



T.C.

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

COĞRAFYA ANABİLİM DALI

**TÜRKİYE'DE KURAKLIĞIN STANDARTLAŞTIRILMIŞ YAĞIŞ
EVAPOTRANSPIRASYON İNDİSİ (SPEI) İLE ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYŞEGÜL KILIÇ

Tez Danışmanı

PROF. DR. HASAN TATLI

ÇANAKKALE – 2022



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

COĞRAFYA ANABİLİM DALI

**TÜRKİYE'DE KURAKLIĞIN STANDARTLAŞTIRILMIŞ YAĞIŞ
EVAPOTRANSPIRASYON İNDİSİ (SPEI) İLE ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYŞEGÜL KILIÇ

Tez Danışmanı

PROF. DR. HASAN TATLI

Bu çalışma, TÜBİTAK kurumu tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 121O384

ÇANAKKALE – 2022



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Ayşegül KILIÇ tarafından Prof. Dr. Hasan TATLI yönetiminde hazırlanan ve 26/08/2022 tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “Türkiye’de Kuraklığın Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI) ile Analizi” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Hasan TATLI

(Danışman)

Doç. Dr. Zahide ACAR

Dr. Öğr. Abdullah AKBAŞ

İmza

.....

.....

.....

Tez No :

Tez Savunma Tarihi : 26/08/2022

Doç. Dr. Yener PAZARCIK

Enstitü Müdürü

.././20..

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

(İmza)

Ayşegül KILIÇ

26/08/2022

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde, çalıŐmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Prof. Dr. Hasan TATLI'ya, okul hayatım boyunca beni destekleyen, arkamda duran, emek harcayan, inanan, sabır gÖsteren kıymetli annem HÜlya KILIÇ'a kardeŐlerim Adem KILIÇ ve Fatmanur KILIÇ'a ve hep yanımda olan arkadaşlarıma sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

AyŐegöl KILIÇ
anakkale, Ağustos 2022



ÖZET

TÜRKİYE'DE KURAKLIĞIN STANDARTLAŞTIRILMIŞ YAĞIŞ EVAPOTRANSPIRASYON İNDİSİ (SPEİ) İLE ANALİZİ

Ayşegül KILIÇ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Coğrafya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Hasan TATLI

26/08/2022, 65

Bu Tez çalışması, olası kuraklık sıklığı ve şiddetinin zamansal ve mekânsal değişkenliğini analiz etmekte ve kuraklığın klimatolojik değerlendirmesini incelemektedir. Bu Tez'in çalışma sahası tüm Türkiye'yi kapsamaktadır. Kuraklığı izlemek için etkili bir yöntem olan Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEİ) yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada SPEİ yönteminin tercih edilmesinin avantajı sadece yağış miktarı kullanılarak elde edilen klasik yağış indislerine ek olarak potansiyel buharlaşmayı (PET) da kullanmasıdır. Bunu da yağış tutarından potansiyel buharlaşmanın çıkarılması ile edilen su açığına uydurulan ilgili olasılık dağılım fonksiyonunun (genelde Gama) ters standart dağılım fonksiyonu ile yapmaktadır. Çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM) sağladığı 1970-2019 yılları arasındaki 222 sayıda istasyondaki aylık yağış ve sıcaklık verileri kullanıldı. Ayrıca, ilgili kuraklık indisinin mekânsal dağılım haritaları Coğrafi Bilgi Sistemler (CBS) kullanılarak elde edildi. Son birkaç yılda ki kuraklık dönemindeki kuraklık yoğunluğunun esas olarak 2007-2018 yılları arasında, çoğunlukla orta derecede kurak ve orta derecede nemli olduğu çalışma sonuçlarında bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kuraklık, SPEİ, Türkiye, Yağış

ABSTRACT

ANALYSIS DROUGHT IN TURKEY WITH STANDARDIZED PRECIPITATION EVAPOTRANSPIRATION INDEX (SPEI)

Ayşegül KILIÇ

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master's Thesis of the Department of Geography

Advisor: Prof. Dr. Hasan TATLI

26/08/2022, 65

This thesis study addresses the climatological assessment of drought as well as the temporal and spatial variability of potential drought frequency and severity. The entire country of Turkey is the subject of this thesis. It was done using the standard precipitation evapotranspiration index (SPEI) approach, which is a good way to keep track of drought. The SPEI approach was used for this study because it incorporates the temporal and spatial distribution of the country's drought in addition to the traditional precipitation indices, which are created by simply considering the amount of precipitation and any possible evaporation (PET). This is accomplished by subtracting the anticipated evaporation from the precipitation amount and fitting the inverse standard distribution function of the associated probability distribution function (often Gamma) to the water-deficit. The General Directorate of Meteorology (MGM) contributed the SPEI-12 index, monthly temperature and precipitation data from 222 stations between 1970 and 2019, and these data were used in the study. Additionally, using Geographic Information Systems, spatial distribution maps of the pertinent drought index were obtained (GIS). According to the thesis study's findings, the recent several years' drought was most intense between 2007 and 2018, when it was primarily moderately dry and moderately humid.

Keywords: Droughts, SPEI, Turkey, Precipitation

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	ix
TABLolar DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1

İKİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL ÇERÇEVE/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

3

2.1. Kuraklık Türleri ve İndisleri	9
2.1.1. Kuraklık	9
Meteorolojik Kuraklık	10
Tarımsal Kuraklık	10
Hidrolojik Kuraklık	11
Sosyo-ekonomik Kuraklık	11
2.2.1. Kuraklık İndisleri	11
Desiller (Ondalıklar)	14
Yüzey Su Temini İndisi (SWSI)	14
Normalin Yüzdesi İndisi (PNI)	15
Palmer Kuraklık Şiddet İndisi (PDSI)	16
Ürün Nem İndisi (CMI)	17
Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI)	18

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	20
ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL YÖNTEM	
3.1. Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI)	20
3.1.1. Kriging Enterpolasyon Yöntemi	25
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	27
ARAŞTIRMA BULGULARI	
4.1. 1973 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları	27
4.2. 1974 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları	29
4.3. 1983 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları	31
4.4. 1984 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları	33
4.5. 1989 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları	35
4.6. 1990 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları	37
4.7. 1991 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları	39
4.8. 1996 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları	41
4.9. 2007 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları	43
4.10. 2008 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları	45
4.11. 2013 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları	47
4.12. 2014 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları	49
4.13. 2016 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları	51
4.14. 2017 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları	53
4.15. 2018 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları	55
4.16. 2019 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları	57
BEŞİNCİ BÖLÜM	59
SONUÇ ve ÖNERİLER	
KAYNAKÇA	62
EKLER	I
EK 1. 1974 ŞUBAT AYI SPEI_6 HARİTASI	I
EK 2. 1983 TEMMUZ AYI SPEI_6 HARİTASI	I
EK 3. 1989 TEMMUZ AYI SPEI_6 HARİTASI	II

ÖZGEÇMİŞ

III



SİMGELER VE KISALTMALAR

WPDSI	Ağırlıklı Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi
Pi	Aktüel Yağış Miktarı
EOF	Ampirik Ortogonal Fonksiyonlar
BKİ	Bütünleşik Kuraklık İndisi
DSİ	Devlet Su İşleri
Mann- Kendall	MK
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
NAO	Kuzey Atlantik Salınımı
NDVI	Normalleştirilmiş Fark Bitki İndisi
PNI	Normalin Yüzdesi İndisi
PHDI	Palmer Hidrolojik Kuraklık İndisi
PDSI	Palmer Kuraklık Şiddet İndisi
PET	Potansiyel Evapotranspirasyon
Z İndisi	Palmer Nem Anomali İndisi
RDI	Reconnaissance Kuraklık İndisi
SPI	Standartlaştırılmış Akış İndisi
SPEI	Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi
SPI	Standartlaştırılmış Yağış İndisi
SMAI	Toprak Nemi Anomali İndisi
SNHT	Standart Normal Homojenlik Testi
CMI	Ürün Nem İndisi
SWSI	Yüzey Su Kaynağı İndisini
WD	Su Açığı

TABLULAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Kuraklık indisleri	13
Tablo 2	Desiller (Ondalıklar) ve ara sınıf eşik değerleri	14
Tablo 3	Yüzey su indisi ve ara sınıf eşik değerleri	15
Tablo 4	Normalin yüzdesi indisi ve ara sınıf eşik değerleri	16
Tablo 5	Palmer kuraklık şiddeti indisi ve ara sınıf eşik değerleri	17
Tablo 6	Ürün nem indisi ve ara sınıf eşik değerleri	18
Tablo 7	Standartlaştırılmış yağış indisi ve ara sınıf eşik değerleri	19
Tablo 8	Standartlaştırılmış yağış- evapotranspirasyon indisi ve ara sınıf eşik değerleri	21

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	SPEI hesaplamalarında kullanılan istasyonların Türkiye üzerindeki alansal dağılımı	20
Şekil 2	SPEI elde edilmiş adımlarının şematik gösterimi	22
Şekil 3	1973 Şubat ayı (a) ve Temmuz ayı (b) SPEI_12 kuraklık örüntüleri	28
Şekil 4	1974 Şubat ayı (a) ve Temmuz ayı (b) SPEI_12 kuraklık örüntüleri	30
Şekil 5	1983 Şubat ayı (a) ve Temmuz ayı (b) SPEI_12 kuraklık örüntüleri	32
Şekil 6	1984 Şubat ayı (a) ve Temmuz ayı (b) SPEI_12 kuraklık örüntüleri	34
Şekil 7	1989 Şubat ayı (a) ve Temmuz ayı (b) Spei_12 kuraklık örüntüleri	36
Şekil 8	1990 Şubat ayı (a) ve Temmuz ayı (b) Spei_12 kuraklık örüntüleri	38
Şekil 9	1991 Şubat ayı (a) ve Temmuz ayı (b) Spei_12 kuraklık örüntüleri	40
Şekil 10	1996 Şubat ayı (a) ve Temmuz ayı (b) Spei_12 kuraklık örüntüleri	42
Şekil 11	2007 Şubat ayı (a) ve Temmuz ayı (b) Spei_12 kuraklık örüntüleri	44
Şekil 12	2008 Şubat ayı (a) ve Temmuz ayı (b) Spei_12 kuraklık örüntüleri	46
Şekil 13	2013 Şubat ayı (a) ve Temmuz ayı (b) Spei_12 kuraklık örüntüleri	48
Şekil 14	2014 Şubat ayı (a) ve Temmuz ayı (b) Spei_12 kuraklık örüntüleri	50
Şekil 15	2016 Şubat ayı (a) ve Temmuz ayı (b) Spei_12 kuraklık örüntüleri	52

Şekil 16	2017 Şubat ayı (a) ve Temmuz ayı (b) Spei_12 kuraklık örüntüleri	54
Şekil 17	2018 Şubat ayı (a) ve Temmuz ayı (b) Spei_12 kuraklık örüntüleri	56
Şekil 18	2019 Şubat ayı (a) ve Temmuz ayı (b) Spei_12 kuraklık örüntüleri	58



BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Son zamanlarda artan dünya nüfusu, sanayileşmeyle birlikte şehirleşme, tüketim alışkanlıklarındaki değişimler bunlara bağlı olarak doğal yaşamın tahrip edilmesi ve su kaynaklarının bilinçsizce kullanılması kuraklık olgusunun daha fazla hissedilmesine sebep olmuştur. Uluocak (1974)'ın da belirttiği gibi kuraklık akıllara ilk etapta yağış azlığı ve su eksikliği olarak gelse de bu durumun uzun yıllar devam etmesi gereklidir. Öte yandan 2 ila 5 senede bir görülen kuraklıklar vardır ve bunlar oransaldır. Nemli ya da kurak bir bölgede bu durum ekstremdir. Kuraklık ise sürekli, birikimlidir, aynı anda pek çok kaynağı etkiler ve ekonomik sonuçları vardır.

Kuraklığın olduğu bölgelerde kuraklığın etki alanını net bir sınırla çizmek çoğu zaman mümkün değildir. Tümertekin (1957)'e göre kurak bölgelerin en belirgin özelliği, sıcak veya soğuk iklim fark etmeksizin yağış azlığı, yağmur rejiminin düzensizliği ve seyrekliğidir. Ayrıca nemli veya kurak bölgelere yakın olan yarı nemli bölgeler de kurak bölgeler kadar geniş alan kaplamaktadır (Uluocak, 1974). Çok kurak ile yarı nemli arasında değişen iklimler, iklim kuşakları, iklimdeki şiddetli değişimlerin etkilerine karşı açık ve hassastır. Bölgesel yağışlardaki kısa vadeli değişimler ve uzun vadeli değişimler, kurak ve yarı kurak bölgelerin bilinen bir özelliğidir. Örneğin, Afrika'nın Sahra ve Sahel bölgelerindeki yağış tutarı, 1960'lı yıllardan bu yana önemli ölçüde azalmıştır. Benzer kurak dönemler son jeolojik devirde (Kuvaterner) ve tarihsel geçmişte de oluşmasına karşın, Sahra'daki bu son kurak dönemin ana karasal ölçekte ki bir kuraklığa daha fazla eğilimli olduğu kaydedilmiştir. Öte yandan yağışlardaki uzun süreli azalma eğilimleri ve belirgin kurak koşullar, özellikle 1970'lerin başından başlayarak, Türkiye dâhil subtropikal kuşağı içerecek bir biçimde Akdeniz Havzası'nın önemli bir bölümünde etkilidir (Türkeş, 2012: 23).

