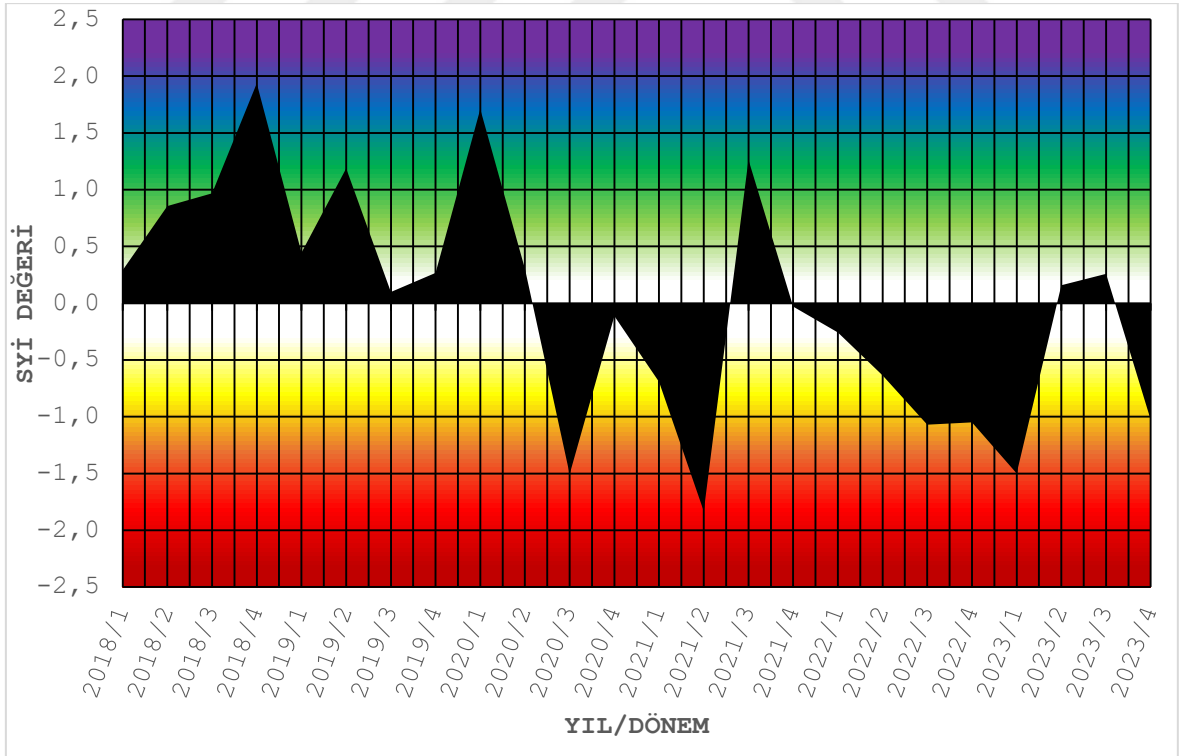
Şekil 5.20'deki grafik Tunceli ili Pertek ilçesi Koçpınar köyü istasyonunun üç aylık kuraklık indeksi sonuçlarına göre oluşturulmuştur. 2018 yılının birinci döneminden itibaren yapılan ölçümlere göre hesaplanan kuraklık indeksi sonuçlarına göre aşırı kurak veya nemli bir dönem yaşanmamıştır.



Şekil 5.18. Tunceli ili Pertek ilçesi Aşağıgülbahçe köyü 3 aylık kuraklık sonuçları grafiği.



Şekil 5.19. Tunceli ili Pertek ilçesi Elmakaşı köyü 3 aylık kuraklık sonuçları grafiği



Şekil 5.20. Tunceli ili Pertek ilçesi Koçpınar köyü 3 aylık kuraklık sonuçları grafiği

5.4. Altı Aylık Kuraklık Analizi

Abu Hajar ve ark., (2019) Amman-Zarqa Havzası için SYİ kullanarak kuraklık değerlendirmesi ve izlemesi yapmışlardır. Yapılan bu çalışmada kuraklık sınıflandırılması için Tablo 3.1’de bulunan kuraklık sınıflandırılması kullanılmıştır. 21 istasyondan alınan 1980-2016 yılları arasında alınan kayıtlarla çalışmalar yapılmıştır. Yaptıkları bu çalışmada 6 aylık kuraklık analizlerini akarsu akışları gibi hidrolojik olayları incelemek için kullanmışlardır (Hajar ve ark., 2019).

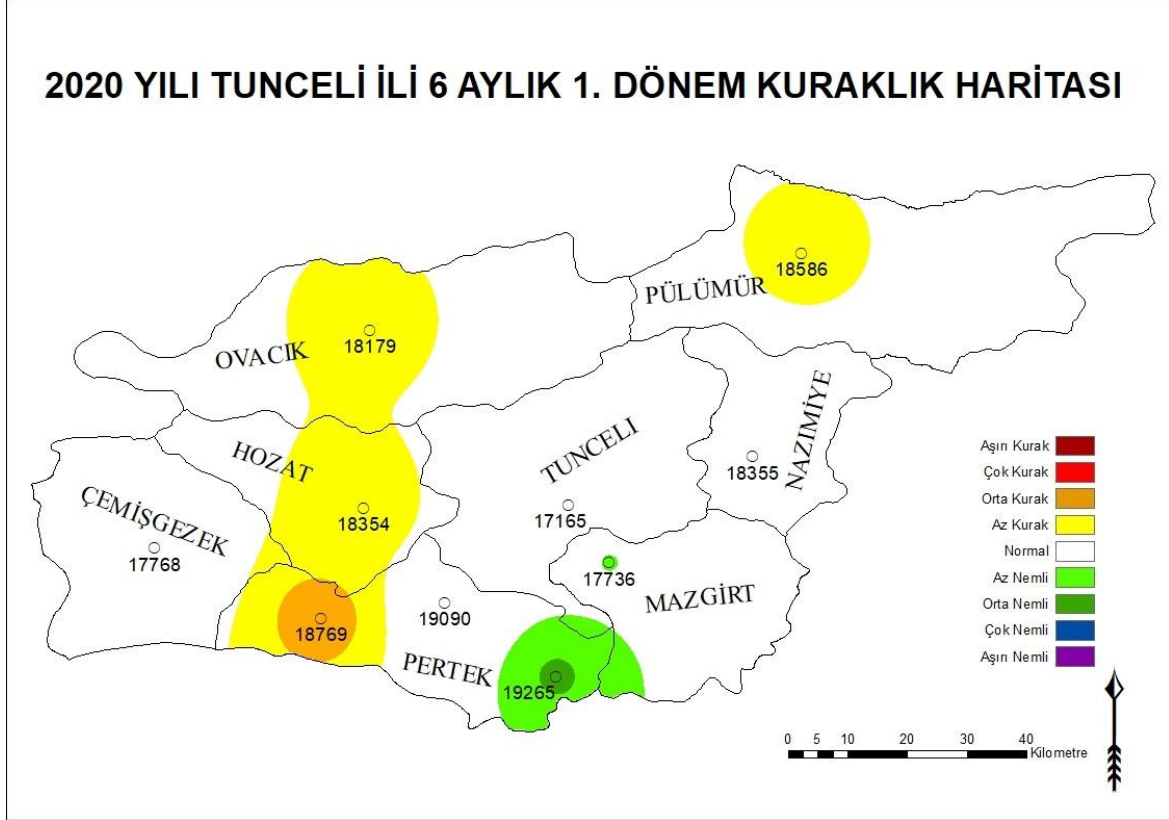
OMGİ’den alınan yağış verilerinin, SYİ metoduyla Dirinc v1.7 programı kullanılarak elde edilen altı aylık kuraklık verisi sonuçları ArcGIS programı enterpolasyon yöntemi ile düzenlenip Tablo 3.1’deki kuraklık sınıflarını kategorize etmek amacıyla kullanılan renk düzenine göre biçimlendirilerek aşağıdaki haritalarda sunulmuştur. Altı aylık dönemler birinci altı aylık ve ikinci altı aylık olarak ikiye ayrılmaktadır. Yılın ilk altı ayı birinci gruba dâhilken ikinci altı ayı ikinci gruba dâhildir. Bu haritalar 2020 yılının birinci altıncı ayından itibaren oluşturulmaya başlanmış olup 2023 yılının ikinci altı aylık dönemine kadar düzenlenmiştir. OMGİ istasyonlarından kaydedilen altı aylık birinci dönem yağış ortalaması Tunceli ili Merkez ilçesi için 90,2 mm, Çemişgezek için 54,4 mm, Hozat için 87,1 mm, Mazgirt için 86,3 mm, Pülümür için 80,6 mm, Ovacık için 127,7 mm, Nazmiye için 110,3 mm, Aşağıgölbahçe için 45,2 mm, Elmakaşı için 70,9 mm, Koçpınar için 49,2 mm olarak kaydedilmiştir.

2020 yılı Tunceli ili Merkez ilçesi 6 aylık birinci dönem için yağış verisi 90,5 mm, Çemişgezek için 65,7 mm, Hozat için 79,7 mm, Mazgirt için 93,2 mm, Pülümür için 68 mm, Ovacık için 105,9 mm, Nazmiye için 94,6 mm, Aşağıgölbahçe için 64,8 mm, Elmakaşı için 65,6 mm, Koçpınar için 64,6 mm ortalama yağış kaydedilmiştir.

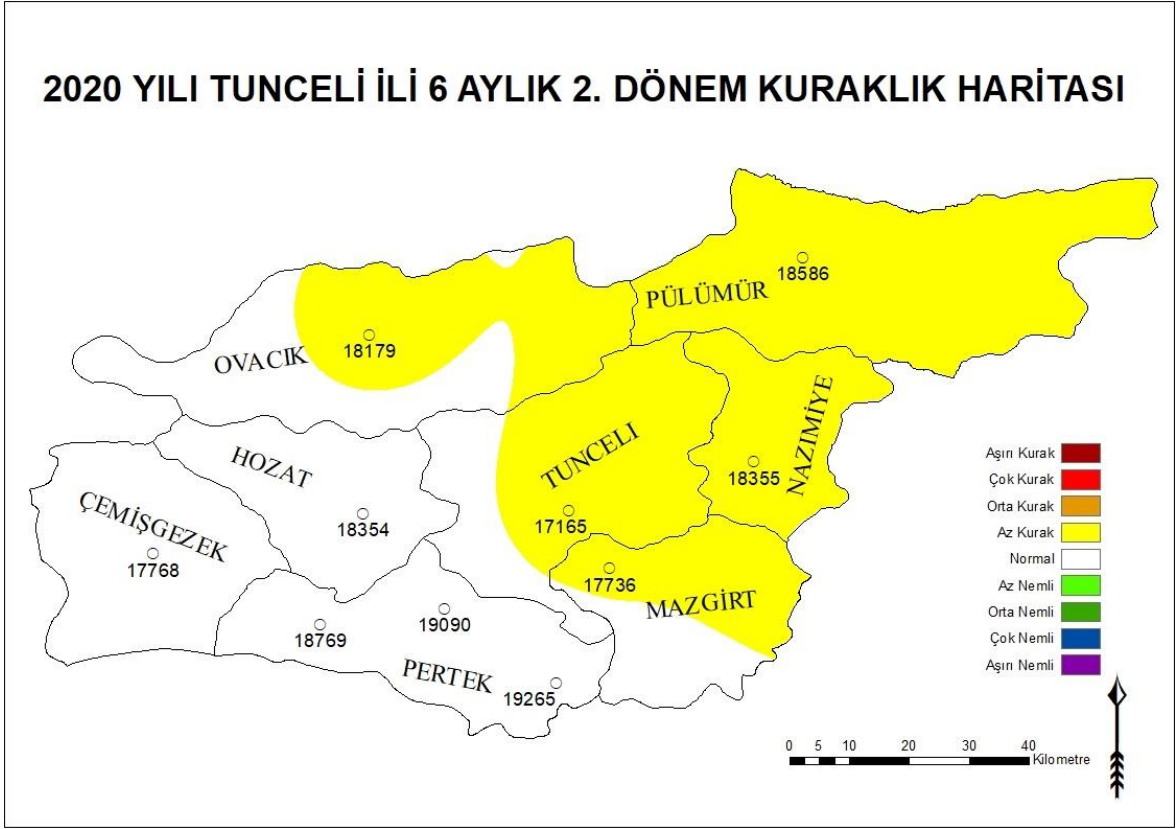
Elde edilen verilerle hazırlanan 2020 yılı Tunceli ili altı aylık birinci dönem haritası Şekil 5.21’de verilmiştir. Haritaya göre Pülümür, Hozat ve Ovacık ilçelerinde az kurak bir dönem yaşanmıştır. Tunceli, Nazmiye, Pertek Elmakaşı köyünde normal dönem yaşanmıştır. Pertek Kocapınar köyünde orta nemli dönem yaşanırken, Mazgirt bölgesinde az nemli dönem yaşanmıştır. Pertek Aşağıgölbahçe köyünde ise orta kurak bir dönem yaşanmıştır.