Türkiye ılıman kuşak ile subtropikal kuşak arasında yer alan bir ülkedir. Türkiye'nin üç tarafının denizlerle çevrili olması, dağların uzanış doğrultusu ve yeryüzü şekillerinin çeşitlilik göstermesi, farklı özellikte iklim tiplerinin meydana gelmesine yol açmıştır. Kıyı bölgelerimizde deniz etkisiyle daha ılıman iklim özellikleri görülmektedir (Sensoy vd., 2008: 3). Ayrıca Türkiye'yi hemen hemen bütün hava kütleleri etkilemektedir. Orta enlem, tropikal ve hatta kutupsal kaynaklı basınç sistemleri ve hava tiplerinin geçiş bölgesi üzerindedir. Bir de bu etkilere topografya özelliklerinin karmaşıklığı ve yakın mesafedeki

yükselti farklılığı gibi fiziki coğrafya etmenleri de eklendiğinde bir günde 4 mevsim yaşanabilmektedir. Türkiye, genel olarak Akdeniz iklim kuşağında yer almakla birlikte birçok alt iklim tipinin de yaşandığı bir ülkedir. Türkiye bu karmaşık iklim yapısıyla iklim değişikliğinden en çok etkilenebilecek ülkelerin başında gelmektedir (Şahin ve Sipahioğlu: 364).

Kuraklık tanımlarında da belirtildiği gibi kuraklık, yağışın az olmasından kaynaklı su açığından meydana gelir. Bu durum uzun vadede hem ekonomik hem de sosyal problemlere neden olur. Bu tip etkileri azaltma ya da önleme açısından kuraklık indisleri bir araç olarak kullanılır. Kuraklığın ölçülmesi, izlenmesi ve olası etkilerini ön görebilmek açısından fayda sağlayan pek çok kuraklık indisi vardır. Örneğin; Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (PDSI), Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI), Yüzey Su Kaynağı İndisi (SWSI), vd. bunlardan birkaçıdır. İndisler, iklimsel aykırılıkların şiddet, coğrafi yayılım ve oluşum sıklığı açısından ölçülebilmesinin yanında hem karar vericiler hem de toplum ve yurttaşlar arasında kuraklık koşulları konusunda bilgi dönüşümünü sağlar (Türkeş ve Tatlı,2010).

Bu çalışmada Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI) ile kuraklığın Türkiye için olası sıklık ve şiddet derecesinin zamansal ve mekânsal olarak değişiminin analizini yapmak ve klimatolojik açıdan kuraklığın değerlendirilmesini yapabilmek amaçlanmıştır.

İKİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL ÇERÇEVE/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde tez konusuyla ilgili dünyada ve Türkiye’de yapılmış bazı çalışmalara değinilmiştir. Litaratüre göre Türkiye’de kuraklık ile ilgili çalışmalar genel hatlarıyla şöyledir:

Tanoğlu (1943), Emmanuel De Martonne tarafından 1925 yılında geliştirilen kuraklık belirleme formülü De Martonne kuraklık indisini Türkiye için kullanmıştır. Yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık ortalama yağış miktarı verilerini kullanmıştır. Bu indisle genel hatlarıyla Türkiye’nin nemli, az nemli, yarı kurak ve kurak bölgeleri belirlenmiştir.

Erinç (1949-1950)’de, Thorntwaite yöntemini kullanarak Türkiye’de kuraklık derecesi ve kurak alanların belirlenmesi açısından önemli çalışmalar yapmıştır. Buna göre İç Anadolu Bölgesi ve Iğdır Havzası yarı kurak olarak belirlenmiştir (Koçman, 1993: 83-84).

Tümertekin’in (1955), Türkiye üzerine yaptığı bir kuraklık çalışmasında De Martonne kuraklık indisini kullanarak ortalama değerlerle Türkiye’de kuraklığın yıl içindeki kuraklık çalkantılarının görünümü göstermiştir. Aynı çalışmada, 20 ile 30 yıllık ortalamalara dayanan değerlerle üç farklı mekansal dağılım haritası ortaya koymuştur. Birinci harita kuraklık indislerinin De Martonne indisinin 20’den düşük olan aylarını temsil etmekte ve Türkiye’nin büyük bir kısmında yılda 3-6 ay süren bir kurak devre olduğuna işaret etmektedir. Diğer tarftan, ikinci harita tarımsal faaliyetler için gerekli sulamayı gösteren ayların sayısına göre çizilmiştir. Bu aylar De Martonne kuraklık indislerinin 10’dan küçük olan aylarını temsil etmektedir. Bu haritada, bilinenin aksine İç Anadolu Bölgesi’nin en kurak bölge olmadığını, bununla birlikte Akdeniz ve Ege sahil kuşaklarının Güneydoğu bölgelerinden sonra ikinci kurak alanlar olduğunu göstermiştir. Son harita ise kurak ayların dağılışını Thornthwaite formülüne göre vermektedir. Bu son haritada kurak aylar ile su-açığı olan ayların aynı olduğu görülmüştür. Bu çalışma, Türkiye’nin büyük bir kısmında kurak koşulların yılın büyük kısmını kapsadığı vurgulamıştır. Kuraklığın şiddeti ve süresi açısından kurak bölgeler sırasıyla; Güneydoğu Anadolu, Akdeniz, Ege sahil kuşağı, İç Anadolu, Trakya ve Doğu Anadoludaki bazı depresyonlar olduğu tespiti yapılmıştır.

Yine Tümertekin (1957) yaptığı bir çalışmada, De Martonne kuraklık indisini kullanarak 1930-1951 yıllarına ait, yıllık ortalama indislerin coğrafi dağılışını gösteren 22 harita meydana getirmiştir. Bu çalışmayla kurak koşullardan en çok etkilenen bölgelerimizin

sırasıyla; İç Anadolu Bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Ege ve Akdeniz kıyı kuşağı, Doğu Anadolu bölgesinin depresyonları olduğunu belirlemiştir. Ayrıca kuraklığın şiddeti ve süresi bakımından en çok etkilenen yerlerin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Şanlıurfa, Diyarbakır havzası, İç Anadolu'da Konya ve Tuz gölü çevresi ile Doğu Anadolu'da Iğdır depresyonu olduğu tespit edilmiştir (Koçman, 1993: 84).

Erinç (1965), Yağış Müessiriyeti Üzerine Bir Deneme ve Yeni Bir İndis adlı çalışmasında yağış etkinliğinin yıl içindeki değişimlerini ortaya koymak için Nisan- Ekim arasındaki yedi aylık ortalama yağış etkinliği haritaları hazırlamıştır. Çalışma sonuçlarına göre; yağış etkinliğinin yıl içinde farklı alanlara göre kuzey- güney yönünde yer değiştirdiği görülmüştür. Nisan ayından Ağustos ayına kadar süren 5 aylık dönemde yarı kurak ve kurak alanlar kuzeye doğru genişlerken buna karşılık Eylül ve Ekim aylarında nemli alanlar hızla genişleyerek, kurak ve yarı kurak bölgelerin alanı güneye doğru daralttığı görülmüştür. Çalışma ile Türkiye'nin, nemli ve kurak koşullar bakımından mevsimlik değişkenliğin baskın olduğu bir geçiş bölgesinde bulunduğu ortaya konulmuştur (Koçman, 1993: 84).

Nişancı (1976), Türkiye'de Kurak Bölgelerin Mekansal Dağılımı başlıklı çalışmasında Türkiye'de ölçülen buharlaşma değerlerini 0.5'e indirerek yağış değeriyle karşılaştırarak su dengesi açısından pozitif veya negatif bir değer elde etmiştir. Pozitif değerler nemi, negatif değerler ise kuruluğu temsil etmektedir. Bu değerler aynı zamanda kuraklığın veya nemin şiddetini de göstermektedir. Bu hesaplamalar sonucunda yapılan haritalara göre İç Anadolu'nun kurak alanları, Konya-Tuz Gölü çevresi, Balıkesir ile Ege kıyılarının büyük bir bölümü ile Güneydoğu Anadolu bölgesi kurak alanları oluşturmaktadır. Öte yandan Doğu Anadolu'nun deniz etkilerinden uzak olan karasal alanları (Malatya, Elazığ, Erzincan, Erzurum), Van ve Iğdır bölgeleri ile İç Anadolu'nun Çorum ve Amasya ortamları olumsuz su dengesine sahip yarı-kurak alanlarıdır. Araştırma, bu alanların dışındaki yerlerin yarı-nemli veya nemli olduğunu ve pozitif su dengesine sahip olduğunu göstermektedir (Koçman, 1993: 85).

Bir diğer çalışma Türkes'in (1990), doktora tezi çalışmasıdır. Türkes, çalışmasında Erinç kuraklık indisiyle birlikte dünyanın diğer ülkelerinde de kullanılan bazı kuraklık ve yağış analiz yöntemlerini Türkiye'deki yaklaşık 150 meteoroloji istasyonunun 1956-1987 yılları arasındaki 32 yıllık gözlemlerine uygulamıştır. Çalışma, Erinç kuraklık indisiyle Türkiye'nin yağış etkinliği bölgelerinin yıllık ortalama ve aylık ortalama özelliklerinin

yıllara göre değişimlerini ortaya koymak ayrıca normal frekans dağılım yöntemiyle kurak ve nemli yılların, kuraklık ya da nemlilik ölçüsünü belirlemeyi amaçlamıştır.

Sırdaş (2002) doktora tezi çalışmasında, kuraklığın hem alansal hem de zamansal incelemesi yapılmıştır. Bu çalışmada, Mckee'in (1995) SPI yaklaşımını kullanmış ve ülke geneli için haritalar ve tablolar elde etmiştir. Çalışmada üçlü değişken kuraklık ilişki yaklaşımı yöntemleri, Türkiye'nin farklı iklim bölgelerindeki 60 istasyon için uygulanmış ve aylık yağış, aylık sıcaklık ve aylık nem değerlerinin 1930 ve 1990 yılları arasındaki kayıtları uygulamada kullanılmıştır. Araştırmada, SPI ile birlikte yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Şöyle ki, kuraklık indisi olarak adlandırılan bu yaklaşımda, bir yağış zaman serisinin en küçük değeri, standart sapmaya bölünmüş ve kuraklık oranı elde edilmiştir. Ancak bu yaklaşımın yeterli olmadığı düşünülmüştür. Türkiye için Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim SPI haritaları elde edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre yurdumuzun kuzey bölgelerinde yağışların güneye göre daha yüksek olduğu, Doğu Karadeniz ve Batı Akdeniz bölümlerinde yağış miktarı artarken İç Anadolu Bölgesi ve Ege Bölgesi'nin doğusunda yağış miktarlarının düşük olduğu belirtilmiştir (Akbaş, 2013).

Türkeş ve Tatlı (2009), yaptıkları bir çalışma ile, Uyarlanmış Standartlaştırılmış Yağış İndisi olarak isimlendirdikleri yeni bir yöntem ile Türkiye'deki kuraklık olaylarının şiddeti, frekansı ve alansal-zamansal desenlerini tanımlamışlardır. Türkiye'nin klimatolojisi ve fiziksel coğrafyası göz önüne bulundurulduğunda, önerdikleri metot ile kurak ve nemli yılları ortaya koymada klasik yaklaşımdan daha iyi sonuçlar elde edebileceğini bulmuşlardır. Bu sebeple araştırmacılar yağışın yıldan yıla değişkenlik gösterdiği Akdeniz ikliminin hakim olduğu yerlerde kuraklığın izlenmesi ve belirlenmesi için önerilen yeni SPI'yi kullanmayı tavsiye etmişlerdir.

Tatlı ve Türkeş (2011), tarafından yapılan çalışmada kuraklık indislerinin klimatolojik örüntülerinin alansal dağılımını karşılaştırması amacıyla; PDSI, Palmer Hidrolojik kuraklık indisi (PHDI), Palmer Nem Anomali İndisi (Z indisi) ve Ağırlıklı Palmer Kuraklık Şiddeti İndislerine (WPDSI), Ampirik Ortogonal Fonksiyonlar (EOF) uygulamışlardır. Elde edilen anlamlı sonuçlar arasında önemli bir farklılık olmadığı görülmüştür. Öte yandan, P-PET indisinin EOF uygulaması ile elde edilen örüntünün diğerlerinden farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Çalışmadan elde edilen sonuç ise P-PET desenini dışarıda tutmak şartı ile kuraklığın iklimsel açıdan incelenmesinde, yukarıdaki indislerden herhangi birinin diğerine üstünlük sağlamadığı görülmüştür.

Akbaş (2013), Türkiye’de Palmer Kuraklık İndisine (PDSI) Göre Kuraklığın Alansal ve Zamansal Değişiminin İncelenmesi isimli yüksek lisans tezi çalışmasında PDSI’i kullanarak Türkiye için kuraklığın mekansal ve zamansal değişimini incelemiştir. Çalışmanın sonucunda, PDSI’ye göre kurak yılların 1973, 1974, 2001, 2007 ve 2008 yıllarında olduğu görülmüştür. 1972, 1975, 1984, 1992, 1993 yılları ise nemli ve normal yılların yaşandığı yıllar olarak tespit edilmiştir. Öte yandan Karadeniz Bölgesi kuraklığın en hafif Şekilde yaşandığı bölge olurken Marmara Bölgesi ise kuraklığın en fazla hissedildiği bölge olarak tespit edilmiştir.