2020 yılı Tunceli ili Merkez ilçesi 6 aylık ikinci dönem için yağış verisi 17,8 mm, Çemişgezek için 13,9 mm, Hozat için 26,1 mm, Mazgirt için 15,3 mm, Pülümür için 20,3 mm, Ovacık için 18,8 mm, Nazmiye için 29,7 mm, Aşağıgölbahçe için 8,8 mm, Elmakaşı

için 14,7 mm, Koçpınar için 11,5 mm ortalama yağış kaydedilmiştir. Elde edilen verilerle hazırlanan 2020 yılı Tunceli ili altı aylık ikinci dönem haritası Şekil 5.22’de verilmiştir. Haritaya göre şehrin kuzey doğu kesimlerinde az kuraklık gözlemlenirken geri kalanında normal bir yağış dönemi yaşanmıştır.



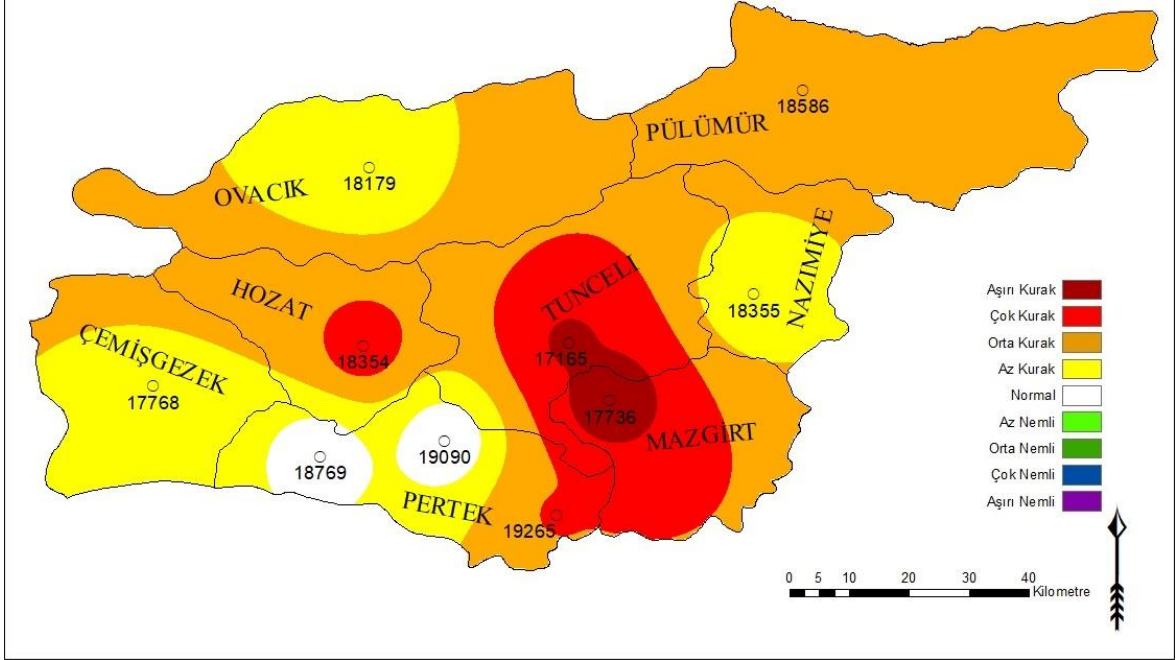
Şekil 5.21. Tunceli ili 2020 yılı altı aylık birinci dönem kuraklık haritası



Şekil 5.22. Tunceli ili 2020 yılı altı aylık ikinci dönem kuraklık haritası

2021 yılı Tunceli ili Merkez ilçesi 6 aylık birinci dönem için yağış verisi 60 mm, Çemişgezek için 38,2 mm, Hozat için 67,9 mm, Mazgirt için 54 mm, Pülümür için 77,2 mm, Ovacık için 117,2 mm, Nazmiye için 79,3 mm, Aşağıgölbahçe için 30,1 mm, Elmakaşı için 43,7 mm, Koçpınar için 26,7 mm ortalama yağış kaydedilmiştir. Elde edilen verilerle hazırlanan 2021 yılı Tunceli ili altı aylık birinci dönem haritası Şekil 5.23’de verilmiştir. Bu dönem şehrin genelinde çeşitli kuraklık seviyeleri görülürken Pertek ilçesinin köylerine kurulan iki adet gözlem noktasından alınan verilerle elde edilen altı aylık kuraklık indekslerine göre normal bir yağış dönemi geçirmiştir. Merkez ve belirli bölgelerinde aşırı kuraklık görülse de kalan kısımlarında çok kurak ve orta kurak dönemler görülmektedir. Pertek ilçesi Koçpınar köyü de çok kurak sınıflandırılmasına girerken çevresi orta kuraklık sınıfındadır. Hozat ilçesi de Pertek ilçesi Koçpınar köyü ile benzerlik göstermektedir. Çemişgezek, Nazmiye ve Ovacık merkezlerinde ise az kuraklık görülürken çevresinde orta kuraklık görülmektedir.

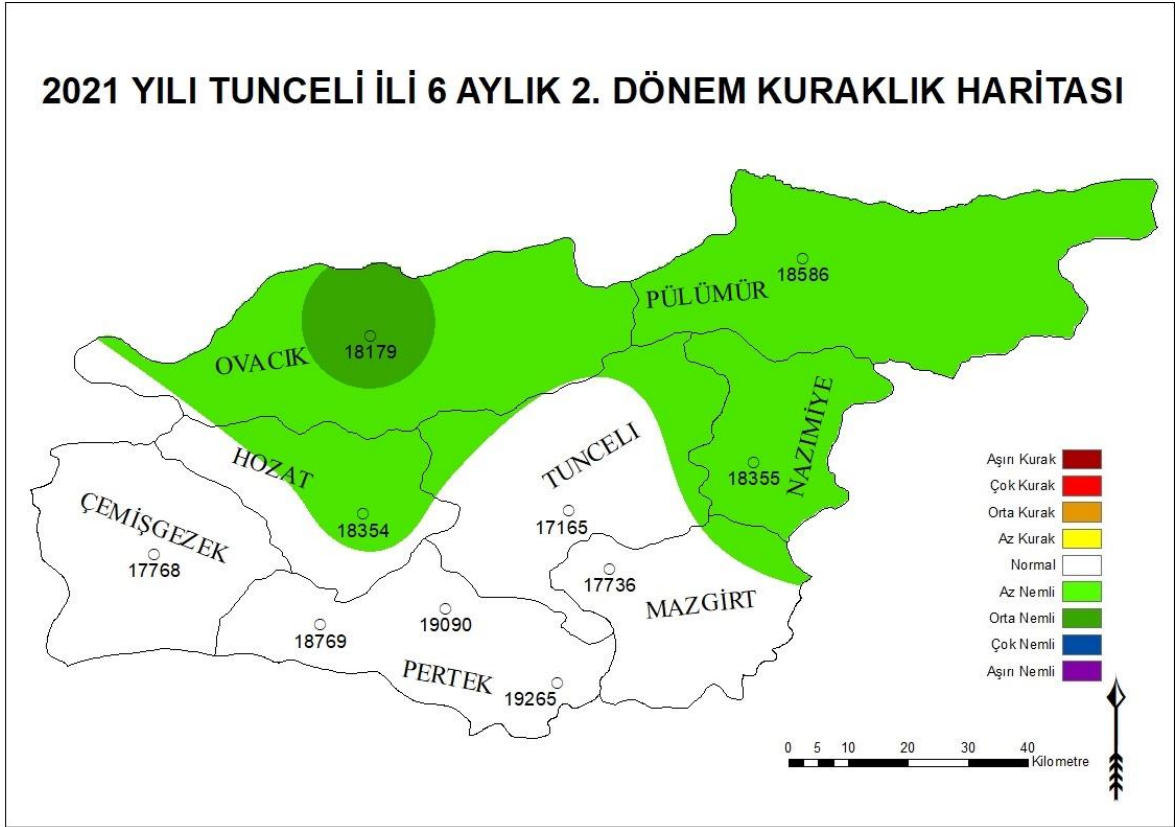
2021 YILI TUNCELİ İLİ 6 AYLIK 1. DÖNEM KURAKLIK HARİTASI



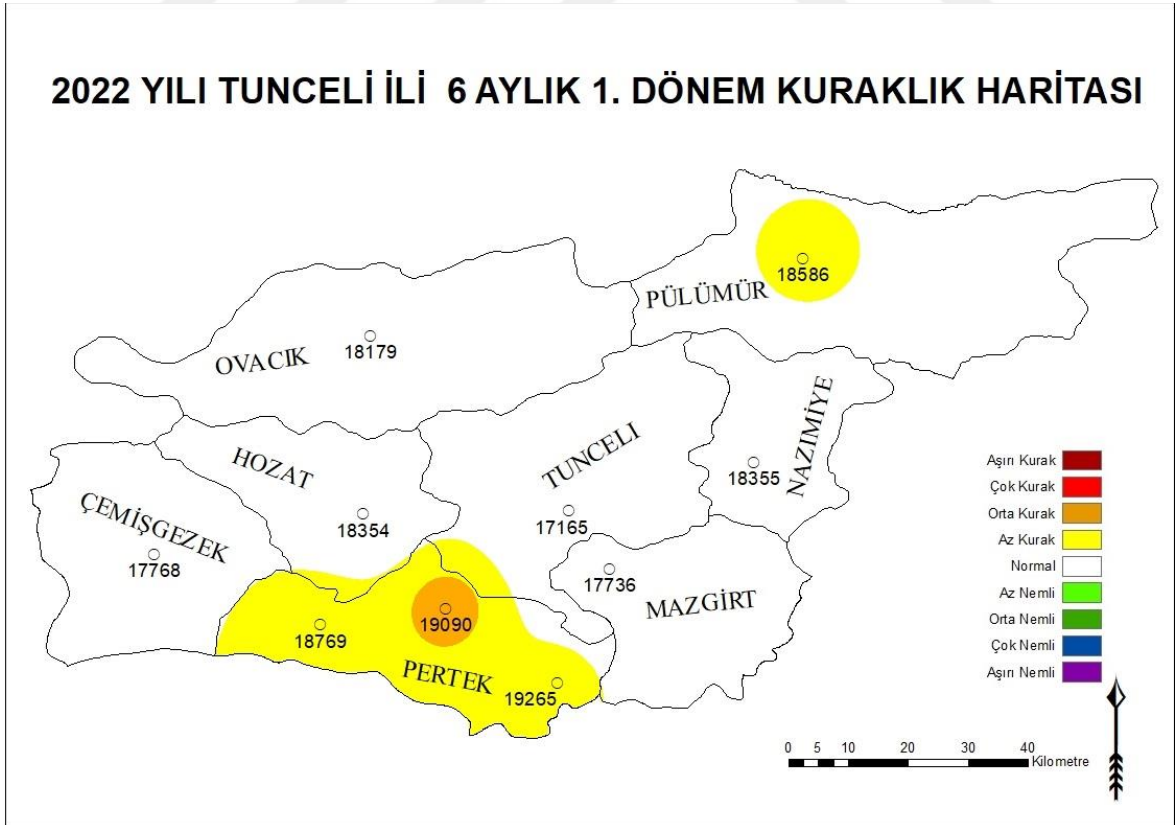
Şekil 5.23. Tunceli ili 2021 yılı altı aylık birinci dönem kuraklık haritası

2021 yılı Tunceli ili Merkez ilçesi 6 aylık ikinci dönem için yağış verisi 34,1 mm, Çemişgezek için 11,8 mm, Hozat için 32,1 mm, Mazgirt için 30,3 mm, Pülümür için 23,1 mm, Ovacık için 39,8 mm, Nazmiye için 38,8 mm, Aşağıgülbahçe için 18,6 mm, Elmakaşı için 27,4 mm, Koçpınar için 18,8 mm ortalama yağış kaydedilmiştir. Elde edilen verilerle hazırlanan 2021 yılı Tunceli ili altı aylık ikinci dönem haritası Şekil 5.24’de verilmiştir. Yılın birinci yarısına göre genellikle kuzey kesimlerinde az nemli, Ovacık bölgesi etrafında orta nemli iken güney taraflarında normal bir yağış dönemi yaşanmıştır.