Tatlı (2021)’ de yaptığı çalışmada kuraklıkları izlemek için sıcaklık ve yağış gibi çok çeşitli diğer hava değişkenleriyle ilgili koşullu olasılığını kullanan yeni bir indis önermiştir. Çalışmada ortak olasılıkların bulunması amacıyla kopula fonksiyonları kullanılmıştır. Bu çalışmada önerilen kuraklık indeksi CSPDI olarak adlandırılmıştır. Tatlı, önermiş olduğu bu yeni indeks ile sadece kuraklığı değil aynı zamanda sıcaklık ve yağışın iklim değişimlerine olan etkisini değerlendirmek için indeksini İklım Sistemi modeli (CCSM-4) veri setleri üzerine inşa etmiştir. Tatlı, alışma alanı olarak Rize, Erzurum, şanlıurfa, Tunceli, Antalya, İzmır gibi yağış ve sıcaklık ortalamaları birbirinden farklı illeri seçmiştir. Rize ilinin CSPDI analizleri ile SYİ analizlerinin 1 ve 6 aylık periyotlar için değişmediğini fakat 12 aylık periyotta sıcaklığın bariz bir fark yarattığına değinmiştir. İkinci rnek, Erzurum ilidir. 1, 6, 12 aylık kuraklık indekslerine göre 1 aylık CSPDI sonuçları ile 1 aylık SYİ sonuçlarının birbiriyle örtüştüğü belirtmiştir. 6 ve 12 aylık CSPDI analizlerinde ise kuraklıkta dalgalanmalar tespit edilmiştir. nc rnek izmir ilidir. CSPDI 1 ile SYİ 1 arasında önemli farklılıklar görülür. CSPDI 1 ve CSPDI 6 da kurak yani negatif bir süreç hakiken CSPDI 12 bu durum pozitive dönmüştür. Dördüncü rnek, şanlıurfa ilidir. Sıcaklık değerlerinin yüksek olması ve karassallığın etkisi ile CSPDI 1, 6, 12 de negatif kurak bir süreç gözlenmiştir. Beşinci rnek, Antalya ilidir. 1 ve 6 CSPDI sonuçlarına göre nemli ve normal dönemler hakimken CSPDI 12’de ise daha kurak bir dönem izlenmiştir. Son rnek Tunceli ilidir. Tunceli’deki belirli CSPDI paternlerinin Antalya ili kıyı şeridi ile aynı olduğu topoğrafyanın etkisi ile yüksek kesimlerde daha çok karasal özellikler vardır.

Acar ve Gönençgil (2022), yaptıkları çalışma ile Türkiye’de 1966 ve 2014 yılları arasındaki yağış verilerinin mekansal ve zamansal olarak yağış indisleri özelliklerini ortaya koymuşlardır. Yedi yağış indisi; şiddetli yağışlı günlerin, çok yağışlı günlerin, yoğun yağışlı günlerin (10 mm ve 20 mm), basit yoğunluk günlerinin ve ard arda devam eden kuru ve

yağışlı günlerin sayısını içerir. İndisler homojenize edilmiş yağış verilerine dayanmaktadır. Öte yandan parametrik olmayan zaman serisi analiz teknikleri kullanarak iklim değişikliği ile ilgili yağış indisi zaman serilerindeki uzun vadeli değişiklikleri ve eğilimleri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda çoğu istasyonda şiddetli ve çok yağışlı gün indisleri net bir düşüş eğilimi göstermiştir. Bu eğilim özellikle Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'ndeki çeşitli istasyonlarda istatistiksel açıdan önemlidir. Türkiye genelinde Akdeniz yağış kuşağındaki çoğu istasyon için, basit günlük yoğunluk indisi genellikle artan bir eğilim gösterirken yoğun yağışlı gün indislerinin sayısında azalma eğilimi görülmüştür. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin iç ve batı kesimlerinde ard arda geçen kurak geçen gün sayısında genel bir artış olduğu ardışık nemli günlerin ise Türkiye'nin iç bölgeleri haricinde azalma eğiliminde olduğu görülmüştür. Öte yandan çalışmada atmosferik salınım indisleri ile yağış indisleri arasındaki ilişkiye de değinmiştir. Buna göre Türkiye yağış indisleri üzerindeki en belirleyici etkiye sahip olan atmosferik salınımın Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) olduğu sonucuna varılmıştır.

Bae vd. (2018), da yaptıkları çalışmada 1981 yılından 2010 yılında kadar Güney Kore'deki 8 istasyonda Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi'ne (SPEI) dayalı yoğunluk ve eğilimler gibi kuraklığın özelliklerini analiz etmişlerdir. Çalışmada ayrıca Mann-Kendall (MK) testi ile zaman serisi SPEI'lerin trendleri analiz edilmiştir. 1981-1990 yılları arasında kuraklık sıklığının arttığı gözlemlenmiştir.

Tong vd. 2017'de yapmış oldukları çalışmayla Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI) ve Normalleştirilmiş Fark Bitki İndisi (NDVI) ile Kuzey Çin'nin Xilingol otlakları üzerinde mekânsal ve zamansal dinamiklerini incelemişlerdir.

Yu vd. (2014) yaptığı çalışmada Çin'deki 752 meteoroloji istasyonundan 1951-2010 yılları arasındaki aylık yağış ve sıcaklık verileri alınmış, bunlardan 609 istasyon seçilerek Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI) hesaplanmıştır. Çalışmada Çin'deki kuraklığın sıklığı, yoğunluğu, eğilimleri, kuraklık süresi ve özellikleri incelenmiştir. Şiddetli ve aşırı kuraklıkların 1990'lardan sonra arttığı ve en uzun kuraklık sürelerine 1990'lar ve 2000'lerde rastlanıldığını ortaya koymuşlardır.

Çamalan vd. (2017), çalışmalarında Türkiye için SPEI metodunu 1, 3 ve 12 aylık zaman serilerini hesaplayarak kuraklığın gerçekleşme sıklığının alansal değişimleri ile SPEI değerlerinin zamansal değişimlerini elde etmişlerdir. Çalışmada 1971'den 2015'e kadar 123 hava istasyon verileri kullanılmıştır. Küresel iklim modellerinden biri olan HadGEM2-

ES RCP4.5 senaryosunun 2016-2098 yılları için bölgesel iklim projeksiyon verilerini kullanmışlardır. 2016-2098 yılları için iklim veri projeksiyonları sağlanırken; istasyonlara en yakın gridlerin anomali değerlerine, modeller çalıştırılırken kullanılan istasyonların gözlem referans periyodu olan 1971-2000 dönemi normalleri eklenmiştir. SPEI hesaplarında seriler üç döneme ayrılarak; 1971-2040 periyodunda çalıştırılıp 2016-2040 dönemi, 1971-2070 periyodunda çalıştırılıp 2041-2070 dönemi, 1971-2098 periyodunda çalıştırılıp 2071-2098 yıllarının değerleri elde edilmiştir. 1 aylık ve 3 aylık zaman aralığında kuraklığın daha sık ancak daha kısa süreli olduğunu; 12 ay zaman periyodunda yani periyod arttıkça kuraklık süresinin artış gösterip ancak sıklığının azaldığı sonucunu ortaya çıkarmıştır. Elde edilen projeksiyon sonuçlarına göre 2016-2040 periyodunda hafif kurak, 2041-2070 ve 2071-2098 periyodunda ise orta kurak sınıfının yoğunlaşarak bir üst kuraklık sınıfına doğru kayma eğiliminde olabileceğinin beklendiği sonucuna varılmıştır.

Bakanoğulları'nın (2020), yapmış olduğu bir çalışmada İstanbul-Büyükçekmece havzasında bulunan Damlıca deresi havzası için, 1982-2006 yılları arasında ölçülmüş meteorolojik verileri kullanarak meteorolojik ve tarımsal kuraklığın sıklığını ve şiddetini belirlemeye çalışmıştır. Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI) ve Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) ile aylık, mevsimlik, altı aylık, yıllık analizleri yapılmış ve sonuçlar birbiri ile karşılaştırmıştır. Yıllık değerlendirme sonuçlarına göre; SPEI indisi ile havzada 4 yıl orta kuraklık, 7 yıl hafif kuraklık; SPI indisi ile ise 2 yıl şiddetli kuraklık, 3 yıl orta kuraklık ve 2 yıl hafif kuraklık yaşandığı belirlenmiştir. Her iki yöntemde de en az kuraklık görülen ayın Mart ayı olduğu görülmüştür. Çalışmayla SPI'nin topçu zayıf yönü olan toprak su bütçesi ile buharlaşma / potansiyel buharlaşma ısı (ET/PET) sorunu SPEI ile giderilmeye çalışılmıştır.

Yine Bakanoğulları'nın (2020) yapmış olduğu çalışmada, 1985-2009 yıllarını kapsayan iklimsel veriler ile Kumdere havzası için Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI) ve Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) analizleri yapılmıştır. Kumdere havzası için kuraklığın 3, 6 ve 12 aylık dilimlerde zamansal ve mekânsal dağılımları karşılaştırılmıştır. Bakanoğulları, SPEI'ne göre tarımsal kuraklığın gözlemlendiği ay sayısı, SPI indisindeki meteorolojik kuraklık ay sayılarından oldukça fazla olduğu ve 2000 yıllarında görülen kuraklıkların şiddeti ve kurak geçen ay sayılarında artış olduğunu belirtmiştir.

Bacanlı ve Akşan'ın (2019), yapmış oldukları çalışmada ilk kez Türkiye'nin Akdeniz Bölgesinde Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi ile kurak ve nemli dönemlerin dağılımları tespit edilmiş ve karşılaştırılmıştır. 1970-2018 yılları arasında Adana, Antalya, Burdur, Hatay, Isparta, Kahramanmaraş, Mersin ve Osmaniye istasyonlarına ait veriler kullanılmıştır. 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık SPEI değerlerinin frekans analizleri hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda tüm istasyonlarda dikkate değer kuraklık aralığı > -1 ila $< +1$ olarak tespit edilmiştir. Yani Akdeniz Bölgesindeki tüm istasyonlarda elde edilen veriler hafif kuraklık ile normale yakınlık arasındadır. Tüm istasyonlarda kuruluşun % 15.05 ile % 28.72 arasında değiştiği; nemliliğin ise % 15.05 ve % 22.66 arasında değiştiği ifade edilmiştir. Mersin'in, hem normale yakın hem de kurak durumlarda maksimum değerler aldığı (normal kuraklık sınıfında 1 aylık sıklık değeriyle (% 68,17) maksimum yüzdeye sahiptir); Adana'nın ise nemli ve kurak durumlarda da en az yüzdelik değerleri aldığı çalışmayla gösterilmiştir (6 aylık sıklık değeriyle (% 51.38) minimum yüzde).

Topçu ve Karaçor (2020) çalışmalarında kuraklık analizi yöntemlerinden Standartlaştırılmış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI) ve Bütünleşik Kuraklık İndisi (BKİ) kullanmışlardır. 1975-2008 yıllarını içeren çalışmada Erzurum istasyonundaki; aylık toplam yağış, buharlaşma, güneşlenme süresi, aylık ortalama sıcaklık ve nispi nem veri olarak kullanılmıştır. SPEI ve BKİ'leri, kuraklığın farklı boyutlarda analizi yapmaktadır. Buna rağmen bu çalışmada 12 aylık SPEI ve BKİ değerlerinin ortak bir noktada kuraklığı temsil ettiğine değinilmiştir. 1, 3, 6, 12 ve 24 aylık periyot aralığında yapılan çalışma sonucunda 1975 ile 2008 hidrolojik yılları arasında, şiddetli nemliliğin ve şiddetli kuraklığın birlikte yaşandığı tespit edilmiştir. İstasyonlarda sıklıkla hafif kuraklık görülürken aşırı kuraklık çok az görülmüştür. Çalışmayla, SPEI değerlerinin istatistiksel anlamda kuraklığın arttığına dair kanıt bulunmamışken, BKİ değerlerinde %99 oranında kuraklıkta artış olduğu görülmüştür.

2.1. Kuraklık Türleri ve İndisleri

2.1.1. Kuraklık

Literatüre göre yapılan bir çok çalışmada net bir kuraklık tanımı yoktur. Kuraklığın birikimli (kümülatif) olması, uzun süreli yağış azlığının yaşanması yapılan tanımların ortak özelliği olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapılan bazı kuraklık tanımları şöyledir:

Kuraklık, toprak ve su kaynaklarını olumsuz etkileyen, normal yağışlarda önemli bir azalmaya bağlı olarak hidrolojik dengeyi bozan doğal bir olgudur (UNCCD, 1995; Heim, 2000).

Kuraklık yavaş gelişen bir durumdur ve kuraklığın başlangıç ve bitiş zamanlarının belirlenmesi hala çözülmesi gereken bir sorundur. Yapısal olarak, kuraklıkların etkileri bir süre boyunca yavaş yavaş birikir ve uzun bir süre devam edebilir (Tatlı ve Dalfes, 2020: 1200).

Kuraklık, “yeryüzünde çeşitli sistemler tarafından kullanılan mevcut suyun belirli bir zaman diliminde, bölgesel ölçekte uzun vadeli ortalamının ve yahut normal ortalamının altında seyretmesi ,su kıtlığı,” olarak tanımlanmaktadır (Türkeş, 2007; Türkeş ve Tatlı, 2010:246).

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) kuraklık tanımını, “uzun bir süre zarfında ve süreklilik halinde devam eden yağış azalması” olarak tanımlamıştır.

Meteorolojik Kuraklık

Meteorolojik kuraklık belirli bir süre boyunca (bu süre en az 30 yıl) normalden olan sapma olarak tanımlanır. Bu tanımlama doğası gereği bölgeseldir ve bölgesel iklimin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasına dayanır. Çoğunlukla meteorolojik ölçümler kuraklığın birincil göstergesidir. Devam eden bir kuraklıkta hava olayı hızla yoğunlaşabilir veya aniden sona erebilir. Kuraklık süresi sıklıkla, yağışın tanımlanan eşik değerinin altında geçen zaman dilimi şeklinde tanımlanır (“Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi”, t.y.), (“MGM” , 2022).

Tarımsal Kuraklık

Tarımsal kuraklık, meteorolojik kuraklığın farklı özellikleri ile yakından ilişkilidir. Ekinlerin ihtiyaçlarını karşılamak için toprakta su bulunmaması olarak tanımlanan tarımsal kuraklık, nem kaybı ve su kıtlığı meydana geldiğinde ortaya çıkar. Ürün sayısını azaltır, büyüme hızlarını değiştirir ve hayvanlar için tehlike arz eder (Kaplukan, 2013). Tarımsal kuraklık, meteorolojik kuraklıktan sonra ve hidrolojik kuraklıktan önce meydana gelen tipik bir durumdur. Tarımda kuraklık, toprak doymuş olsa bile mahsul verimini ciddi şekilde azaltabilir. Yüksek sıcaklıklar, düşük bağıl nem ve daha kuru rüzgarlar, yağış eksikliğinin etkilerine katkıda bulunur (“Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi”, t.y.), (“MGM” , 2022).

Hidrolojik Kuraklık

Türkeş'in de (2017) belirttiği üzere hidrolojik kuraklık uzun vadeli yağış eksikliğinden kaynaklanan yüzey ve yeraltı su hacminin azalmasıdır. Ana yüzey su kaynakları olarak nitelendirilen akarsuların, göllerin ve diğer kaynakların debileri, yeraltı suyu seviyeleri ve ölçümler önemli bilgiler sağlar. Akarsulardaki ve rezervuarlardaki su açığı arasında doğrudan bir ilişki olduğundan, hidrolojik ölçümler kuraklığın ilk göstergesi değildir. Meteorolojik kuraklık bittikten sonra dahi hidrolojik kuraklığın etkili olduğu bölgenin topografik, iklimsel, bitki örtüsü, hidrolojik-hidrolojik ve toprak özelliklerine bağlı olarak farklı gecikme sürelerinden sonra kuraklık görülebilir.

Hidrolojik kuraklık, akarsuların, göllerin ve yeraltı suyu kaynaklarının su mevcudiyetinin belli bir eşik değerden az olması olarak tanımlanır. Bu kuraklık türü uzun bir süre boyunca yağışın azlığından kaynaklanan yüzey ve yeraltı sularının azalmasını, dolayısıyla su kıtlığını ifade eder. Bu nedenle kuraklık, "su miktarının normal (veya beklenen) ortalama seviyelerin altında olması" olarak da tanımlanabilir. Hidrolojik kuraklıklar, meteorolojik kuraklıklar sona erdikten sonra da uzun süre devam edebilir (Kadıoğlu, 2008).

Sosyo-ekonomik Kuraklık

Türkeş'in (2017) belirttiği gibi meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklıklar, ekosistemlerin duyarlılığı (tarım, enerji, ekolojik, kentsel ve sosyo-ekonomik vb.) nedeniyle kuraklığın şiddetinin ve süresinin artmasına neden olmaktadır. Kuraklık risk yönetiminin yanı sıra, kuraklık yönetim planının iyi uygulanmamış olmasından ileri gelen sonuçlar açısından sosyo-ekonomik bir kuraklık oluşabilir.

2.1.2. Kuraklık İndisleri

Kuraklık indisleri, kuraklığın meydana gelme riskini ve şiddetini belirlemek, yer ve zaman hakkında akıl yürütmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Tatlı ve Türkeş, 2011: 981).

Kuraklık indisleri meteorolojik kuraklık, hidrolojik kuraklık, tarımsal kuraklık ve sosyo-ekonomik kuraklık türlerini tanımlamak için kullanılabilir. Kuraklığı tanımlamak ve

karakterize etmek için kullanılacak göstergeler, aşağıda listelenen gereksinimleri karşılamalıdır:

(a) Mevcut meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal ölçüm ve izleme sistemlerinden elde edilen verilerden hesaplanabilir olmalıdır;

(b) Kuraklığın etkilerine karşı hassas olan sosyal, ekonomik ve çevresel sistemlerle birincil ve doğrudan ilgili olmalıdır;

(c) Bilgi kaybı minimumda tutulmalıdır;

(d) Çok fazla nitelendirme ve tahmin yapmamalıdır (çok düşük veya çok yüksek);

(d) İzleme, erken uyarı ve tahmin amaçlı kullanılabilir olmalıdır.

Kuraklık karakterizasyonu, analizde kullanılan verilerin kaynaklarının, ölçeğinin ve güvenilirliğinin ön teşhisini içermelidir (Türkeş ve Tatlı, 2010:247).

Kuraklığın izlenmesi için çoğunlukla meteorolojik, hidrolojik ve toprak değişkenlerinden hesaplanan birçok indis önerilmiştir. Örneğin, Palmer (1965) yağış, sıcaklık ve toprak nemini bir su dengesi modelinde birleştirdiği Palmer Kuraklık Şiddeti İndisini (PDSI) geliştirmiştir. Çeşitli kuraklık indisleri olmasına karşın bazıları öne çıkmaktadır. Mc Kee, vd. (1993) tarafından bulunan Standart Yağış İndisi (SPI) daha sonra Guttman (1998) tarafından geliştirilmiştir. Standartlaştırılmış Akış İndisi (SPI) 2008 yılında Shukla ve Wood tarafından, Yüzey Su Kaynağı İndisini (SWSI) 1982'de Shafer ve Dezman tarafından, 1967 yılında Gibbs ve Maher tarafından Decile İndisi geliştirilmiştir. Bu çalışmada da kullanılan indis 2010 yılında Vicente-Serrano, vd. tarafından geliştirilen Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI)'dir (Tatlı ve Dalfes, 2020: 1200-1201). Tablo 1'de gösterilen kuraklık indisleri, Türkeş ve Tatlı (2010)'dan uyarlanarak yeniden çizilmiştir.

Tablo 1

Kuraklık indisleri

Kuraklık İndisleri	Gerekli Olan Veriler	Görevler ve Kullanılan Alanlar
Desiller (Onda birler)	Yağış (yağmur, çisenti, kar, dolu,vb.hidrometeorları içerir)	Meteorolojik
Erinç Kuraklık (Yağış Etkinliği) İndisi	Yağış ve maksimum sıcaklık	Klimatolojik, iklim değişikliği senaryolarına uygun
Standardize Yağış İndisi (SPI)	Yağış	Meteorolojik; izleme ve öngörü için kullanılır
Yağış Anomali İndisi ya da Normalleştirilmiş Yağış Anomali İndisi	Yağış	Meteorolojik; aşırı olaylara karşı duyarlı
Reconnaissance Kuraklık İndisi (RDI)	Yağış,potansiyel evapotranspirasyon (PE)	Meteorolojik; iklim değişikliği senaryolarına uygun
Aridite İndisi	Yağış, (PE)	Meteorolojik ve klimatolojik; iklim değişikliği senaryolarına uygun, izleme için kullanılır
Gidiş(ler) Çözümlemesi	Yağış, PE	Meteorolojik ve hidrolojik; tarihsel kuraklık olaylarının alansal ve zamansal çözümlemesinde kullanılır
Palmer Kuraklık Şiddet İndisi (PDSI)	Yağış, sıcaklık, toprak nemi (toprak su içeriği)	Meteorolojik; tarımda etkili, tarihsel çözümlemelerde ve risk çözümlemesinde kullanılır
Palmer Hidrolojik Kuraklık İndisi (PHDI)	Yağış, sıcaklık, toprak nem koşulları	Hidrolojik; izleme açısından etkili
Palmer Nem Anomali İndisi (Z-İndisi)	Yağış, sıcaklık, toprak nem koşulları	Agro-hidrolojik (Tarımsal hidrolojik)
Yüzey Su Temini İndisi (SWSI)	Kar yağışı, yağış akım, su hazneleri	Hidrolojik; kar yağışının önemli olduğu durumlarda etkili
Ürün Nem İndisi (CMI)	Yağış, sıcaklık, toprak nem koşulları	Tarımsal
Toprak Nemi Anomali İndisi (SMAI)	Toprak nem koşulları, PE, potansiyel akış	Tarımsal ve hidrolojik

Desiller (Ondalıklar)

Gibbs ve Maher (1967) tarafından geliştirilen bu indis ondalıklar halinde aylık yağış verilerinin düzenlenerek kuraklığın izlenmesini esas alır. Bu yaklaşım dağılımın ondaları içinde uzun süreli yağış kaydı üzerindeki olayların dağılımına bölünür. Her bir kategori ondalık olarak adlandırılmıştır (Tablo 2). İlk ondalık yağış olaylarının en düşük %10'unu aşmadığı yağış miktarıdır. İkinci ondalık yağış olaylarının en düşük %20'yi aşmadığı yağış miktarıdır. Bu ondalıklar onuncu ondalığa kadar hesaplanmaya devam eder ve beşinci ondalık medyan olarak kabul edilir. Hesaplanması basit bir indistir ancak hesaplamaların doğru yapılabilmesi için uzun klimatolojik kayıtlara gereksinim duyulması dezavantaj olarak görülebilir. Desiller beş sınıfa ayrılmıştır (Akbaş 2013).

Tablo 2

Desiller (Ondalıklar) ve ara sınıf eşik değerleri

Desiller (Ondalıklar)	Yüzdellik Değerler	Sınıf
Ondalık 1-2	%20'nin çok altında	Normalin çok altında
Ondalık 3-4	%20'ye yakın	Normalin altında
Ondalık 5-6	%20 civarında	Normale yakın
Ondalık 7-8	%20'nin üstü	Normalin üstü
Ondalık 9-10	%20'nin çok üstü	Normalin çok üstü

Yüzey Su Temini İndisi (SWSI)

Bu indis Shafer ve Dezman (1982) tarafından Palmer Kuraklık Şiddeti İndisindeki zorlukları gidermek amacıyla yüzey suyu koşullarının bir göstergesi olarak bulunmuştur. İndis için gerekli olan girdiler başta kar örtüsü, akarsu akımı, yağış ve rezervuar depolamadır. İndis kışın kar örtüsü, yağış ve rezervuar depolama ile hesaplanırken yaz aylarında akarsu akışı SWSI denklemi içinde bir bileşen olarak kar örtüsünün yerini almaktadır. SWSI aşağıdaki adımları izler:

1. Aylık veriler, tüm yağış istasyonları, rezervuarlar ve kar örtüsü veya akarsu akışı havza üzerinde ölçüm istasyonları için düzenlenir ve toplanır.

2. Her bir toplanmış bileşen uzun vadeli bir veri setinden elde edilerek, frekans analizi kullanılarak normalize edilmektedir.

3. Her bileşenin havza içindeki yüzey suyuna tipik katkısı bağlı olarak atanmış bir ağırlığı vardır ve bu ağırlıklı bileşenler, tüm havzayı temsil eden bir SWSI değerini belirlemek için bir araya toplanır. Tablo 3’de gösterilen SWSI, -4,2 ila +4,2 arasındaki değerleri alır (Akbaş, 2013).

Tablo 3

Yüzey su indisi ve ara sınıf eşik değerleri

SWSI Değerleri	Kuraklık Şiddeti
-4.2 ile -3 aralığı	Ekstrem kurak
-2.9 ile -2 aralığı	Orta derecede kurak
-1.9 ile -1 aralığı	Çok az kurak
-0.9 ile 1 aralığı	Ortalamaya yakın
1.1 ile 2 aralığı	Çok az nemli
2.1 ile 3 aralığı	Orta derecede nemli
3.1 ile 4 aralığı	Ekstrem nemli

Normalin Yüzdesi İndisi (PNI)

Bu indis, kuraklık indislerin en basitidir ve öncelikle yağışın belirli bir süre boyunca ortalamaya bölünmesiyle yüzde olarak hesaplanır. PNI'yi hesaplamak için 12 ay veya daha kısa yağış dönemleri de kullanılabilir (Willeke vd. 1994; “Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi”, t.y.), (“MGM” , 2022).

$$PNI = \frac{P_i}{P_t} \times 100 \quad (2.1)$$

burada PNI normalin yüzdesi indisi, P_i aktüel yağış miktarı ve \bar{P}_i ortalama yağış miktarını göstermektedir.

PNI değerlerine bakılarak yapılan kuraklık değerlendirmesinde indeksin sistematik olarak eşiğin altında kaldığı dönem kuraklık dönemi olarak tanımlanmıştır. Eşiğin altına düşen ilk değer kuraklığın başlangıcı, indeksin eşiği aştığı değer ise kuraklığın sonu olarak kabul edilir. Bu yöntemle kuraklığın şiddeti türe göre sınıflandırılır (Tablo 4).

Tablo 4

Normalin yüzdesi indisi ve ara sınıf eşik değerleri

Dönem	Normal ve üzeri (Tehlike yok)	Hafif Kurak (İzlemeye başla)	Orta Şiddette Kurak (Uyarı)	Şiddetli Kurak (Acil durum)
1	%75'den büyük	%65-%75	%55-%65	%55'den küçük
3	%75'den büyük	%65-%75	%55-%65	%55'den küçük
6	%80'den büyük	%70-%80	%60-%70	%60'dan küçük
9	%83,5'den büyük	%73,5-%83,5	%63,5-%73,5	%63,5'den küçük
12	%85'den büyük	%75-%85	%65-%75	%65'den küçük

Palmer Kuraklık Şiddet İndisi (PDSI)

Palmer yöntemi, uzun vadeli yağış azlığı sonucunda toprak nemindeki eksiklik ile nitelenen meteorolojik kuraklıkları belirlemek, nitelemek ve izlemek için Palmer tarafından geliştirilmiştir (Palmer 1965). Türkeş ve Tatlı'nın da (2010) belirttiği üzere bu yaklaşım, şiddetli kurak koşulların ölçülendirilebilmesi için genel bir meteorolojik kuraklık indisi. Tablo 5'de kuraklığın veya nemli dönemin başlangıcı ve bitişi gösterilmiştir.

Tablo 5

Palmer kuraklık şiddet indisi ve ara sınıf eşik değerleri

PDSI	Kuraklık Sınıfı
≥ 4	Aşırı nemli
3 ile 3.99	Çok nemli
2 ile 2.99	Orta nemli
1 ile 1.99	Hafif nemli
0.5 ile 0.99	Yeni başlayan nemli dönem
0.49 ile -0.40	Normal
-0.5 ile -0.99	Yeni başlayan kurak dönem
-1 ile -1.99	Hafif Kurak
-2 ile -2.99	Orta Kurak
-3 ile -3.99	Şiddetli Kurak
≤ -4	Aşırı Kurak

Ürün Nem İndisi (CMI)

Ürün Nem İndisi (CMI) ürün koşullarını izlemek için geliştirilen kısa vadeli meteorolojik bir yaklaşımdır. Palmer (1968) tarafından PDSI hesaplanmasında kullanılan hesaplama yöntemlerinden geliştirilmiştir. PDSI, uzun dönem nemli ve kurak meteorolojik koşulları izlerken CMI ürün üreten bölgelerdeki kısa dönemli nem koşullarını izlemek için geliştirilmiştir. Bu indisin girdisi bir iklim bölümü içindeki haftalık ortalama sıcaklık ve toplam yağıştır. CMI, kısa süreli hesaplamaları içermesinden dolayı değişen şartlara hızlı yanıt verir (Akbaş,2013). CMI, -4,2 ve +3 arasındaki değerler ile gösterilir (Tablo 6).