2022 yılı Tunceli ili Merkez ilçesi 6 aylık birinci dönem için yağış verisi 84,3 mm, Çemişgezek için 41,1 mm, Hozat için 80,6 mm, Mazgirt için 79,7 mm, Pülümür için 58,2 mm, Ovacık için 122 mm, Nazmiye için 110,7 mm, Aşağıgülbahçe için 44,9 mm, Elmakaşı için 71,9 mm, Koçpınar için 32,6 mm ortalama yağış kaydedilmiştir. Elde edilen verilerle hazırlanan 2022 yılı Tunceli ili altı aylık birinci dönem haritası Şekil 5.25’de verilmiştir. Bu dönemdeki genel yağış dönemleri normal geçerken Pülümür, Pertek ilçesinde az kuraklık görülmüştür ancak Pertek ilçesi Elmakaşı köyünde orta kurak dönem yaşamıştır.



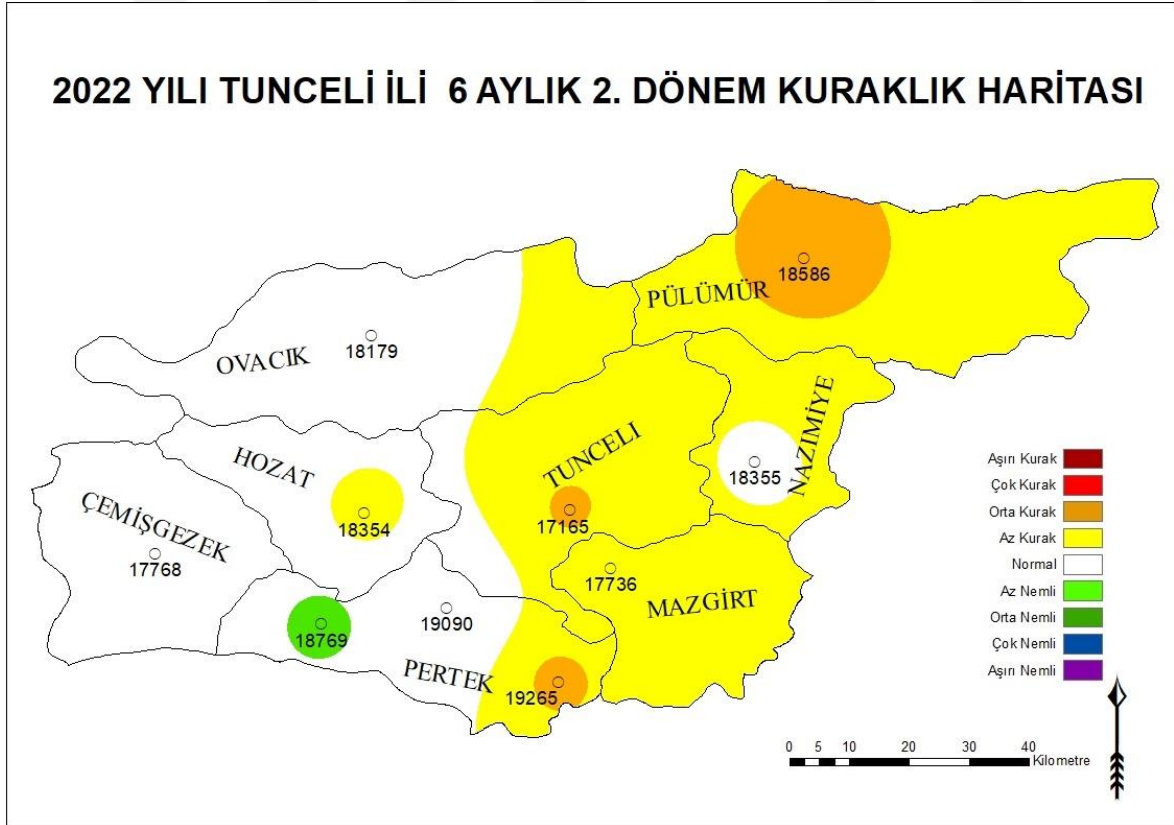
Şekil 5.24. Tunceli ili 2021 yılı altı aylık ikinci dönem kuraklık haritası



Şekil 5.25. Tunceli ili 2022 yılı altı aylık birinci dönem kuraklık haritası

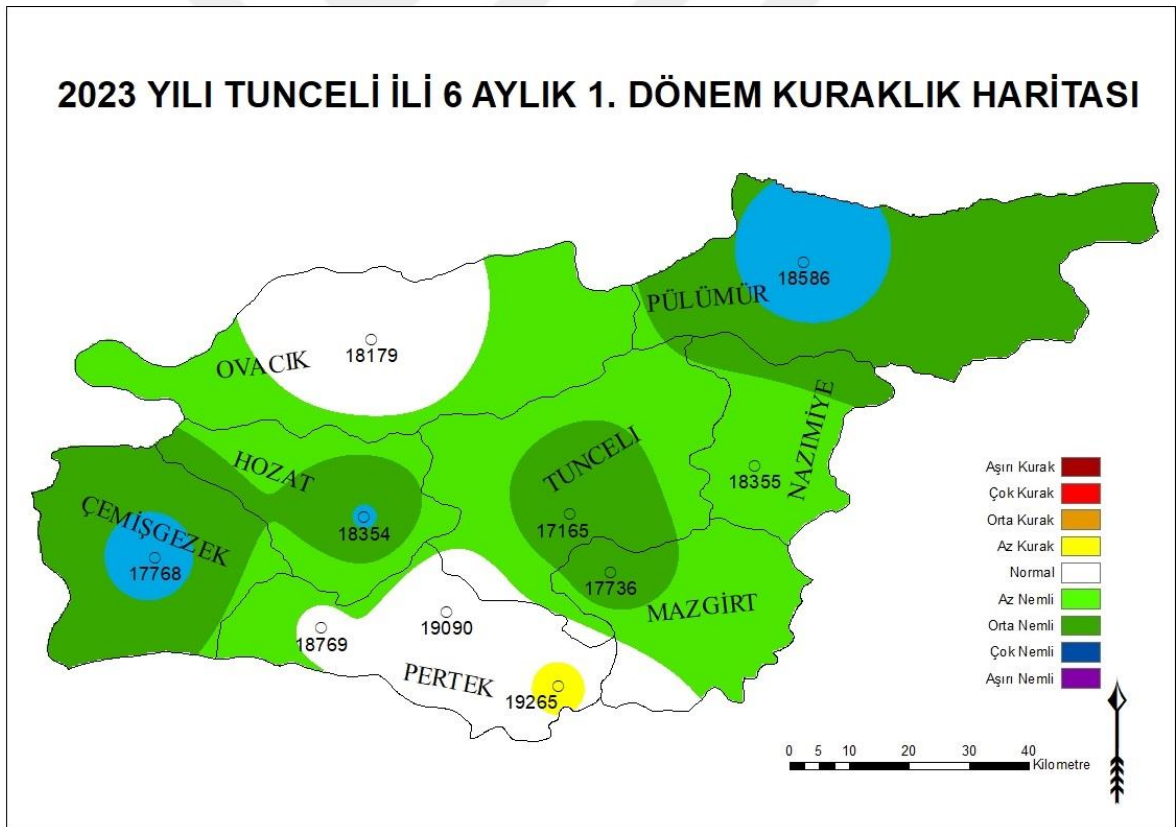
Elde edilen verilerle hazırlanan 2022 yılı Tunceli ili altı aylık ikinci dönem haritası Şekil 5.26’da verilmiştir. Doğu kesimlerinde genellikle az kurak ve orta kurak bölgeler görülse de Nazmiye ilçesi için normal bir dönem yaşanmıştır. Pülümür İlçe, Merkez ilçe ve Pertek ilçesi Koçpınar köyü merkezlerinde orta kuraklık görünmektedir. Batı kesimlerinde normal bir yağış dönemi yaşanmışken, Hozat İlçe merkezinde az kurak, Pertek ilçesi Aşağıgülbahçe köyündeyse orta nemli dönem yaşanmıştır.

2023 yılı Tunceli ili Merkez ilçesi 6 aylık birinci dönem için yağış verisi 100,8 mm, Çemişgezek için 85,2 mm, Hozat için 102,3 mm, Mazgirt için 91,8 mm, Pülümür için 95,5 mm, Ovacık için 136,1 mm, Nazmiye için 130,4 mm, Aşağıgülbahçe için 84,8 mm, Elmakaşı için 96,8 mm, Koçpınar için 30,3 mm ortalama yağış kaydedilmiştir. Elde edilen verilerle hazırlanan 2023 yılı Tunceli ili altı aylık birinci dönem haritası Şekil 5.27’de verilmiştir. Pertek ilçesi Koçpınar köyü az kurak görülürken, Pertek’in geri kalanı ve Ovacık normal bir yağış dönemi geçirmiştir. Bahsi geçen bölgeler haricindeki yerlerse oldukça nemli dönemler geçirmiştir. Çemişgezek, Pülümür ve Hozat merkez çok nemliyken bu bölgelerin çevreleriyle beraber ayrıyeten Tunceli Merkez İlçe ve Mazgirt ilçesi orta nemli dönemler yaşamıştır. Haritanın geri kalanıysa az nemli olarak işaretlenmiştir.

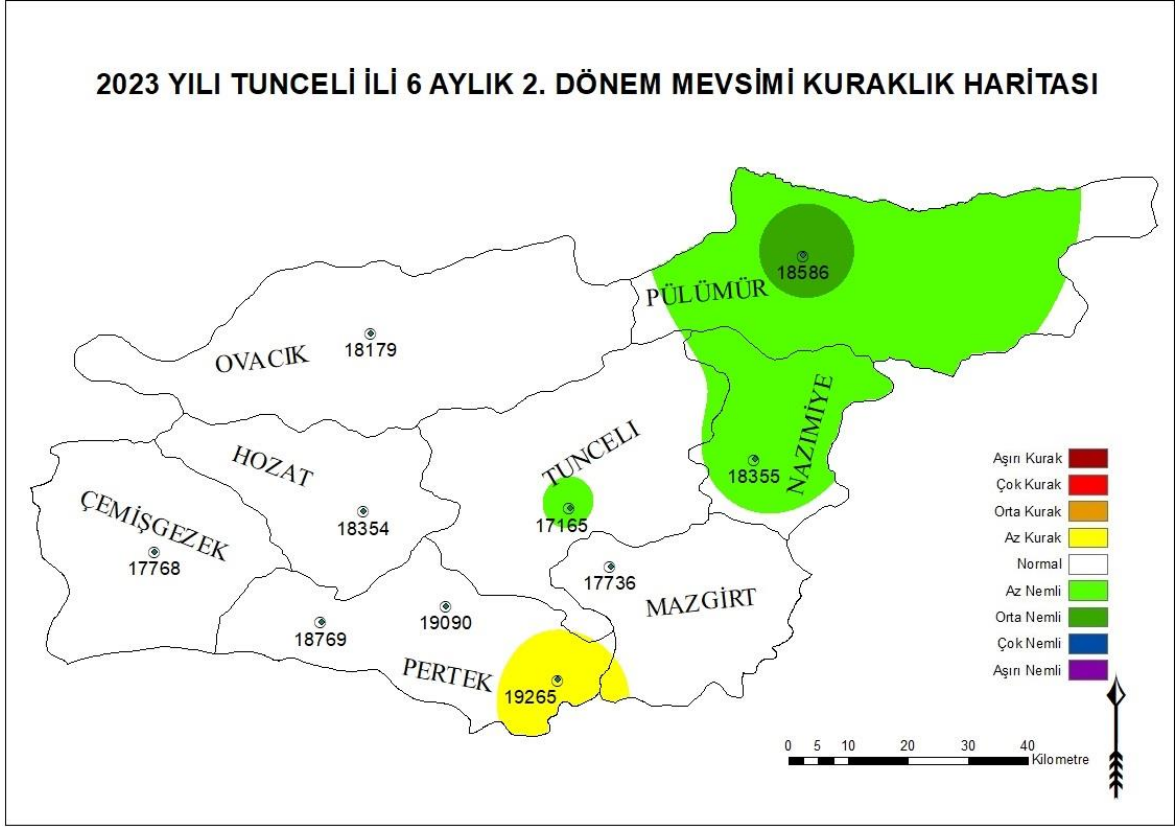


Şekil 5.26. Tunceli ili 2022 yılı altı aylık ikinci dönem kuraklık haritası

Tunceli ilinde 2023 yılı 6 aylık ikinci dönem kuraklık verileri OMGI'den kaydedilen verilere göre farklılık göstermektedir. 2023 yılı Tunceli ili Merkez ilçesi 6 aylık ikinci dönem için yağış verisi 61,4 mm, Çemişgezek için 24,7 mm, Hozat için 41,1 mm, Mazgirt için 32,5 mm, Pülümür için 58,5 mm, Ovacık için 55,9 mm, Nazmiye için 58,5 mm, Aşağıgölbahçe için 26,7 mm, Elmakaşı için 31,9 mm, Koçpınar için 16,1 mm ortalama yağış kaydedilmiştir. Elde edilen verilerle hazırlanan 2023 yılı Tunceli ili altı aylık ikinci dönem haritası Şekil 5.28'de verilmiştir. Pülümür ilçesinin merkezinde orta kurak dönem yaşanırken çevresi, Nazmiye ve Tunceli Merkez ilçesi merkezinde az nemli olarak harita üzerinde işaretlenmiştir. Pertek ilçesi Koçpınar köyü çevresinde az kurak dönemler görülmektedir. Haritanın geri kalanındaysa normal bir yağış dönemi yaşandığı görülmektedir.