Tablo 6

Ürün nem indisi ve ara sınıf eşik değerleri

Ürün Nem İndisi (CMI) Değerleri	Şiddeti
≤ -4.00	Ekstrem Kurak
-3.00 ile -3.99	Şiddetli Kurak
-2.00 ile -2.99	Aşırı Kurak
-1.00 ile -1.99	Anormal Kurak
0.99 ile -0.99	Hafif Kurak / Uygun Nem
1 ile 1.99	Anormal Nemli
2 ile 2.99	Nemli
≥ 3.00	Aşırı Nemli

Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI)

Standartlaştırılmış yağış indisi geniş bir zaman ölçeğinde yağış eksikliğinin niceliksel olarak belirlenmesi amacıyla tasarlanmış olan önemli bir kuraklık izleme metodudur. SPI, belirlenen zaman dilimi içerisinde yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesiyle elde edilir (McKee vd., 1993). İndisin hesaplanması yağışın 12 ay ve daha az periyotlarda normal dağılıma uymaması nedeniyle karmaşıktır. Bu yüzden yağış dizileri önce normal dağılıma uygun hale getirilir. Elde edilen SPI değerleri yağış eksikliği ile lineer şekilde artan ve azalan bir eğilim gösterir. Belirlenen zaman periyodu içerisinde standartlaştırılmış olan SPI değerleri hem kurak hem de nemli dönemler için aynı şekilde temsil edilmiş olur. Tablo 7’de gösterildiği gibi SPI, -1 ve altındaki değerler kuraklığı +1 ve üzerindeki değerler ise nemli koşulları ifade eder (McKee vd, 1994).

Tablo 7

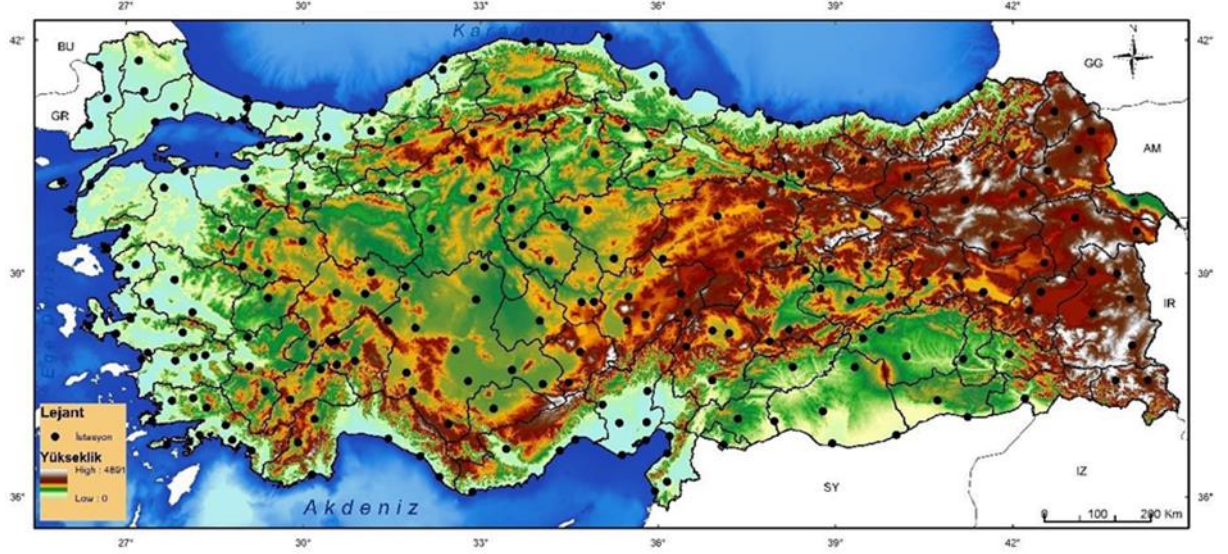
Standartlaştırılmış yağış indisi ve ara sınıf eşik değerleri

SYİ	Kuraklık sınıfları
$2 \leq$	Çok Aşırı Nemli
1.99 - 1.5	Aşırı Nemli
1.49 – 1.0	Orta Derece Nemli
0.99 – (-0.99)	Normal
(-1.0) – (-1.49)	Orta Derece Kurak
(-1.5) – (-1.99)	Aşırı Kurak
$-2 \geq$	Çok Aşırı Kurak

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL VE YÖNTEM

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) alınan 1970-2019 yıllarına ait tüm Türkiye'yi kapsayan manuel ve otomatik istasyonların aylık toplam yağış ve ortalama sıcaklık verilerinin homojenlik testleri yapılmış ve 222 adet istasyon uygun görülmüştür.



Şekil 1. SPEI hesaplamalarında kullanılan istasyonların Türkiye üzerindeki alansal dağılımı

Pettitt's, Standart normal homojenlik testi (SNHT), Buishand's, von Neumann's homojenlik testleri XLSTAT paket programı kullanılarak elde edilmiştir. En fazla %5 eksik verisi olan istasyonların verileri kriging enterpolasyon yaklaşımı uygulanarak tamamlanmıştır. Homojenlik ve eksik veri süreçlerinin tamamlanmasının ardından tüm istasyonlardaki Potansiyel Evapotranspirasyon (PET) hesaplanmıştır. Yağış – PET = Su açığı (İng. Water Deficit. WD) değerleri elde edilmiştir. Türkeş ve Tatlı'nın (2011) çalışmalarında belirttikleri üzere 12 aylık kayan ortalama değerlerinin kuraklık izlemede güvenilir ve daha anlamlı sonuçlar vermesinden dolayı bu tez çalışması için SPEI hesaplamaları 12 aylık (SPEI_12) olarak ele alınmıştır. Türkeş ve Tatlı (2009), Akdeniz ülkeleri için kış aylarını temsilen Şubat ayı, yaz aylarını temsilen de Temmuz ayı referans alınarak SPEI-12 değerleri kullanılmıştır.

3.1. Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI)

SPEI 2010 yılında Vicente Serrano vd. tarafından bitki evapotranspirasyonu ve meteorolojik kuraklığı dikkate alarak tarımsal kuraklık şiddetinin değerlendirilmesi için geliştirilmiştir. Standart Yağış İndisi (SPI) hesaplamasına benzerdir (Bakanoğulları, 2020).

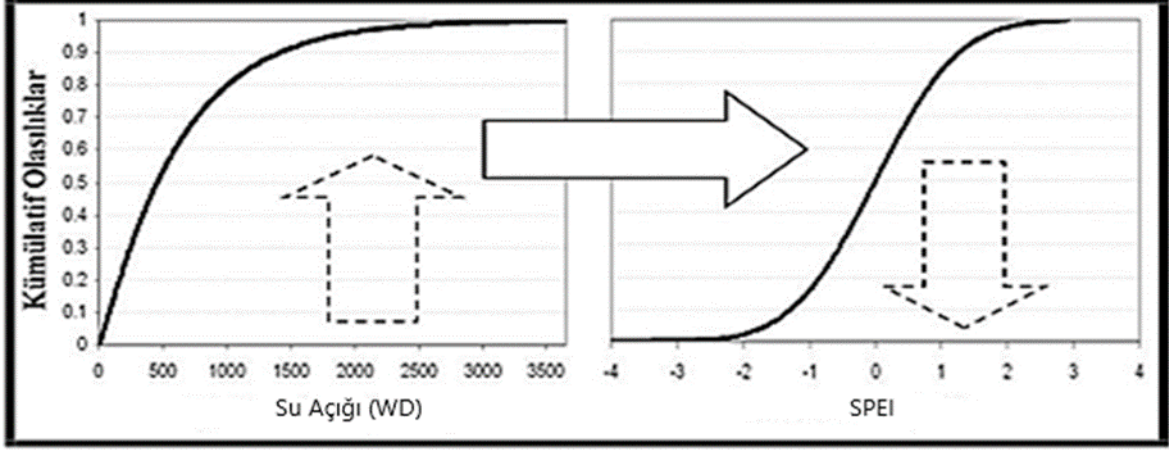
SPEI değerleri su açığı verilerinden elde edilir. Şekil 2’de SPEI hesaplama prosedürü gösterilen bu indeksin hesaplaması birçok istatistiksel adımlar izler. Yağıştan çıkarılan PET sonucu elde edilen su açığının ilk önce hangi olasılık dağılıma uyduğu belirlenir. Daha sonra ters normal dağılım ile Tablo 8’de eşik değerleri verilen SPEI değerleri bulunur.

Tablo 8

Standartlaştırılmış yağış evapotranspirasyon indisi ve ara eşik değerleri

SPEI	Kuraklık Göstergeleri
≥ 2	Aşırı Nemli
1.5 - 1.99	Çok Nemli
1.0 – 1.49	Orta Nemli
0.99 – (-0.99)	Normal
(-1.0) – (-1.49)	Orta Kurak
(-1.5) – (-1.99)	Şiddetli Kurak
≤ -2	Aşırı Kurak

Olasılık dağılımı olarak genelde log-lojistik veya 3-parametrelili Gamma dağılımları uygulanır. Ancak bu çalışmada L-momentler (Hosking,1996) su-açığı verisine en iyi uyan dağılım sonucu SPEI değerleri elde edilmiştir. SPEI yöntemi klasik anlamda yaygın kullanılan SPI yöntemine çok benzerdir, ancak SPI’ de sadece yağış değişkeni kullanılırken burada, yağış ve PET kullanılarak elde edilen su-açığı kullanılır. Bu yöntemde SPI algoritması su- açığı verilerine uygulanıyor denebilir (Vicente Serrano vd., 2010). SPEI deki ilk hesap PET’ in hesaplanmasıdır. PET iki yolla hesaplanır: 1) mikro-meteorolojik ve 2) ampirik. Mikro-meteorolojik yaklaşım ile PET hesabı bazı zorluk içerir çünkü her noktada her zaman modelin istediği meteorolojik verilere ulaşılamayabilir. Örneğin, yüzey sıcaklığı, hava nemi, su buhar basıncı, güneş radyasyonu vb. değişkenler sayılabilir (Alley, 1984; Tatlı ve Türkeş, 2011: 982).



Şekil 2. SPEI elde edilmiş adımlarının şematik gösterimi

PET hesabı aşağıdaki adımları izler:

$$PET = 16. K \left(\frac{10 \times T}{I} \right)^a \quad (3.1)$$

bu ifadede T aylık ortalama sıcaklığı, K , enlem düzeltme katsayısı ve I ise yıllık sıcaklık indisini göstermektedir. Sıcaklık indisi, I , aşağıdaki gibi elde edilir.

$$A = 6.75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7.71 \times 10^{-5} \times I^2 + 1.79 \times 10^{-2} \times I + 0.49 \quad (3.2)$$

Bu denklemde A , I 'ya bağlı geçici bir katsayıdır. I 'nın değeri tüm 12 aylık, i , değerlerinin toplamından hesaplanır.

$$I = \sum_1^{12} i \quad (3.3)$$

$$i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514} \quad (3.4)$$

Diğer taraftan, K düzeltme katsayısı her bir istasyonun enlemine bağlı hesaplanır.

$$K = \left(\frac{N}{12}\right) \times \left(\frac{m}{30}\right) \quad (3.5)$$

Bu denklemde, sırasıyla N , aylık ortalama gün ışığı uzunluğu (saat / gün) ve m ise her bir aydaki gün sayısını göstermektedir. SPEI ise yağıştan PET değerinin çıkarılması ile elde edilmektedir (Tatlı ve Türkeş, 2011: 982). P ve PET arasındaki fark aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$D_i = P_i - PET_i \quad (3.6)$$

D_i i'inci ayın su-açığı değeridir. Farklı zaman aralıklarındaki meteorolojik kümülatif su-açığı aşağıdaki gibi gösterilebilir (Topçu ve Karaçor, 2020).

$$D_n^k = \sum_{i=0}^{k-1} (P_{n-i} - PET_{n-i}), \quad n \geq k \quad (3.7)$$

burada k , ay olarak zaman aralığını ve n ise frekansı temsil etmektedir.

Akdeniz havzasındaki yağış serileri genelde Gamma dağılımına uymaktadır (Türkeş ve Tatlı, 2009; Tatlı ve Türkeş, 2011). Bu çalışmada SPEI hesabında sadece Gamma dağılımı değil diğer dağılımları da hesaba katılarak dağılımların belirlenmesinde L-moment yaklaşımı kullanılmıştır (Vicente-Serrano vd., 2010). L-moment diyagramlarını oluşturmak için L- moment oranları hesaplanmalıdır. Olasılık ağırlıklı momentler aşağıdaki formül ile elde edilir,

$$w_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (1 - F_i)^s \times D_i \quad \left| \quad F_i = \frac{j-0.35}{n} \right. \quad (3.8)$$

Bu ifadede sırasıyla n veri noktalarını sayısı ve j ise D_i değerlerinin artan dizi oluşturacak şekilde sıralanması ile verilen sıra numaralarını (artan sıradaki gözlem aralığı veya rankı) ifade eder. D_i serilerini modellemek için en uygun dağılımı seçmek zordur. Vicente-Serrano, Pearson III, lognormal ve genelleştirilmiş uç değerler gibi seçilen 3 parametrelili dağılımlardan ziyade D serilerine 3 parametrelili Log-Lojistik dağılımının uyduğunu belirlemiştir (Vicente-Serrano vd.,2010; Topçu ve Karaçor, 2020). 3-parametrelili bir log-lojistik dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibi verilebilir.

$$f(x) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{x-\gamma}{\alpha}\right)^{\beta-1} \left[1 + \left(\frac{x-\gamma}{\alpha}\right)^{\beta}\right]^{-2} \quad (3.9)$$

burada α ölçek, β şekil ve γ ise konumu parametresini temsil etmektedir. Log-lojistik dağılımın parametreleri L-moment yaklaşımıyla aşağıdaki formüllerle elde edilir:

$$\beta = \frac{2\omega_1 - \omega_0}{6\omega_1 - \omega_0 - 6\omega_2}, \quad \alpha = \frac{(\omega_0 - 2\omega_1)\beta}{\Gamma(1+1/\beta)\Gamma(1-1/\beta)}, \quad \gamma = \omega_0 - \alpha\Gamma\left(\frac{1+1}{\beta}\right)\Gamma\left(\frac{1-1}{\beta}\right) \quad (3.10)$$

burada $\Gamma(\beta)$, β 'nin gamma fonksiyonudur. D serilerinin log-lojistik dağılımına göre olasılık yoğunluk fonksiyonu ise denklem 3.11'de gösterilmiştir,

$$F(x) = \left[1 + \left(\frac{\alpha}{x-\gamma}\right)^{\beta}\right]^{-1} \quad (3.11)$$

$F(x)$ ile SPEI, $F(x)$ 'in standartlaştırılmış değerleri olarak kolayca elde edilir.

$$SPEI = W - \frac{C_0 + C_1W + C_2W^2}{1 + d_1W + d_2W^2 + d_3W^3} \quad (3.12)$$

$$(W = \sqrt{-2 \ln(P)} \text{ için } P \leq 0.5)$$

burada belirlenen P , bir D değerini aşma olasılığıdır. $P = 1 - F(x)$; $P > 0.5$ ise P , $1-P$ ile değiştirilir ve ortaya çıkan SPEI işareti tersine çevrilir. Denklem 12'deki sabitler sırasıyla şöyledir;

$$C_0 = 2.515517, C_1 = 0.802853, C_2 = 0.010328,$$

$$d_1 1.432788, \quad d_2 = 0.189269, d_3 = 0.001308$$

3.1.1. Kriging Enterpolasyon Yöntemi

Kriging enterpolasyon yöntemi, Güney Afrikalı maden mühendisi Daniel G. Krige tarafından madenlerdeki cevher türünü tahmin etmek için önerilmiştir. Ayrıca Georges Matheron tarafından geliştirilmiştir. Kriging, bilinen yakın noktalardan alınan verileri kullanarak, diğer noktalardaki verilerin en iyi değerlerini tahmin eden bir enterpolasyon yaklaşımıdır (İnal vd. 2002; Yaprak ve Arslan, 2008).

$$T_k = \sum_{i=1}^n K_i \times T_i \quad (3.13)$$

burada n = modeli oluşturan nokta sayısı

$T_i = T_k$ in hesabında kullanılan noktaların geoit ondülasyon değerleri

T_k = Aranılan ondülasyon değeri

K_i = T'nin hesabında kullanılan her T_i değerine karşılık ağırlık değerleridir.

Enterpolasyonun yansız olabilmesi için ağırlık toplamlarının 1'e eşit olması gerekmektedir.

Bu durumda n tane bilinmeyen ve $(n+1)$ tane denklem vardır. Çözümün yansız olabilmesi için λ Lagrange çarpanı eklenerek denklem sayısı bilinmeyen sayısına eşitlenmiş olur (İnal ve Yiğit, 2003; Yaprak ve Arslan, 2008).

Ağırlıklar variogram fonksiyonlarından yararlanılarak aşağıda gösterildiği gibi bulunur;

$$K = \gamma^{-1} \times \gamma_0 \quad (3.14)$$

K = Ağırlık matrisini,

γ = Dayanak noktaları arasındaki semivariogram matrisini,

γ_0 = Dayanak noktaları ile kestirim noktası arasındaki semivariogram matrisini temsil eder.

Ağırlıkların belirlenmesinden sonra eşitlik 3'ten her bir nokta için kestirim değerleri hesaplanır. Kriging varyansı aşağıdaki eşitlik ile bulunur.

$$\sigma^2 = K^T \times \gamma_0 \quad (3.15)$$

burada K^T = Ağırlık matrisinin transpozu, σ^2 Kriging varyansını ifade eder.

Bu Tez'de eksik veriler Kriging yaklaşımı kullanılarak bulunmuştur. Ayrıca, çalışmada ArcGIS 10.3.1 yazılımı kullanılarak 200 istasyon noktasına Kriging enterpolasyon yöntemi uygulanarak mekânsal haritalar elde edilmiştir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

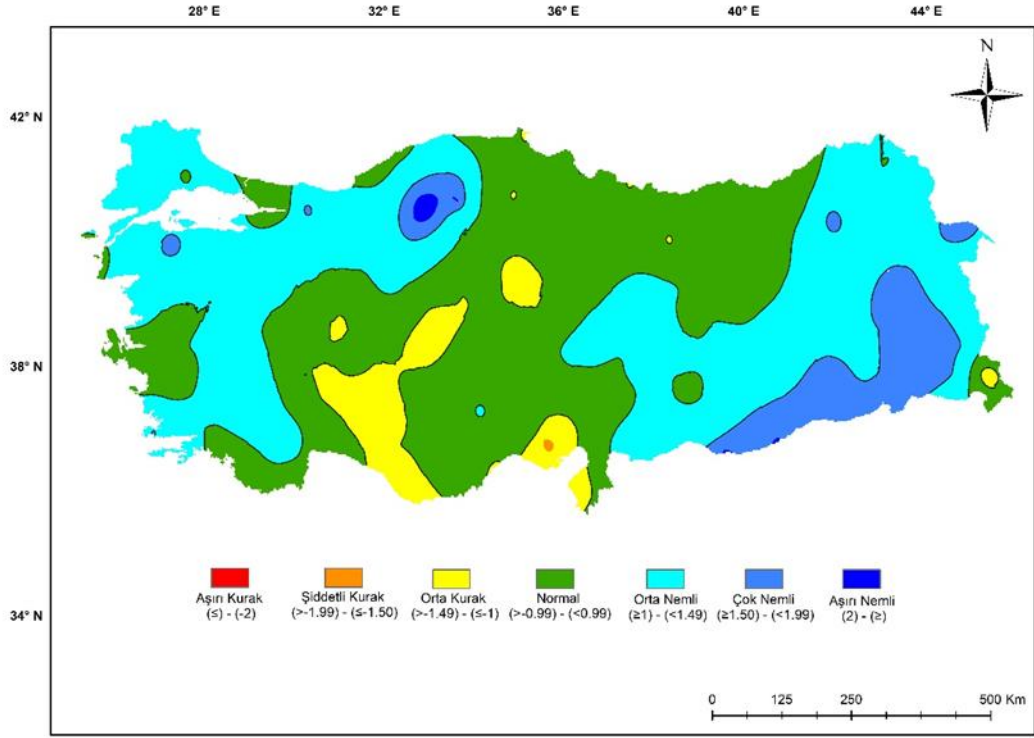
Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan 1970-2019 yıllarına ait aylık toplam yağış, aylık ortalama sıcaklık verileri ile Akbaş'ın (2014), yapmış olduğu çalışma baz alınarak Türkiye'de kurak geçen belli yıllar üzerinde (1973, 1974, 1983, 1984, 1989, 1990, 1991, 1996, 2007, 2008, 2013, 2014, 2016, 2017, 2018,2019) SPEI indisi 12 aylık zaman dilimi için uygulanarak yapılan analizler aşağıda başlıklar halinde yorumlanmıştır.

4.1. 1973 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları

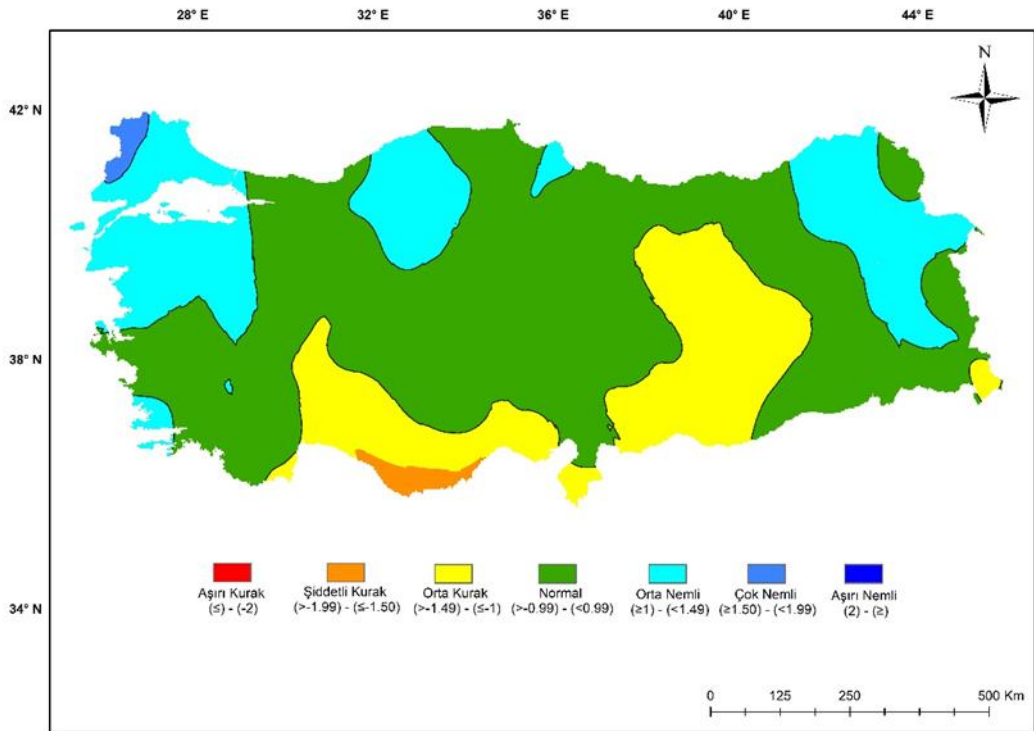
Şekil 3a'da verilen 12 aylık SPEI değerlerinin mekânsal dağılışına göre 1973 yılının Şubat ayında, Türkiye'nin dikkate değer bir bölümünde, normal ve orta nemli kuraklık sınıfları görülür. Bolu, Karabük ve Kastamonu illerinin belirli kesimlerini içerisine alan bölgede ise çok nemli ve aşırı nemli sınıfları yayılış gösterir. Buna ek olarak, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nin bazı kesimleri dışarıda bırakıldığında, genel olarak, kuraklık sınıfı orta ve çok nemlidir. Öte yandan, Konya, Antalya'nın doğusu, Kırşehir, Adana ve Hatay'ın Akdeniz'e bakan kesimleri orta kurak; Adana'da dar bir kesimde ise şiddetli kurak sınıfı görülür.

Şekil 3b ise 1973 yılı Temmuz ayı için hesaplanan SPEI değerlerinin mekânsal dağılışını gösterir. Öncelikle Şubat (Şekil 3a) ve Temmuz (Şekil 3b) ayları kıyaslandığında, Temmuz ayında kuraklığın daha geniş bir alanda etkili olduğu söylenebilir. Özellikle Taşeli platosunun Akdeniz kesiminde aşırı kuraklığın yaşandığı görülmektedir. Bunun yanı sıra, hemen hemen Akdeniz Bölgesi'nin geneli, Konya ve Isparta'nın bir bölümü, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nin batısı ve Hakkâri ise orta kurak özelliktedir. Diğer taraftan Marmara Bölgesi'nin güneyi, Trakya bölümü, Bartın ve Zonguldak'ın Karadeniz kıyılarından iç kesimlere Ankara'ya kadar olan bölüm, Rize, Artvin ve Doğu Anadolu'nun bazı kesimleri orta nemli sınıfındadır. Geriye kalan geniş bölgede ise normal özellikler görülür.

(a)



(b)



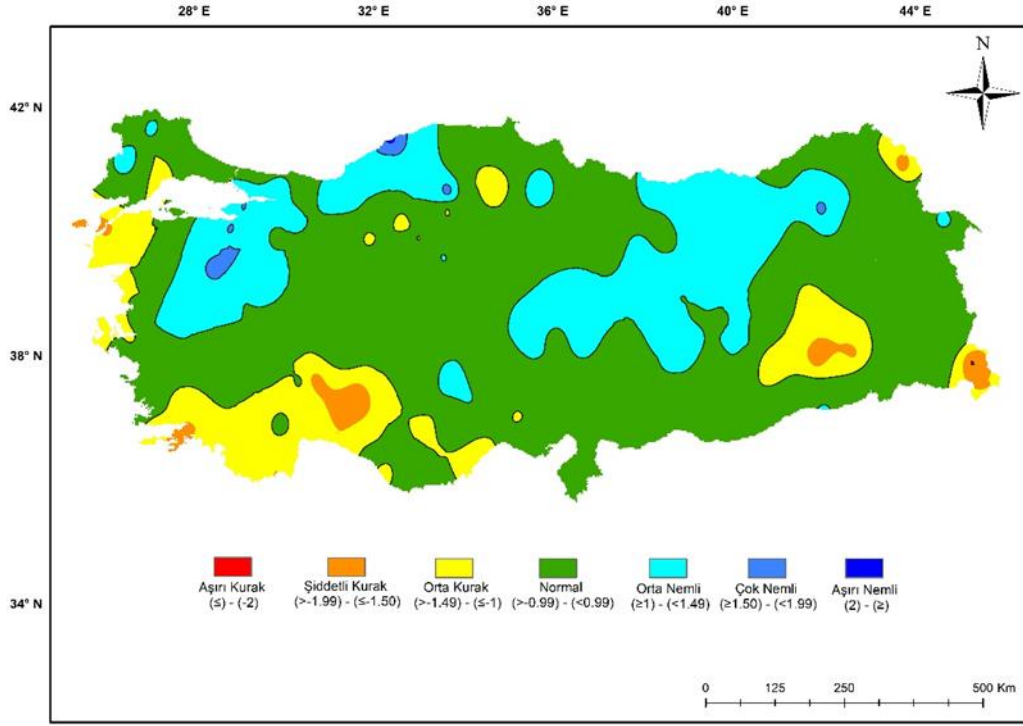
Şekil 3. 1973 Şubat ayı (a) ve Temmuz ayı (b) SPEI_12 kuraklık örüntüleri