Şekil 5.27. Tunceli ili 2023 yılı altı aylık birinci dönem kuraklık haritası



Şekil 5.28. Tunceli ili 2023 yılı altı aylık ikinci dönem kuraklık haritası

5.5. Yıllık Kuraklık Analizi

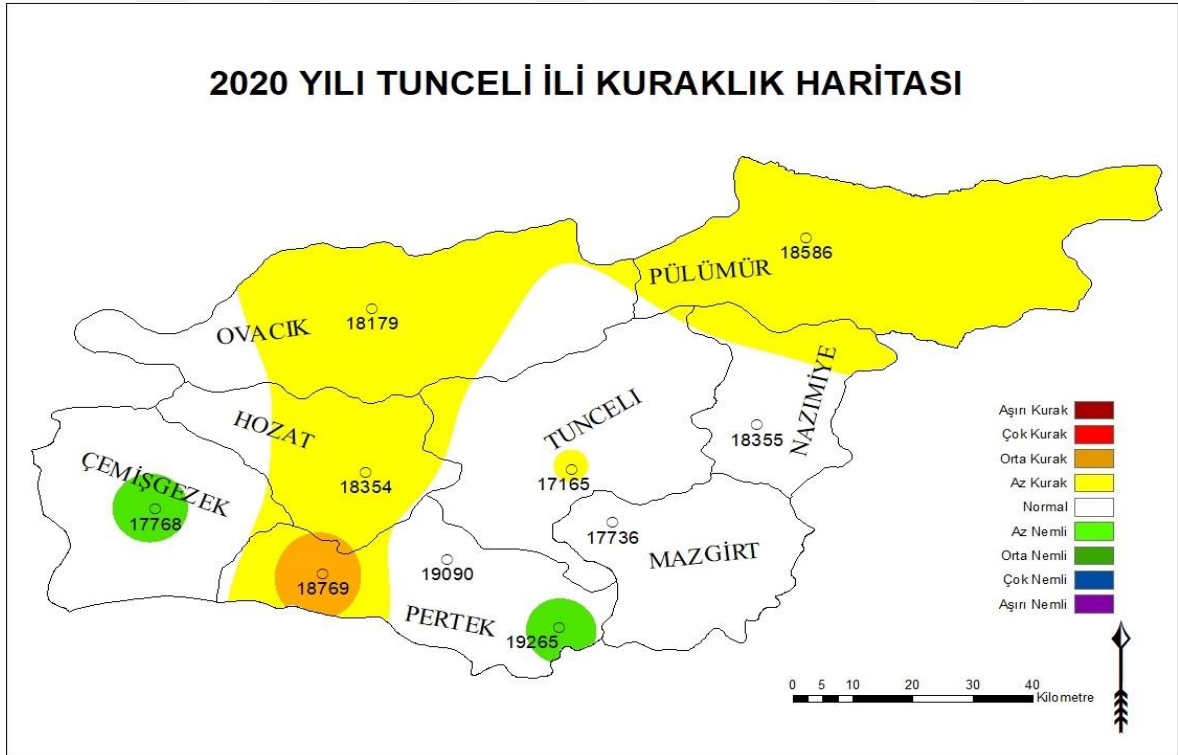
Vahedi ve ark. (2025), İran’da tarımsal üretimde önemli bir rolü olan safran fiyat dinamiklerini araştırmak için basit, olasılığa dayalı ve bir çok zaman ölçeğinde kullanılabilen SYİ’ni tercih etmişlerdir. Yaptıkları bu çalışmada özellikle yıllık kuraklık analiz ölçeğini kullanmışlardır. Kuraklık kategorilerini Tablo 3.1’deki gibi almışlardır (Vahedi ve ark., 2025).

Saada ve Ebu-Romman (2017), Ürdün’ün kuzeybatı dağ bölgesinde bulunan beş yağış istasyonunu kullanarak 12 aylık zaman ölçeğinde SYİ kullanarak analizler gerçekleştirerek çok bölgeli bir model gerçekleştirmişlerdir. Yaptığı bu çalışmada kuraklık sınıflandırmalarını Tablo 3.1. ile aynı almışlardır (Saada ve Ebu-Romman, 2017).

OMGİ’den alınan yağış verilerinin, SYİ metoduyla Dirinc v1.7 programı kullanılarak elde edilen yıllık kuraklık verisi sonuçları ArcGIS programı enterpolasyon yöntemi ile düzenlenip Tablo 3,1’deki kuraklık sınıflarını kategorize etmek amacıyla kullanılan renk düzenine göre biçimlendirilerek aşağıdaki haritalarda sunulmuştur. Bu

haritalar 2020 yılının birinci altıncı ayından itibaren oluşturulmaya başlanmış olup, 2023 yılının ikinci altı aylık dönemine kadar düzenlenmiştir. OMGİ istasyonlarından kaydedilen yıllık yağış ortalaması Tunceli ili Merkez ilçesi için 60 mm, Çemişgezek için 34,9 mm, Hozat için 58,2 mm, Mazgirt için 54,9 mm, Pülümür için 54,3 mm, Ovacık için 78,6 mm, Nazmiye için 71,3 mm, Aşağıgölbahçe için 30 mm, Elmakaşı için 46,7 mm, Koçpınar için 32 mm olarak kaydedilmiştir. Elde edilen verilerle hazırlanan 2020 yılı Tunceli ili yıllık kuraklık haritası Şekil 5.29'da 2020 yılı Tunceli ili yıllık kuraklık haritası görülmektedir.

Tunceli ilinde 2020 yılı yıllık kuraklık verileri OMGİ'den kaydedilen verilere göre farklılık göstermektedir. 2020 yılı Tunceli ili Merkez ilçesi yıllık için 54,1 mm, Çemişgezek için 39,8 mm, Hozat için 52,9 mm, Mazgirt için 54,3 mm, Pülümür için 44,2 mm, Ovacık için 62,3 mm, Nazmiye için 62,2 mm, Aşağıgölbahçe için 36,8 mm, Elmakaşı için 40,1 mm, Koçpınar için 38 mm ortalama yağış gerçekleşmiştir. Bu verilere göre hesaplanan yıllık kuraklık analiz sonuçları Şekil 5.29 da gösterilmiştir. Şekil 5.29'a göre 2020 yılında Çemişgezek ve Koçpınar köyü az nemli bir yıl geçirmiştir. Aşağıgölbahçe köyü orta kurak bir yıl geçirirken Hozat, Ovacık, Pülümür, Tunceli Merkez ilçesi az kurak bir yıl geçirmiştir. Bölgenin geri kalanı normal bir yıl geçirmiştir.