4.2. 1974 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları

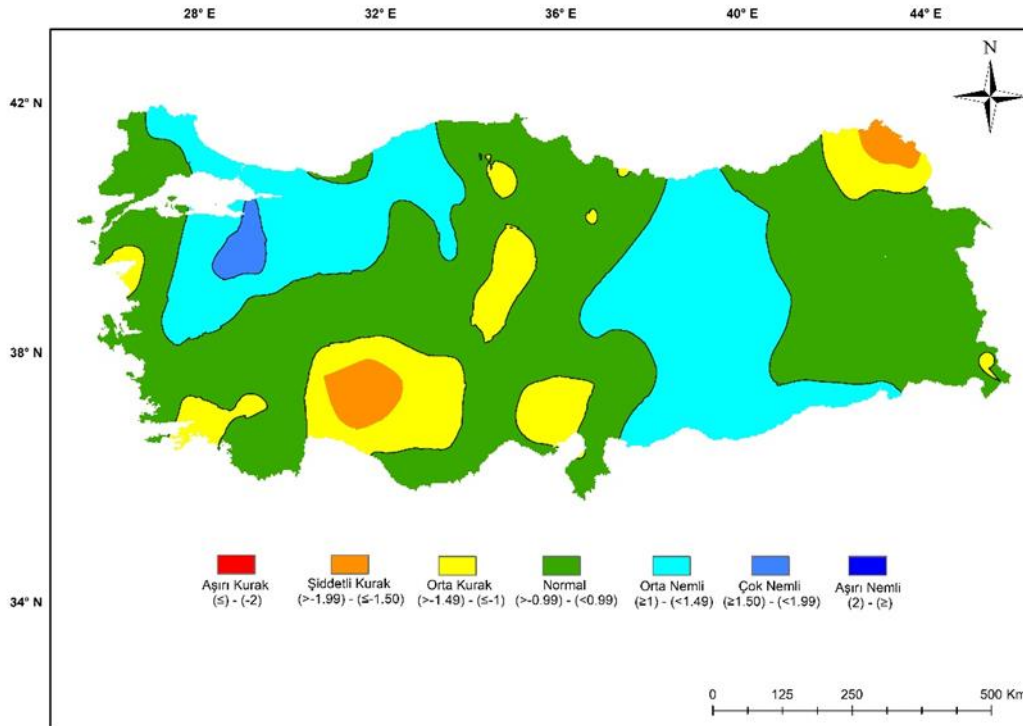
Şekil 4a 1974 Şubat ayı SPEI_12 haritasını göstermektedir. Bu harita SPEI_6 (EK Şekil 1) haritasıyla benzerlik gösterse de genel olarak normal kuraklık koşullarının egemen olduğu görülmektedir. SPEI_12 haritasını SPEI_6 haritasıyla (EK Şekil 1) kıyaslayacak olursak İç Anadolu Bölgesi'nde orta ve şiddetli kuraklık değerleri görülürken, SPEI_12 haritasında (Şekil 4a) bu durum normal ve orta nemli kuraklık sınıfları olarak görülmektedir. Tekirdağ, Çanakkale, İzmir, Muğla, Denizli, Akdeniz Bölgesi'nin Antalya Bölümü, Mersin, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Diyarbakır, Batman, Bitlis, Muş illerinin olduğu alanların bazı bölümleri, Çıldır Gölü çevresi, Yüksekova ve Şemdinli şiddetli kurak ve daha çok orta kurak kuraklık değerlerinin görüldüğü yerlerdir. Kocaeli, Sakarya, Bursa, Balıkesir, Ege Bölgesi'nin İç Batı Anadolu bölümü, Doğu Karadeniz bölümünün büyük bir kısmı, Erzincan, Elazığ, Malatya çevreleri, İç Anadolu Bölgesi'nin doğusu orta nemli kuraklık sınıfının görüldüğü yerlerdir.

1974 Temmuz ayında (Şekil 4b) Şubat ayına (Şekil 4a) benzer durumların yaşandığı gözlenmiştir. Marmara Bölgesi'nin Yıldız dağları ve Çatalca-Kocaeli bölümleri, Bandırma'dan Bozdağlara doğru ardından kuzey-doğu yönünde Bolu dağlarından Kerempe Burnu'na kadar olan bölüm; Giresun'dan güneye doğru bir hat boyunca Munzur dağları, Elazığ ovası, Elbistan, Kilis, Gaziantep - Şanlıurfa platosu, Cizre çevrelerinde nemli koşullar görülmüştür. Kaz dağı, Ayvacık, Marçal dağları, Köyceğiz ve Dalaman ovaları, Geyik dağları, Göller yöresi, Adana, Bozok platosu, Karçal dağları, Ardahan platosu, Gevar ovası orta ve şiddetli kurak sınıflarının görüldüğü yerlerdir.

(a)



(b)



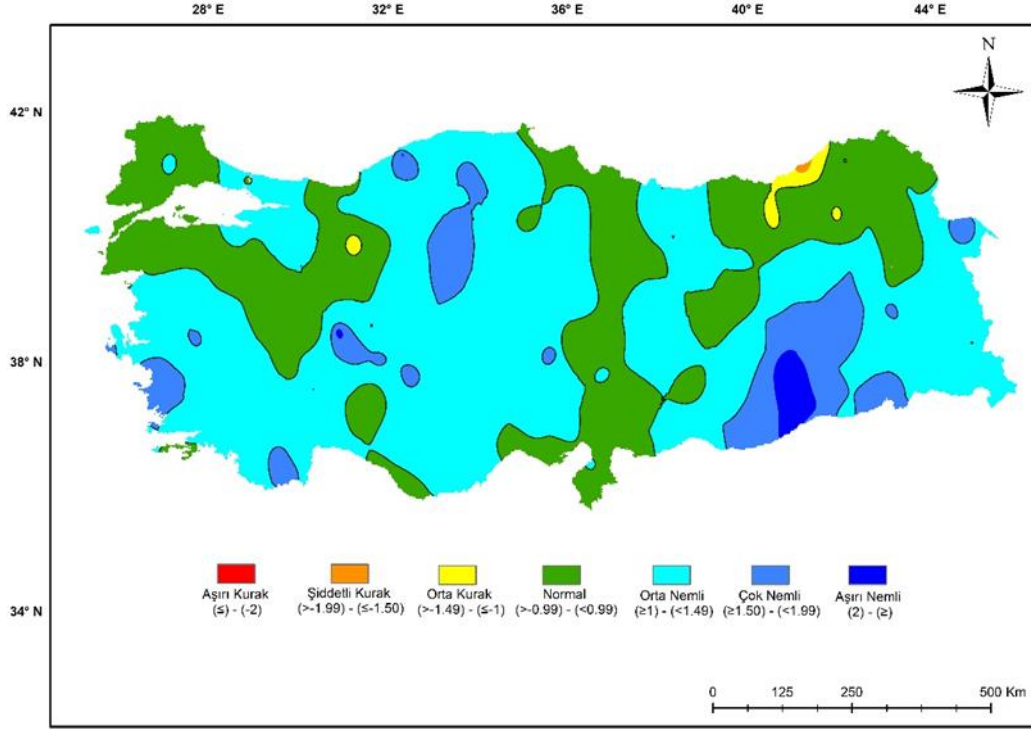
Şekil 4. 1974 Şubat ayı (a) ve Temmuz (b) SPEI_12 kuraklık örüntüleri

4.3 1983 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları

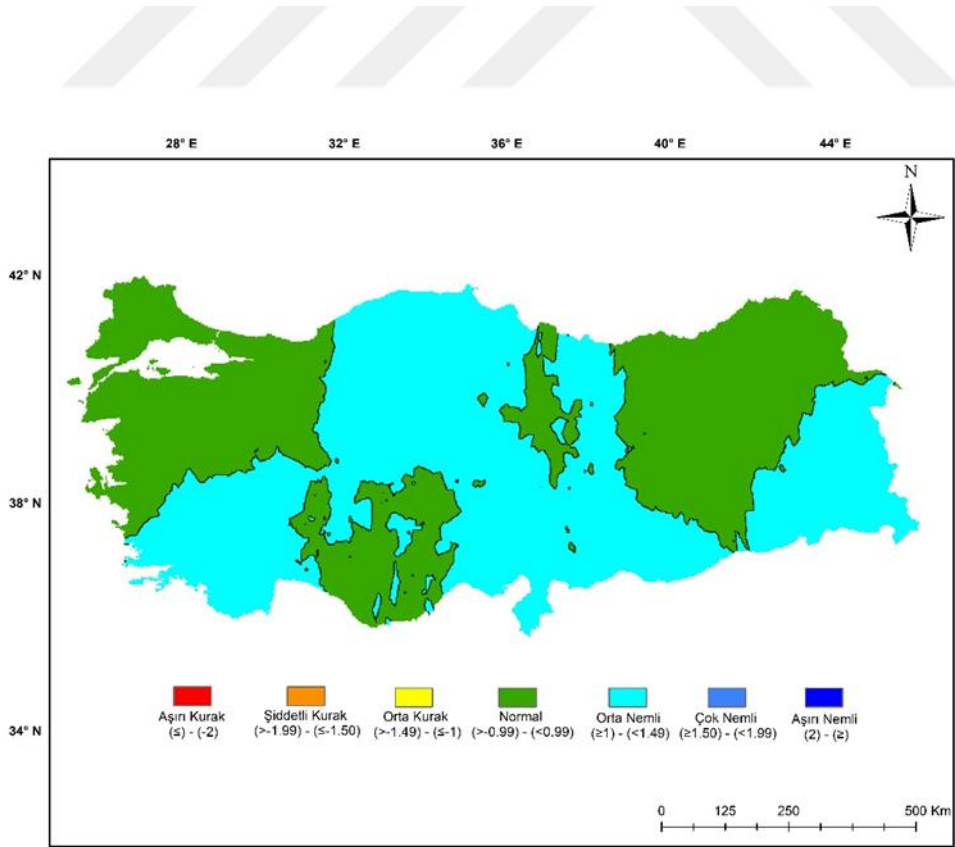
Şekil 5a 1983 yılı Şubat ayı için hesaplanan 12 aylık SPEI değerlerinin mekansal dağılımını gösterir. Bu haritada (Şekil 5a) Türkiye’de genel olarak orta nemli kuraklık sınıfının egemen olduğu görülmektedir. Marmara’nın batısı, iç Ege, Doğu Karadeniz, Orta Karadeniz bölümü ve Doğu Anadolu Bölgesi’nin bir kısmı, Sivas, Kahramanmaraş, Osmaniye, Adana, Mersin, Antakya, Beyşehir gölü çevresi normal kuraklık sınıfının görüldüğü yerlerdir. Trabzon’da dar bir kesimde orta kurak kuraklık sınıfı görülür. Geriye kalan alanlarda nemli koşullar egemendir.

1983 yılının SPEI kuraklık indisi 12 aylık Temmuz ayı desenlerine göre (Şekil 5b) Türkiye’nin tamamında normal ve orta nemli kurak kuraklık sınıfı görülmektedir. SPEI_6 (EK Şekil 2) haritası ile karşılaştırma yapacak olursak neredeyse ülkenin tamamında görülen nemli koşullarda alansal olarak daralma olmuştur. Hakkâri bölümünde SPEI_6 (EK Şekil 2) haritasında görülen normal kuraklık sınıfı, SPEI_12 (Şekil 5b) haritasında orta nemli olarak görülmektedir. Marmara Bölgesi’nin tamamı Ege Bölgesi’nin kuzey kesimleri, Isparta, İç Anadolu Bölgesi’nin Konya bölümü, Doğu Karadeniz, Doğu Anadolu Bölgesi’nin Erzurum-Kars ve Yukarı Fırat bölümleri, Diyarbakır, Mardin, Çarşamba, Tokat, Sivas’ın belli kısımlarında normal kuraklık sınıfı görülürken geriye kalan yerlerde orta nemli kuraklık sınıfı görülmektedir.