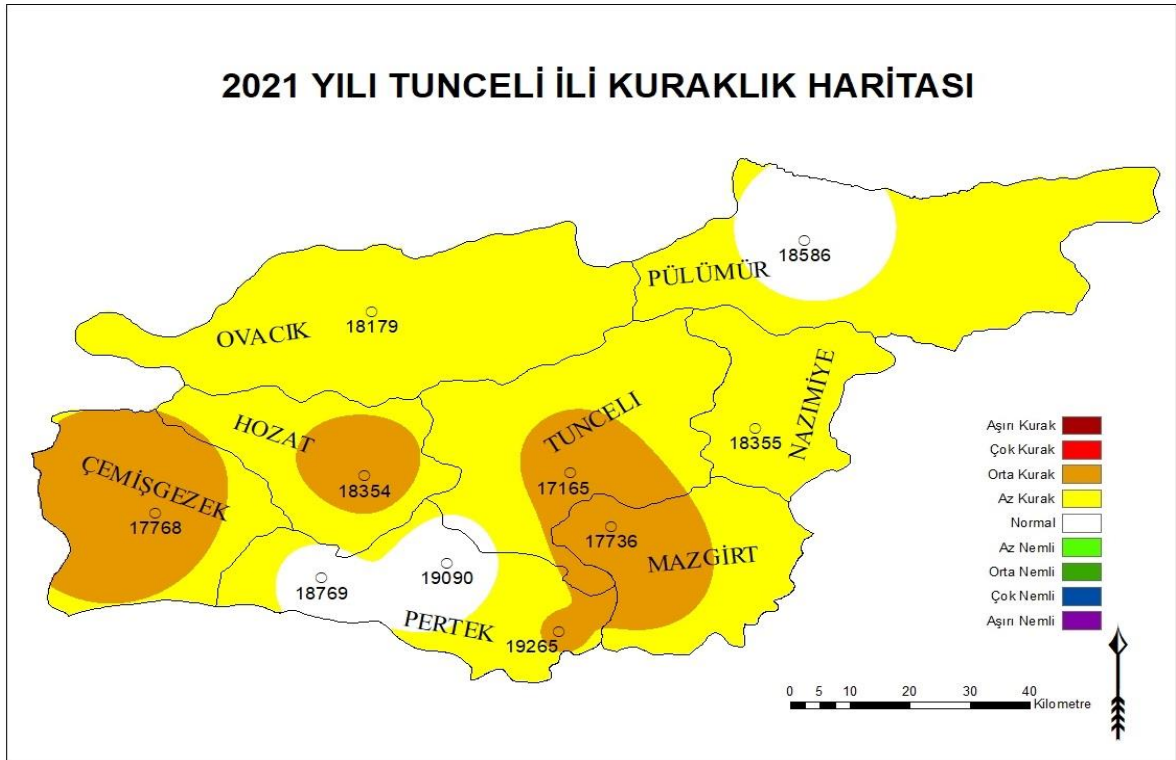


Şekil 5.29. 2020 yılı Tunceli ili yıllık kuraklık haritası

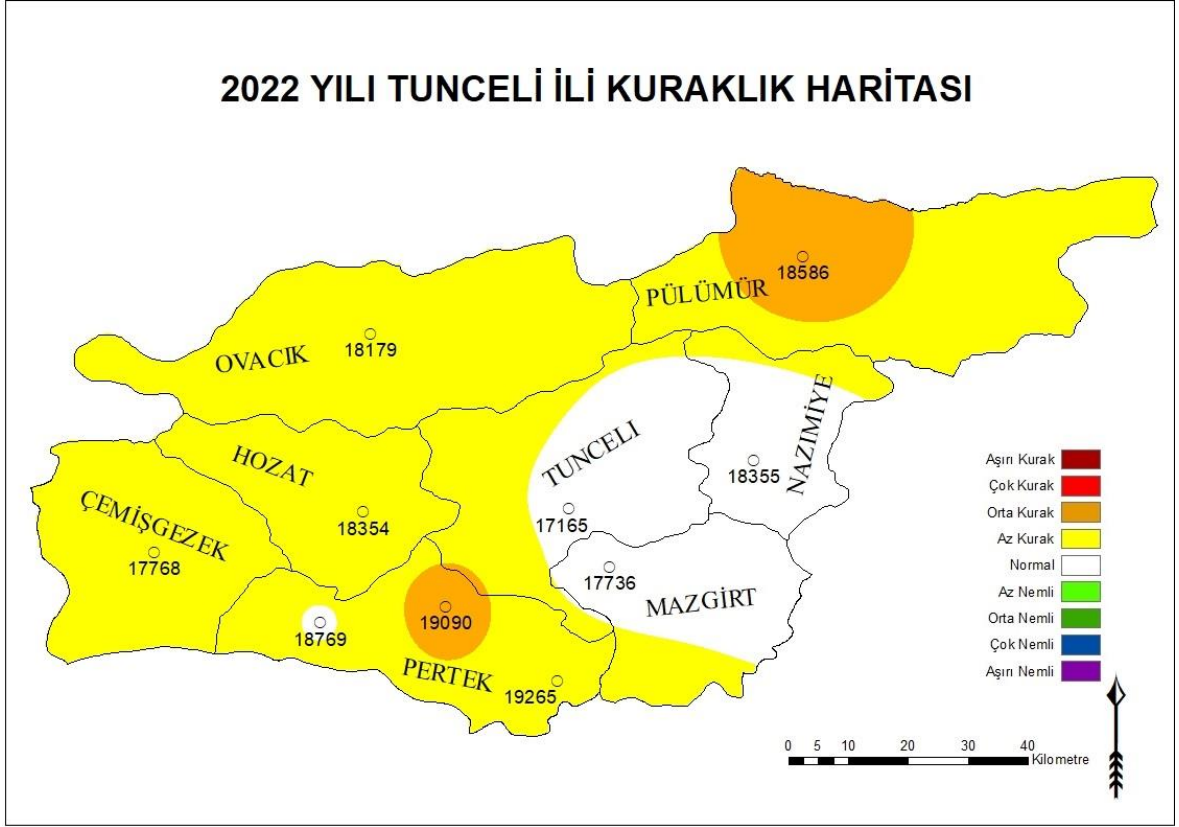
Tunceli ilinde 2021 yılı yıllık kuraklık verileri OMGI'den kaydedilen verilere göre farklılık göstermektedir. 2021 yılı Tunceli ili Merkez ilçesi yıllık için yağış verisi 47 mm, Çemişgezek için 25 mm, Hozat için 50 mm, Mazgirt için 42,2 mm, Pülümür için 50,1 mm, Ovacık için 78,5 mm, Nazmiye için 59 mm, Aşağıgölbahçe için 24,4 mm, Elmakaşı için 35,5 mm, Koçpınar için 22,7 mm yağış kaydedilmiştir. Bu verilere göre hesaplanan yıllık kuraklık analiz sonuçları Şekil 5.30'da gösterilmiştir. Şekil 5.30'a göre Merkez İlçe, Çemişgezek, Hozat, Mazgirt ve Koçpınar köyü orta kurak bir yıl geçirmişken Pertek ilçesinin geriye kalan iki köyü ve Pülümür ilçesi normal bir yıl geçirmiştir. Bölgenin Geri kalanı az kurak bir yıl geçirmiştir.

Şekil 5.31'e göre 2022 yılı Tunceli ili yıllık kuraklık haritası göz önüne alındığında bölgenin doğu kesimleri ve Aşağıgölbahçe köyü normal bir yıl geçirirken Pülümür ve Elmakaşı köyü orta kurak yıl geçirmiştir. Bölgenin geri kalanı az kurak bir yıl geçirmiştir.

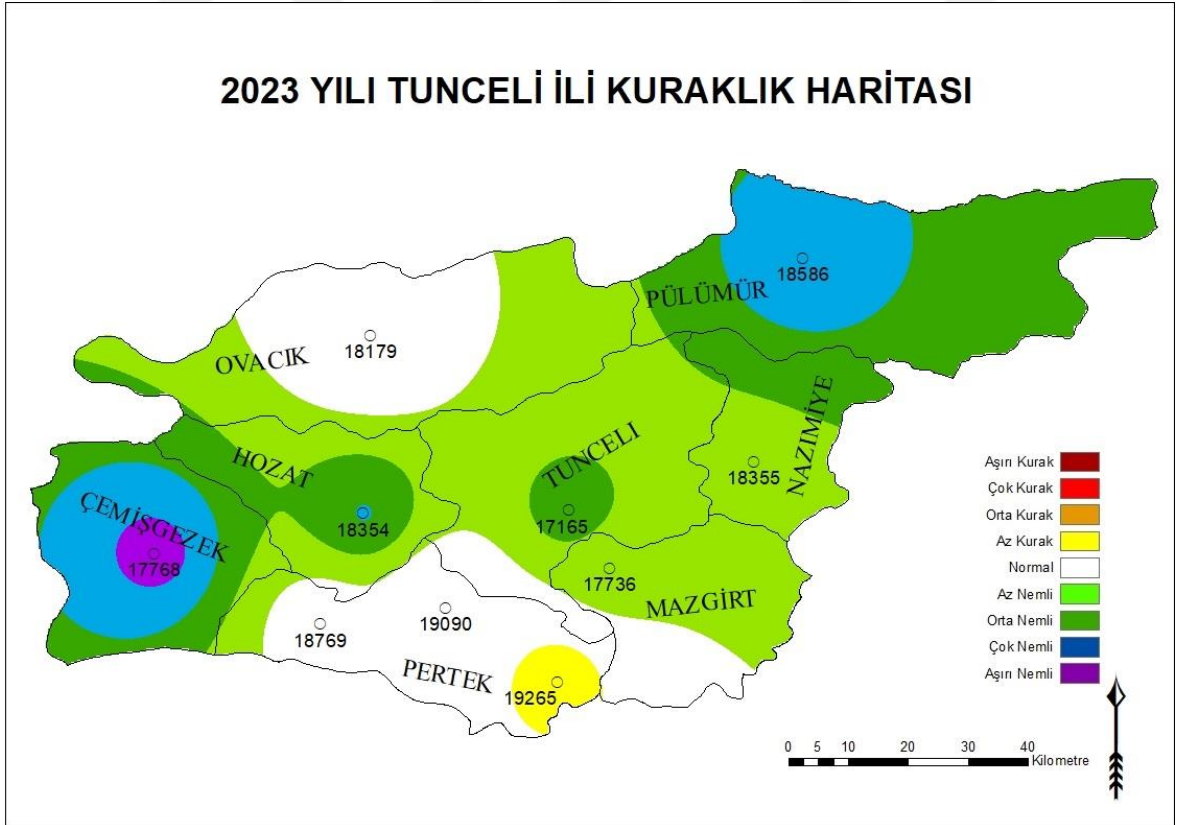
Şekil 5.32'ye göre 2023 yılı Tunceli ili yıllık kuraklık haritası incelendiğinde, Ovacık ve Pertek ilçesinin Aşağıgölbahçe köyünü hariç normal bir yıl geçirmiştir, Aşağıgölbahçe köyü az kurak bir yıl geçirmiştir. Çemişgezek aşırı nemli bir yıl geçirirken Pülümür ve Hozat merkez ise çok nemli bir yıl geçirmiştir. Tunceli Merkez ilçesi orta nemliyken Nazmiye ve Mazgirt İlçe merkezleri az nemli bir dönem geçirmiştir. Şekil 5.33.'de de görüleceği üzere çalışma bölgesi üzerinde farklı nemli dönemler geçirmiştir.



Şekil 5.30. 2021 yılı Tunceli ili yıllık kuraklık haritası



Şekil 5.31. 2022 yılı Tunceli ili yıllık kuraklık haritası



Şekil 5.32. 2023 yılı Tunceli ili yıllık kuraklık haritası

5.6. Yaz Mevsimi Kuraklık Analizi

Prajapati ve ark. (2021)'nın Hindistan'ın Maharashtra'nın Marathwada bölgesinde yaptığı çalışmada 35 yıllık verileri farklı zaman ölçeklerinde değerlendirilmiştir. Meteorolojik kuraklığın değerlendirilmesi için en iyi zaman aralığının yaz aylarını kapsayan haziran, temmuz ve ağustos ayları olduğu belirtilmiştir (Prajapati ve ark., 2021).

2012-2023 yılları arasında OMGI istasyonlarında kaydedilen yaz ayları yağış ortalaması Tunceli ili Merkez ilçesi için 11,9 mm, Çemişgezek için 5,7 mm, Hozat için 9,6 mm, Mazgirt için 4,8 mm, Pülümür için 12,9 mm, Ovacık için 9,9 mm, Nazmiye için 7,6 mm, Aşağıgölbahçe için 5,5 mm, Elmakaşı için 7,9 mm, Koçpınar için 4,1 mm olarak kaydedilmiştir. Yaz aylarında yağış miktarlarının genel olarak düşük olduğu ve büyük dalgalanmaların olmadığı görülmektedir. Yaz dönemi içerisinde yağışın az olması, sulama ihtiyacının artması nedeniyle su kaynaklarının yönetilmesinde dikkatli olunması gerekmektedir. Kurak dönemlerde su kaynaklarının olabildiğince verimli kullanımı ve su stresinin sağlıklı bir şekilde yönetimi verimli bir tarım için hayati öneme sahiptir.

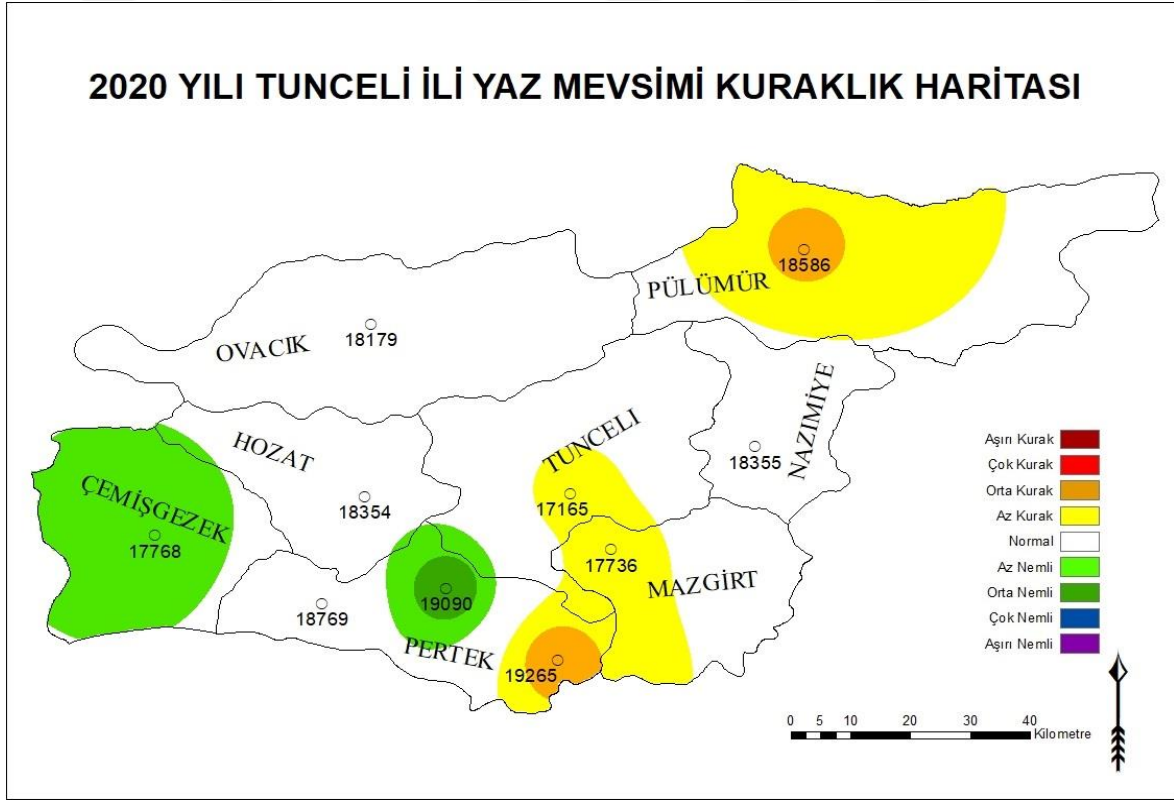
MGM'nden elde edilen veriler sonucunda yer yüzüne düşen yağış miktarının mevsimsel değişkenlere bağlı olduğu anlaşılmaktadır. Tunceli ili fiziki haritası incelendiği zaman büyük ova alanlarının olmayışı ve ilin içinde bulunan dağlık alanların fazlalığı göz önünde tutulduğunda iklimsel geçişlerin geçişgenlik alanlarının pratik açıdan anlamlı veriler ifade edemediği çok kısıtlı alanlarda kalmasından dolayı pratik açıdan da alanı kapsamayacağı görülmektedir.

Ayrıca Tunceli ili için sınırlı su depolama kapasiteleriyle mevcut yağışa doğrudan bağımlılık söz konusudur. Bu tür kısıtlamalar, Tunceli ili için kuraklık koşullarını belirleme çabasıyla SYİ uygulaması için neredeyse ideal bir ortam oluşturmaktadır. Bu nedenle, mevcut yaklaşımda, 2020-2023 yılları arasında ait zaman serileriyle SYİ kullanılarak tasvir edilmiştir. Kuraklık, jeo-istatistiksel yöntemlerle mekânsal olarak görselleştirilmiştir. Bu nedenlerle Tunceli ili için 2020, 2021, 2022 ve 2023 yılları için yaz mevsimi kuraklık haritaları oluşturulmuştur.

2020 yılı Tunceli ili Merkez ilçesi yaz ayları için yağış ortalaması 1,4 mm, Çemişgezek için 6,2 mm, Hozat için 10,5 mm, Mazgirt için 0 mm, Pülümür için 6,4 mm, Ovacık için 9,9 mm, Nazmiye için 13,4 mm, Aşağıgölbahçe için 0,2 mm, Elmakaşı için 1,6 mm, Koçpınar için 0,7 mm yağış kaydedilmiştir. Bu verilere göre hesaplanan yıllık kuraklık analiz sonuçları Şekil 5.33'de gösterilmiştir. Şekil 5.33'de yağışların çoğunun kış

aylarında düştüğü, yazların ise sıcak ve çok kurak olduğu karasal iklim özelliklerinin tipik bir şekilde sergilendiği Tunceli ili için 2020 yılı yaz mevsimi kuraklık haritası görülmektedir. Pertek ilçesinin Aşağıgülbahçe köyü orta kurak bir yaz geçirirken Elmakaşı köyü orta nemli bir yaz geçirmiştir. Pülümür merkezi orta kurak bir yaz geçirirken çevresi az kurak bir mevsim gerçekleşmiştir. Çemişgezek ilçesi de az nemli bir yaz mevsimi geçirmiştir. Aşağıgülbahçe köyünde başlayan kuraklık dalgası Mazgirt ve Tunceli Merkez ilçesinde de görülmektedir.

Şekil 5.34’de 2021 yılı Tunceli ili yaz mevsimi kuraklık haritası ve Şekil 5.35’de ise 2022 yılı Tunceli ili yaz mevsimi kuraklık haritası verilmiştir.

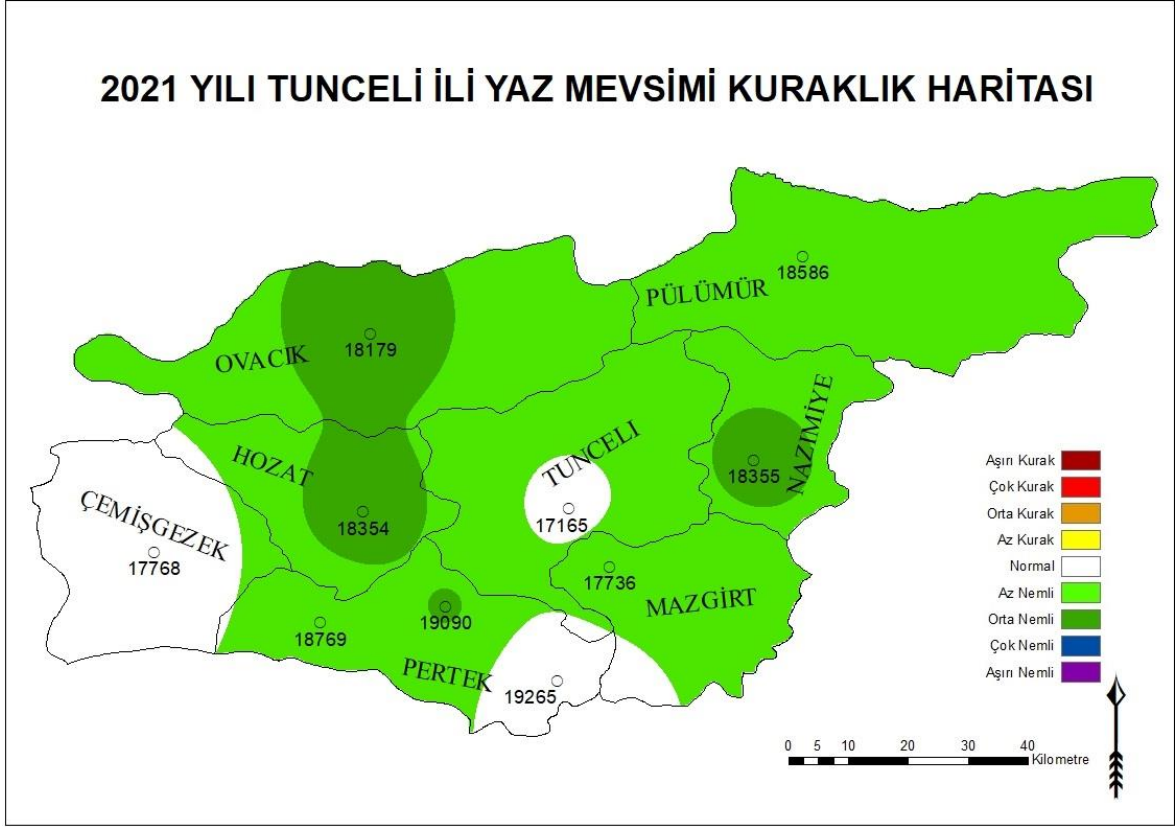


Şekil 5.33. 2020 yılı Tunceli ili yaz mevsimi kuraklık haritası

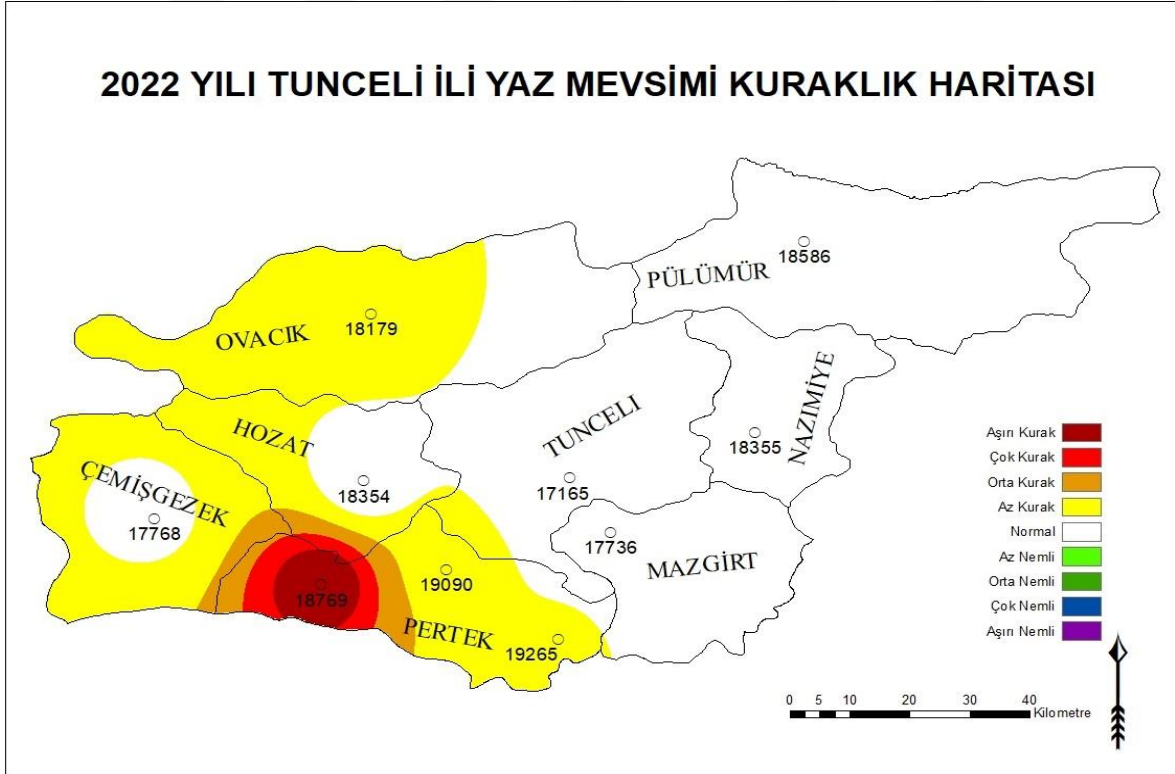
2021 yılı Tunceli ili Merkez ilçesi yaz ayları için yağış ortalaması 9 mm, Çemişgezek için 2,9 mm, Hozat için 12,1 mm, Mazgirt için 5,8 mm, Pülümür için 8,8 mm, Ovacık için 21,1 mm, Nazmiye için 15,7 mm, Aşağıgölbahçe için 5,5 mm, Elmakaşı için 8,4 mm, Koçpınar için 2,9 mm yağış kaydedilmiştir. Bu verilere göre hesaplanan yıllık kuraklık analiz sonuçları Şekil 5.34 da gösterilmiştir. Şekil 5.34’de de görülebileceği gibi 2021 yılı Tunceli ili için oldukça nemli bir yaz olmuştur. Nazmiye, Ovacık, Hozat ve Elmakaşı köyü orta nemli bir yaz geçirirken, Tunceli Merkez ilçesi, Aşağıgölbahçe köyü ve Çemişgezek ilçesi normal bir yaz geçirmiştir. Çalışma bölgesinin geri kalan kısımlarıysa az nemli bir yaz geçirmiştir.

2022 yılı Tunceli ili Merkez ilçesi yaz ayları için yağış ortalaması 5,1 mm, Çemişgezek için 2 mm, Hozat için 15,3 mm, Mazgirt için 6,1 mm, Pülümür için 18,8 mm, Ovacık için 7,2 mm, Nazmiye için 21,7 mm, Aşağıgölbahçe için 7 mm, Elmakaşı için 6,2 mm, Koçpınar için 3,4 mm yağış kaydedilmiştir. Bu verilere göre hesaplanan yıllık kuraklık analiz sonuçları Şekil 5.35’de gösterilmiştir. Şekil 5.35’de görüleceği gibi, 2022 yılı Tunceli ili için batı kesimleri daha kurak bir yaz mevsimi geçirmiştir, doğu kesimlerine göre. Özellikle Aşağıgölbahçe köyü aşırı kurak bir yaz mevsimi geçirirken çevresi de bundan oldukça etkilenmiştir. Batı bölgesindeki kuraklığa rağmen Çemişgezek ve Hozat ilçeleri daha normal bir yaz geçirmiştir.

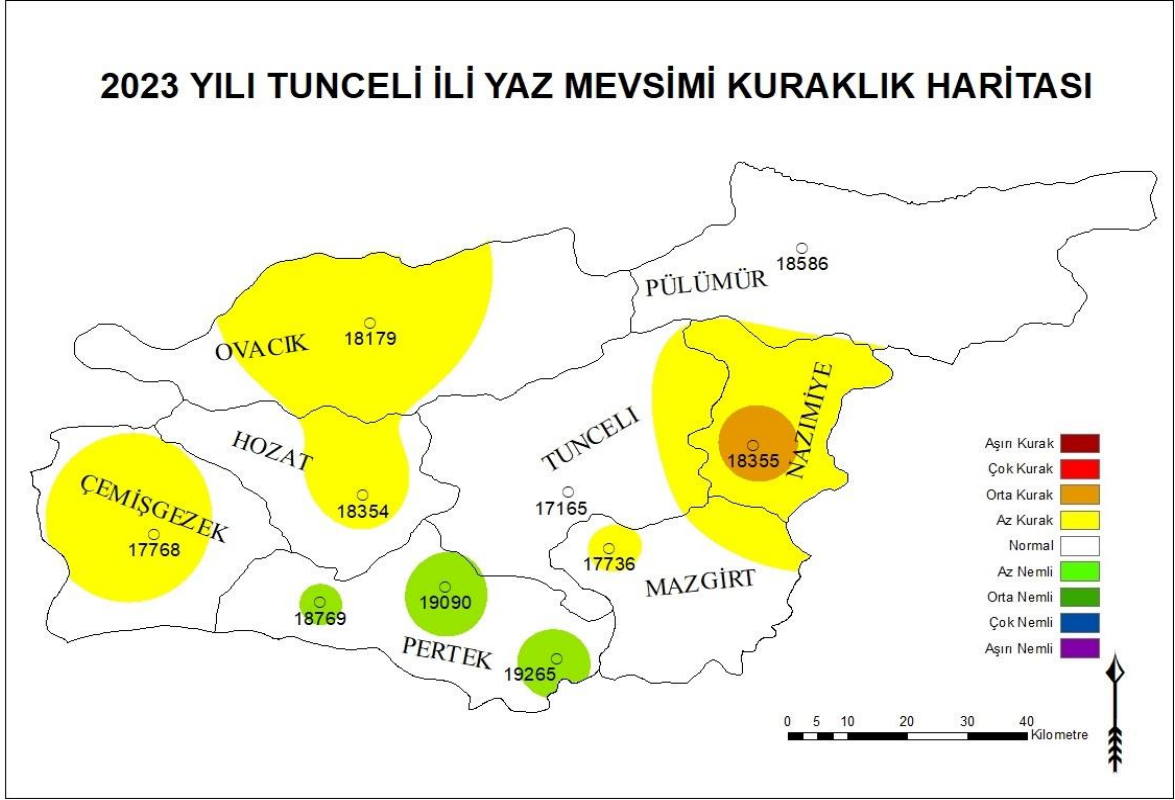
Çelik ve arkadaşlarının 2018’de yapmış oldukları çalışmada Standart Yağış İndisi analizi bulgularına göre 1967-2017 yılları arasındaki son 50 yıllık dönem içerisinde Elazığ, Malatya, Tunceli, Van ve Kars illerinde belli dönemler daha belirgin olmakla beraber genel bir kuraklık eğilimi tespit edilmiştir denilmektedir. Yapılan bu çalışma da da 2020-2023 yılları arasında bu trendin devam ettiğini göstermektedir (Çelik ve ark., 2018).



Şekil 5.34. 2021 yılı Tunceli ili yaz mevsimi kuraklık haritası



Şekil 5.35. 2022 yılı Tunceli ili yaz mevsimi kuraklık haritası



Şekil 5.36. 2023 yılı Tunceli ili yaz mevsimi kuraklık haritası

2023 yılı Tunceli ili Merkez ilçesi yaz ayları için yağış ortalaması 15,4 mm, Çemişgezek için 5,7 mm, Hozat için 6,6 mm, Mazgirt için 1,2 mm, Pülümür için 21,4 mm, Ovacık için 11,4 mm, Nazmiye için 7,6 mm, Aşağıgölbahçe için 4,6 mm, Elmakaşı için 11,8 mm, Koçpınar için 4,2 mm yağış kaydedilmiştir. Bu verilere göre hesaplanan yıllık kuraklık analiz sonuçları Şekil 5.36'da gösterilmiştir. Şekil 5.36'da 2023 yılı Tunceli ili yaz mevsimi kuraklık haritası görülmektedir. Nazmiye ilçesi orta kurak bir yaz mevsimi geçirirken Ovacık, Hozat, Çemişgezek ve Mazgirt ilçeleri az kurak bir yaz mevsimi geçirmiştir. Pertek'te bulunan 3 ölçüm noktasının çevresinde az nemli bir yaz mevsimi yaşanırken bahsi geçen bölgeler haricinde çalışma Tunceli daha normal bir yaz mevsimi geçirmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, Tunceli ilinde kuraklık eğilimlerinin belirlenmesi amacıyla 2012–2023 yılları arasında toplanan aylık yağış verileri kullanılarak Standart Yağış İndisi yöntemiyle detaylı analizler gerçekleştirilmiştir. Türkiye’nin Doğu Anadolu Bölgesi’nde yer alan ve karasal iklim özelliklerinin belirgin olarak hissedildiği Tunceli ili, coğrafi, topografik ve iklimsel çeşitliliği nedeniyle kuraklık açısından hassas bir bölge olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda, yapılan analizlerle yalnızca meteorolojik kuraklığın zamansal ve mekânsal dağılımı belirlenmekle kalmamış; aynı zamanda elde edilen bulguların tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik etkileri üzerine de çıkarımlarda bulunulmuştur.

Tunceli iline ait meteoroloji istasyonlarından elde edilen yağış verileri, DrinC yazılımı ile SYİ değerlerine dönüştürülmüş ve bu değerler, aylık, üç aylık, altı aylık, yıllık ve yaz mevsimi ölçeklerinde analiz edilmiştir. Analiz sonuçları, il genelinde yağışların özellikle kış ve ilkbahar aylarında yoğunlaştığını, yaz aylarında ise ciddi biçimde azaldığını ortaya koymuştur. Bu mevsimsel dengesizlik, yalnızca meteorolojik açıdan değil, tarım ve hayvancılık faaliyetleri açısından da ciddi tehditler oluşturmaktadır. Özellikle temmuz ve ağustos ayları, istasyonların büyük çoğunluğunda en kurak dönemler olarak öne çıkmakta, bu da yaz aylarında artan su ihtiyacına karşılık yeterli su kaynağının bulunamamasına yol açmaktadır.

SYİ değerleri ışığında yapılan değerlendirmeler, Tunceli Merkez, Mazgirt ve Hozat ilçelerinde zaman zaman “aşırı kurak” sınıfına giren ayların yaşandığını göstermiştir. Bu durum, yağış rejiminin yıllar içerisinde düzensizleştiğini ve iklimsel oynaklıkların arttığını göstermektedir. Buna karşılık, Çemişgezek, Ovacık ve Pertek ilçelerinde bazı yıllarda “çok nemli” ve “aşırı nemli” sınıfa giren ayların yaşandığı tespit edilmiştir. Bu karşıtlık, Tunceli’nin mikroklimatik yapısının farklılık gösterdiğini, aynı yıl içinde il genelinde kuraklık ve nemliliğin eş zamanlı yaşanabildiğini ortaya koymaktadır.

Uzun dönemli yağış eğilimlerine bakıldığında, 2015 sonrası dönemde özellikle kış ve bahar yağışlarında azalma eğilimi dikkat çekmektedir. 2023 yılında kaydedilen SYİ değerleri, bazı istasyonlarda uzun süredir görülmeyen düzeyde kuraklık yaşandığını göstermektedir. Bu durum, bölgenin iklim değişikliğine karşı kırılganlığını artırmakta ve önümüzdeki yıllarda kuraklıkla mücadele açısından daha ciddi önlemler alınması gerektiğine işaret etmektedir. Aynı zamanda, bu veriler geçmiş yıllardaki çalışmalarla da

paralellik göstermekte olup, örneğin Esen (2022) tarafından yürütülen çalışmada Tunceli’de hem sıcaklık artışları hem de yağış azalmaları tespit edilmiş ve bu durumun gelecekte kuraklık riskini artıracığı öngörülmüştür.

Bölgenin yer altı ve yer üstü su kaynaklarının büyük oranda yüzey akışlarına ve kış yağışlarına bağlı olması nedeniyle, bu dönemde yaşanan yağış eksiklikleri doğrudan su kaynaklarının azalmasına yol açmaktadır. Özellikle Munzur, Pülümür ve Peri çaylarının debilerinde yaşanan azalma, sadece tarımsal üretimi değil, aynı zamanda içme suyu kaynaklarını ve hidroelektrik enerji üretimini de etkilemektedir. Tarım sektörünün ağırlıklı olarak mera hayvancılığına dayalı olduğu Tunceli’de, kuraklık; yem üretimini, hayvan sağlığını ve ürün kalitesini doğrudan etkilemektedir. Bu durum, hem yerel halkın geçim kaynakları hem de kırsal kalkınma açısından kritik bir tehdit unsurudur.

Ekolojik açıdan bakıldığında, Tunceli birçok endemik bitki ve hayvan türüne ev sahipliği yapan zengin bir ekosistem yapısına sahiptir. Uzun süreli kuraklıkların orman yangınları riskini artırması, doğal habitatlarda daralmaya yol açması ve suya bağımlı türlerin yaşam alanlarını tehdit etmesi bu çeşitliliği riske atmaktadır. Kuraklık kaynaklı bu ekolojik stres, aynı zamanda toprağın yapısal bütünlüğünü bozmakta, erozyon riskini artırmakta ve biyoçeşitliliği tehdit etmektedir. IPCC’nin 6. Değerlendirme Raporu’nda da belirtildiği üzere, kuraklıkların sadece doğal sistemler üzerinde değil, insan toplulukları üzerinde de uzun vadeli zincirleme etkiler yaratabileceği vurgulanmaktadır.

Tüm bu bulgular ışığında, Tunceli ilinde kuraklık riskine karşı daha sistemli bir mücadele yürütülmesi gerektiği açıktır. Bu mücadele, yalnızca kısa vadeli çözümlerle sınırlı kalmamalı; uzun vadeli iklim adaptasyon stratejileri ile desteklenmelidir. Erken uyarı sistemlerinin yaygınlaştırılması, yerel yönetimlerin iklim değişikliğiyle mücadele politikalarını hayata geçirmesi, tarımsal faaliyetlerde kuraklığa dayanıklı ürünlerin teşvik edilmesi ve su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı bu noktada öncelikli eylem alanlarıdır.

Sonuç olarak, bu çalışma ile Tunceli ilinde yaşanan kuraklık olaylarının sistematik bir şekilde belgelenmesi sağlanmış ve mevcut durumun yanı sıra gelecek için de önemli öngörülerde bulunulmuştur. Kuraklığın yalnızca meteorolojik bir olgu olmadığı, aynı zamanda ekolojik, ekonomik ve sosyal boyutlara sahip çok yönlü bir kriz olduğu bir kez daha ortaya konulmuştur. Bu nedenle, Tunceli özelinde geliştirilecek politikaların, disiplinler arası bir yaklaşımla, bilimsel verilere dayalı olarak ve yerel dinamikler göz önünde bulundurularak şekillendirilmesi gerekmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Abu Hajar, H., A., Murad, Y., Z., Shatanawi, K., M., Al-Smadi, B., M., Abu Hajar, Y., A.,** 2019. Drought assessment and monitoring in Jordan using the standardized precipitation index. *Arabian Journal of Geosciences*, Volume 12, article number 417.
- Bera, B., Shit, P., K., Sengupta, N., Saha, S., Bhattacharjee, S.,** 2021. Trends and variability of drought in the extended part of Chhota Nagpur plateau (Singbhum Protocontinent), India applying SPI and SPEI indices. *Environmental Challenges*, Volume 5, December 2021, 100310.
- Bonaccorso, B., Bordi, I., Cancelliere, A., Rossi, G., Sutera, A.,** 2003. Spatial Variability of Drought: An Analysis of the SPI in Sicily, *Water Resources Management*, 17, 273-296.
- Bonaccorso, B., Cancelliere, A., Rossi, A.,** 2015. Probabilistic forecasting of drought class transitions in Sicily (Italy) using Standardized Precipitation Index and North Atlantic Oscillation Index. *Journal of Hydrology*, Volume 526, July 2015, Pages 136-150
- Cebeci, İ., Demirkıran, O., Doğan, O. Sezer, K. K., Öztürk, Ö., Elebaşı, F.,** 2019. Türkiye'nin iller bazında kuraklık değerlendirmesi. *Toprak Su Dergisi*, 169-176.
- Çelik, M., A., Kopar, İ., Bayram, H.,** 2018. Doğu Anadolu Bölgesi'nin Mevsimlik Kuraklık Analizi. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Eylül 2018 22(3): 1741-1761.
- Da Silva, A. S. A., Stosic, T., Arsenić, I., Menezes, R. S. C., Stosic B.,** 2023. Multifractal analysis of standardized precipitation index in Northeast Brazil. *Chaos Solitons & Fractals*, Volume 172, July 2023, 113600.
- Esen, F.,** 2022. Tunceli iklim parametrelerine ait zaman serilerinin farklı istatistiksel analiz yöntemleriyle değerlendirilmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (81), 7-22.
- Feng, K., Wang, Y., Li, Y., Wang, F., Altb, X., Zhang, Z., Wu, H., Zhang, G., Li, Y., Wang, X.,** 2024. Three-dimensional perspective on the characterization of the spatiotemporal propagation from meteorological to agricultural drought. *Agricultural and Forest Meteorology*, Volume 353, 15 June 2024, 110048.
- Ge, C., Sun, P., Yao, R., Wang, Y., Chen, W., Bian, Y., Zhang, Q.,** 2024. Characteristics of propagation from meteorological drought to ecological drought in China: Lag and cumulative effects. *Atmospheric Research*, Volume 304, July 2024, 107405.
- Geng, X., Lei, X., Song, X., Zhang, J., Liu, W.,** 2025. Impact of human activities on the propagation dynamics from meteorological to hydrological drought in the

Nenjiang River Basin, Northeast China, *Journal of Hydrology: Regional Studies*, Volume 58, pp. 1-20.

- Guttman, N., B.,** 1999. Accepting The Standardized Precipitation Index: A Calculation Algorithm. *Journal of the American Water Resources Association*, 35(2), 311-322.
- Gümüş, V.,** 2023. Evaluating the effect of the SPI and SPEI methods on drought monitoring over Turkey. *Journal of Hydrology*, Volume 626, Part B, November 2023, 130386.
- He, Y., Ye, J., Yang, X.,** 2015. Analysis of the spatio-temporal patterns of dry and wet conditions in the Huai River Basin using the standardized precipitation index. *Atmospheric Research*, Volume 166, 1 December 2015, Pages 120-128.
- Huang, K., Wu, J., Fu, Z., Du, J.,** 2024. Comparative analysis of drought indices in the tropical zones of China. *Science of The Total Environment*, Volume 947, 15 October 2024, 174530.
- Jeong, M., -S., Park, S., -Y., Kim, Y., -J., Yoon, H., Lee, J., H.,** 2024. Identification of propagation characteristics from meteorological drought to hydrological drought using daily drought indices and lagged correlations analysis. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, Volume 55, October 2024, 101939.
- Jiang, J., Zhou, T.,** 2023. Agricultural drought over water-scarce Central Asia aggravated by internal climate variability. *Nat. Geosci.*, 16, pp. 154-161,
- Karavitis, C., A., Alexandris, S., Tsesmelis, D., E., Athanasopoulos, G.,** 2011. Application of the Standardized Precipitation Index (SPI) in Greece. *Water* 2011, 3, 787-805.
- Katipoğlu, O., M., Ertugay, N., Elshaboury, N., Aktürk, G., Kartal, V., Pande, C., B.,** 2024. A novel metaheuristic optimization and soft computing techniques for improved hydrological drought forecasting. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, Volume 135, October 2024, 103646.
- Kumar, V., Chu, H.,** 2024. Seasonal drought severity identification using a modified multivariate index: a case study of Indo-Gangetic Plains in India. *Journal of Hydrology*, Volume 629, February 2024, 130632.
- Ladouali, S., Katipoğlu, O. M., Bahrami, M., Kartal, V., Sakaa, B., Elshaboury, N., Keblouti, M., Chaffai, H., Ali, S., Pande, C. B., Elbeltagi, A.,** 2024. Short lead time standard precipitation index forecasting: Extreme learning machine and variational mode decomposition. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, V: 54,
- Lan, X., Liu, Z., Ge, Y., Yan, Y., She, Z., Cheng, L., Chen, X.,** 2024. Semi-arid rather than arid regions of China deserve the priority in drought mitigation efforts. *Journal of Hydrology*, Volume 641, September 2024, 131791.

- Le, T. V., Liou, Y. A., Nguyen, K. A., 2024.** Revealing the intricate relationship: Droughts and typhoons in Taiwan using the Standardized Precipitation Index. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, Volume 55, pp. 1-15.
- Le, T., Liou, Y., Nguyen, K., 2024.** Revealing the intricate relationship: Droughts and typhoons in Taiwan using the Standardized Precipitation Index (SPI). *Journal of Hydrology: Regional Studies*, Volume 55, October 2024, 101917.
- Le, T-V., Liou Y-A., Nguyen, K-A., 2024.** Revealing the intricate relationship: Droughts and typhoons in Taiwan using the Standardized Precipitation Index (SPI). *Journal of Hydrology: Regional Studies* Volume 55, October 2024, 101917.
- Lei, J., Li, C., Yang, W., Yang, X., Xing, X., Feng, X., 2024.** Assessment of ecological drought vulnerability of the Qinghai-Tibet Plateau from 2003 to 2022 based on multi-source data, *Catena*, v: 247, p. 1-15.
- Liu, W., Sun, F., Lim, W., Zhang, J., Wang, H., Shiogama, H., Zhang Y., 2018.** Global drought and severe drought-affected population in 1.5 and 2 °C warmer worlds, *Earth Syst. Dyn.*, 9, pp. 267-283,
- Liu, X., Liu, W., Yang, H., Tang, Q., Flörke, M., Masaki, Y., Schmied, H.M., Ostberg, S., Pokhrel, Y., Satoh, Y., Wada Y., 2019.** Multimodel assessments of human and climate impacts on mean annual streamflow in China, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 23(2019), pp. 1245-1261.
- Lorenzo, M. N., Pereira, H., Alvarez I., Dias J. M., 2024.** Standardized Precipitation Index (SPI) evolution over the Iberian Peninsula during the 21st century. *Atmospheric Research*, 297 (2024) 107132.
- Lukauskienė, D., M., Sharifi, A., Nazarenko, S., Akstinas, V., Haghighi, A., T., Kobets, Y., Kokorite, I., Jurgelėnaitė, A., Hashemi, H., Shahnazi, S., 2025.** Connecting meteorological and hydrological drought in the Baltic Region. *Atmospheric Research*, Volume 322, 15 August 2025, 108138.
- McKee, T., Doesken N., Kleist J., 1993.** The Relationship Of Drought Frequency and Duration To Time Scales, Eighth conference on Applied Climatology, 17-22 Jan 1993, Anaheim, California
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, MGM, 2023,** Kuraklık İzleme Yöntemleri ve Çeşitleri, Kuraklık ve Sınıflandırılması, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx?d=yontemsinif> (14.12.2023)
- Mishra, A.K., Singh V.P., 2010.** A Review of Drought Concepts, *Journal of Hydrology* 391, 202-216
- Mishra, A.K., Singh V.P., 2011.** Drought Modeling, *Journal of Hydrology*, 403, 157-175

- Ng, C., Y., Jaafar, W., Z., Othman, F., Lai, S., H., Mei, Y., Juneng, L.,** 2024. Assessment of Evaporative Demand Drought Index for drought analysis in Peninsular Malaysia. *Science of The Total Environment*, Volume 917, 20 March 2024, 170249.
- Pang, J., Chen, S., Erkekler, B.,** 2024. Causal networks and spatiotemporal patterns of different droughts from the perspective of hydrological cycle - a case study of the Nenjiang River Basin, China. *Ecological Indicators*, Volume 166, September 2024, 112326.
- Pas, W., Bloomfield, J. P., Holman, I.,** 2024. Long-range hydrological drought forecasting using multi-year cycles in the North Atlantic Oscillation. *Journal of Hydrology*, Volume 641, September 2024, 131831.
- Prajapati, V., K., Khanna, M., Singh, M., Kaur, R., Sahoo R., N., Singh, D., K.,** 2021. Evaluation of time scale of meteorological, hydrological and agricultural drought indices. *Natural Hazards*, Volume 109, pages 89–109.
- Rust, W., Bloomfield, J., P., Holman, I.,** 2024. Long-range hydrological drought forecasting using multi-year cycles in the North Atlantic Oscillation. *Journal of Hydrology*, Volume 641, September 2024, 131831.
- Saada, N., Abu-Romman, A.,** 2017. Multi-site Modeling and Simulation of the Standardized Precipitation Index (SPI) in Jordan. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, Volume 14, Pages 83-91.
- Silva, V., S., Silva, J., L., B., Ferreira, M.,B., Sousa, L., B., Montenegro, A., A., A., Isidoro, J., M., G., P., Pandorfi, H., Oliveira-Júnior, J., F., Fernandez, H., M., N., P., V., Granja-Martins, F., M., Jardim, A., M., R., F., Silva, T., G., F., Canata, A., L., C., Bakke, I., A., Silva, T., G., F., Canata, A., L., C., Bakke, I., A., Bakke, O., A., Leite, A., P., Pessoa, M., M., Freire, A., L., O., Gonçalves, R., S., Oliveira, H., F., E.,** 2024. Geostatistical modeling of the rainfall patterns and monthly multiscale characterization of drought in the South Coast of the Northeast Brazilian via Standardized Precipitation Index. *Atmospheric Research*, Volume 311, 1 December 2024, 107668.
- Song, Z., Xia, J., She, D., Zhang, L., Hu, C., Zhao, L.,** 2020. The development of a Nonstationary Standardized Precipitation Index using climate covariates: A case study in the middle and lower reaches of Yangtze River Basin, China. *Journal of Hydrology*, Volume 588, September 2020, 125115.
- Sun, H., Sun, X., Chen, J., Denh, X., Yang, Y., Hui Q., Fulong, C., Zhang, W.,** 2023. Different types of meteorological drought and their impact on agriculture in Central China. *Journal of Hydrology*, Volume 627, Part B, December 2023, 130423.
- Sunusi, N., Auliana, N., H.,** 2025, Assessing SPI and SPEI for drought forecasting through the power law process: A case study in South Sulawesi, Indonesia. *MethodsX*, Volume 14, June 2025, 103235.

- Şener,t E., Davraz.,** 2021. Yağış Tabanlı Farklı İndisler Kullanılarak Meteorolojik Kuraklık Analizi: Isparta Örneği, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12 (Ek Sayı 1), 404-418
- Trenberth, K. E., Dai, A., Schrier, G. V. D., Jones, P. D., Barichivich, J., Briffa, K. R., Sheffield, J.,** 2014. Global warming and changes in drought, *Nat. Clim. Change*, 4 pp. 17-22.
- Türkiye Cumhuriyeti Milli Savunma Bakanlığı Harita Genel Müdürlüğü,** 2023. Tunceli Mülki İdare İl Haritası. Ankara 4-2003. Ölçek 1:230 000.
- Türkiye Cumhuriyeti Milli Savunma Bakanlığı Harita Genel Müdürlüğü,** 2023. Tunceli Fiziki İl Haritası. Ankara 4-2003. Ölçek 1:230 000.
- URL-1,** 2024. <https://www.weather.gov/safety/drought-types#:~:text=Meteorological%20Drought%20is%20based%20on,and%20ground%20water%20table%20decline.Drought%20Types,27%20August%202024>. Drought Types, 27 Ağustos 2024.
- URL-2,** 2023. <https://www.fka.gov.tr/cevre-detayi-108>. Fırat Kalkınma Ajansı, Tunceli Tanıtım. 30 Aralık 2023.
- URL-3,** 2023. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/maksimum-yagislar.aspx>.
- Vahedi, J., Ghahremanzadeh, M., Pishbahar, E., Dashti, G., Samadianfard S.,** 2025. Saffron price dynamics in Iran: Influence of the standardized precipitation index with Copula functions. *Journal of Cleaner Production*, Volume 495.
- Wei, Y., Huang, W., Zhu, S.,** 2025. Characterization of the propagation of two types of meteorological drought events, insufficient precipitation and excessive evaporative demand, into hydrology and agriculture. *Journal of Hydrology*,: 650, p. 1-16.
- Wu, J., Chen, X., Yao, H., Gao, L., Chen, Y., Liu, M.,** 2017. Non-linear relationship of hydrological drought responding to meteorological drought and impact of a large reservoir
- Yang, C., Liu, C., Xing, X., Ma, X.,** 2025. Predicting the risk and trigger thresholds for propagation of meteorological droughts to agricultural droughts in China based on Copula-Bayesian model, *Agricultural Water Management*, 313, 1-14s.
- Yao, N., Li, Y., Liu Q., Zhang S., Chen, X., Ji Y., Liu F., Pulatov A., Feng, P.,** 2022. Response of wheat and maize growth-yields to meteorological and agricultural droughts based on standardized precipitation evapotranspiration indexes and soil moisture deficit indexes. *Agricultural Water Management*, Volume 266, 31 May 2022, 107566.
- Yu, X., Zhang, Q., Zeng, X., Dai, S.,** 2025. The distribution and driving climatic factors of agricultural drought in China: Past and future perspectives. *Journal of Environmental Management*, v: 377, pp. 1-11.

- Zhang, X., Wu, Z., Wang, H., He, C., Zhang, F., Zhou, Y.,** 2024. Urban meteorological drought comprehensive index based on a composite fuzzy matter element-moment estimation weighting model. *IScience*, Volume 27, Issue 9, 20 September 2024, 110798.
- Zhang, Y., Wang, P., Chen, Y., Yang J., Wu Z., Ma Y., Huo Z., Liu S.,** 2023. The optimal time-scale of Standardized Precipitation Index for early identifying summer maize drought in the Huang-Huai-Hai region, China. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, Volume 46, April 2023, 101350
- Zhao, A., Zhang, W., Zou, L., Cao, S., Yue, Y., Sa, Q.,** 2025. Characteristics of propagation from meteorological to hydrological drought under natural conditions in the Haihe River Basin of China: Time, probability, and threshold, *Journal of Hydrology: Regional Studies*, Volume 59, pp. 1-15.
- Zhu, Z., Duan, W., Shan, Z., Zheng, Z., Chen, Y., Feng, M., Qin, J., Liu, Y.,** 2024. Spatiotemporal characteristics of meteorological drought events in 34 major global river basins during 1901–2021. *Science of The Total Environment*, Volume 921, 15 April 2024, 170913.
- Zou, D-D., Hou, W., Zhang, Q., Yan, P. C.,** 2022. Sensitivity analysis of standardized precipitation index to climate state selection in China. *Advances in Climate Change Research*, Volume 13, Issue 1, February 2022, Pages 42-50.

ÖZGEÇMİŞ