(a)



(b)



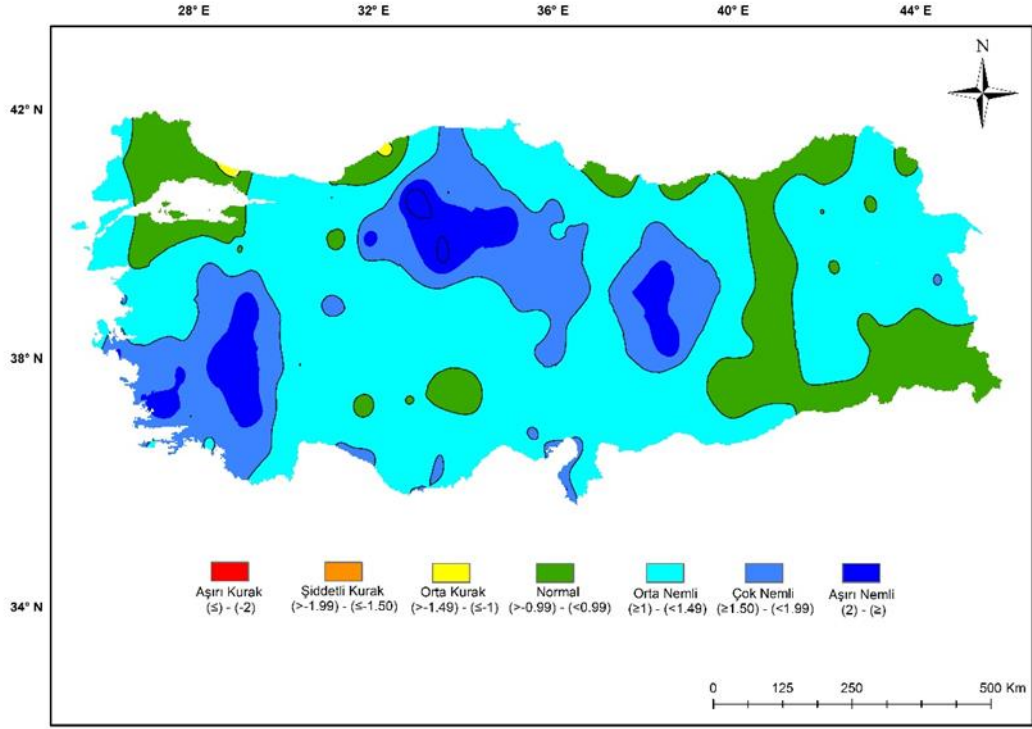
Şekil 5. 1983 Şubat ayı (a) ve Temmuz ayı (b) SPEI_12 kuraklık örüntüleri

4.4. 1984 Şubat ve Temmuz Ayı SPEI_12 Haritaları

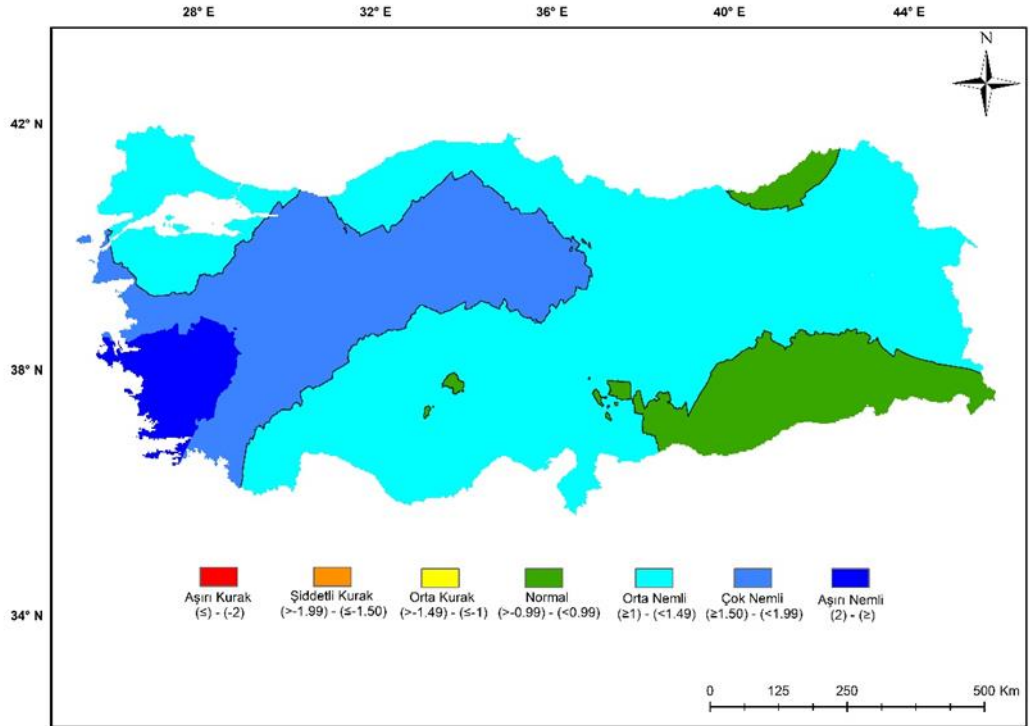
1984 yılı Şubat ayı SPEI_12 değerlerinin mekansal dağılışı haritasına (Şekil 6a) göre Türkiye'nin önemli bir çoğunluğunda nemli kuraklık sınıfları görülmektedir. Marmara Bölgesi, Edirne ve Çanakkale hariç Zonguldak, Bartın, Çarşamba, Ordu ve Doğu Karadeniz bölümünün bazı kısımları, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Hakkari bölümü, Van gölü çevresi, Bingöl, Diyarbakır, Mardin, Şanlıurfa, Konya illerinin olduğu yerler normal kurak kuraklık sınıfının görüldüğü yerlerdir. Ege Bölgesi, Orta Karadeniz, İç Anadolu Bölgesi'nin kuzeyi, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat bölümünde çok nemli ve aşırı nemli kuraklık sınıfları görülmüştür. Diğer yerlerde orta nemli kuraklık sınıfı görülmüştür.

Şekil 6b ise 1984 yılı Temmuz ayı 12 aylık SPEI değerlerinin mekansal dağılışı göstermektedir. Şekil 6a'daki haritayla benzerlik gösteren bu harita için karşılaştırma yapacak olursak, orta nemli koşulların alanı genişlerken normal ve aşırı nemli kuraklık sınıflarının görüldüğü alanlarda daralma olmuştur. Ege Bölgesi'nden kuzeydoğu yönüne doğru İç Anadolu Bölgesi'ni de kapsayan alanlarda çok nemli ve aşırı nemli kuraklık sınıfı görülmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Hakkari, Şırnak, Trabzon, Rize, Artvin illeri çevrelerinde normal kurak kuraklık koşulları yayılış göstermiştir. Geriye kalan alanlarda ise orta nemli kuraklık sınıfı egemen olmuştur.

(a)



(b)



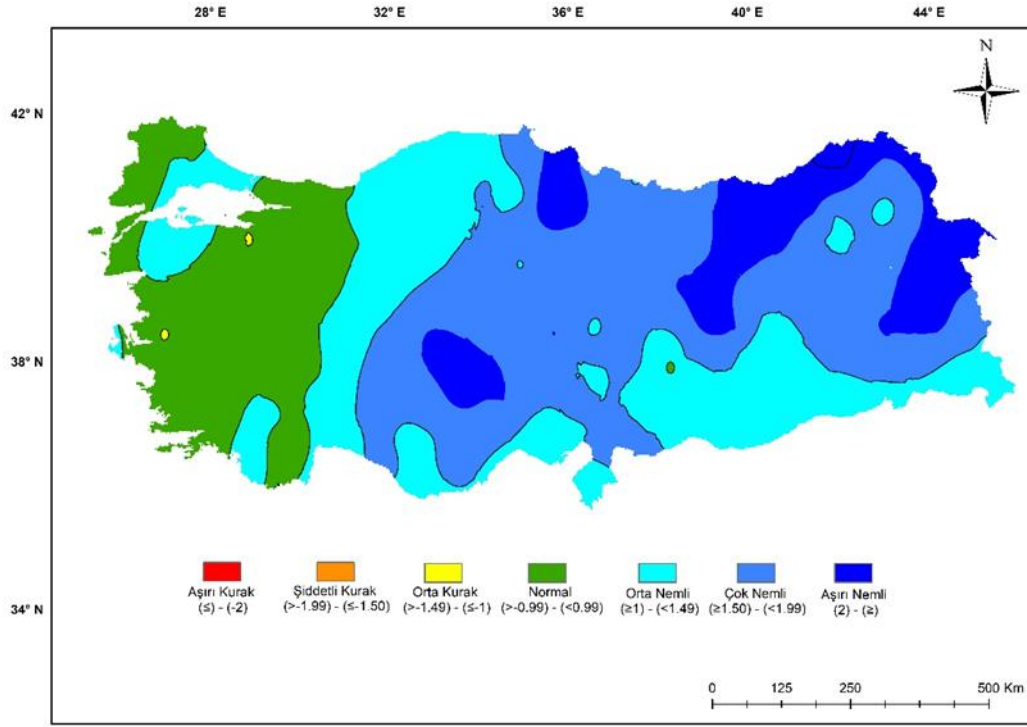
Şekil 6. 1984 Şubat ayı (a) ve Temmuz ayı (b) SPEI_12 kuraklık örüntüleri

4.5. 1989 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları

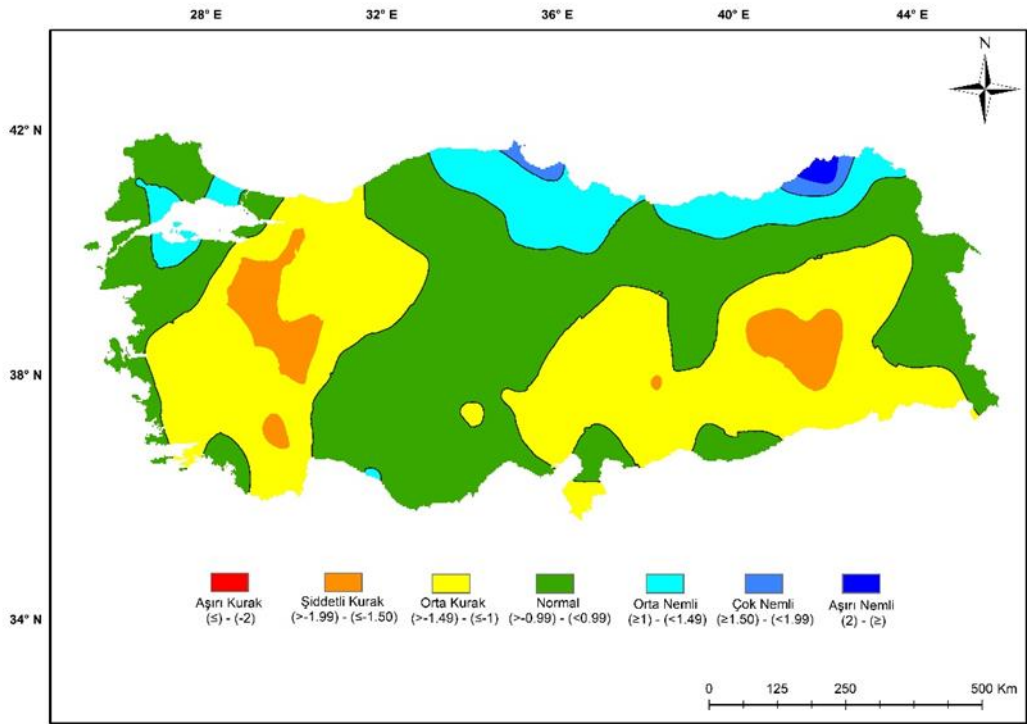
1989 yılı SPEI_12 kuraklık indisi Şubat ayı örüntülerine (Şekil 7a) baktığımızda nemli koşulların yayılış alanları oldukça fazladır. İstanbul'un Avrupa Yakası ve Balıkesir haricinde Marmara Bölgesi'nin tamamı, Ege Bölgesi, Antalya'nın bir kısmında normal kuraklık sınıfı görülmektedir. Aşırı nemli koşullar Samsun, Amasya ve Doğu Karadeniz bölümünde, Doğu Anadolu Bölgesi'nde Kars, Iğdır, Ağrı, Erzincan, Tunceli, Elazığ ve Van gölü çevresinde, İç Anadolu Bölgesi'nde Tuz gölü çevresinde görülmektedir.

Şekil 7b, 1989 yılının Temmuz ayı için hesaplanan 12 aylık SPEI değerlerinin mekansal dağılışı göstermektedir. 6 aylık (EK, Şekil 3) ve 12 aylık (Şekil 7b) SPEI değerleri kıyaslandığında şiddetli ve aşırı kurak sınıflarının azaldığı görülmektedir. Bu haritada (Şekil 7b) genel olarak kuraklık sınıfı normal ve orta kuraktır. Ege, Güneydoğu ve Doğu Anadolu Bölgeleri'nin büyük bir çoğunluğu, İç Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Kızılırmak bölümü ve Kayseri, Akdeniz Bölgesi'nde Antakya, Antalya, Burdur illerinin belirli kesimlerinde orta ve şiddetli kurak sınıfları yayılış gösterir. Düzce, Bolu, Karabük, Zonguldak ve Bartın hariç Karadeniz Bölgesi'nin neredeyse tamamında nemli koşullar egemendir. Rize aşırı nemli sınıfın görüldüğü yer olmuştur.

(a)



(b)



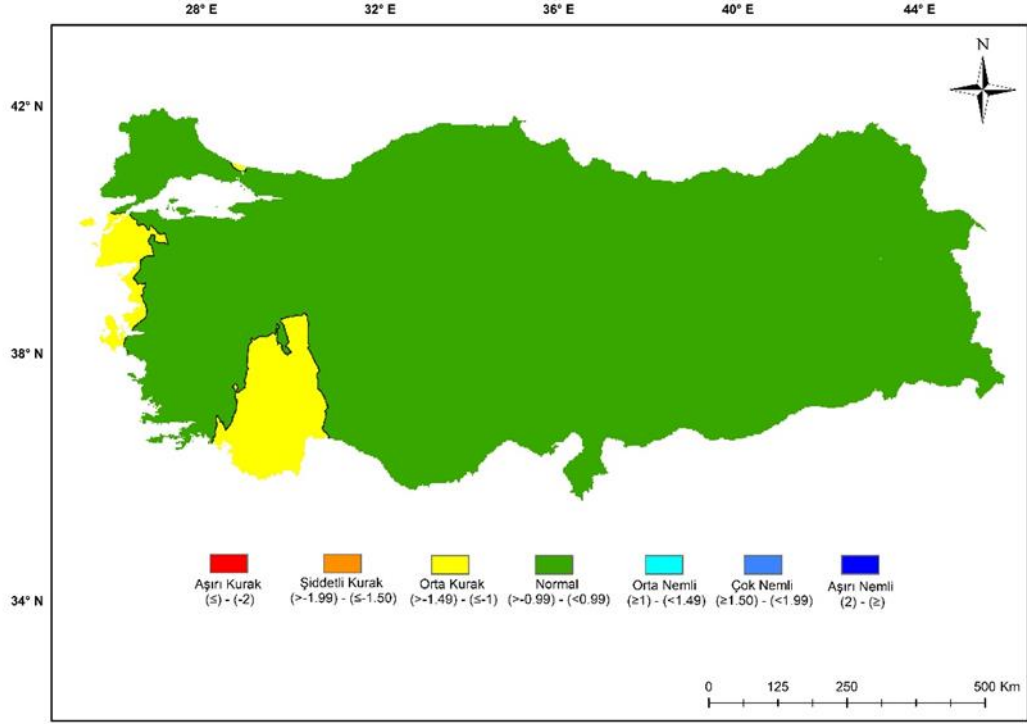
Şekil 7. 1989 Şubat ayı (a) ve Temmuz ayı (b) Spei_12 harita örüntüleri

4.6. 1990 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları

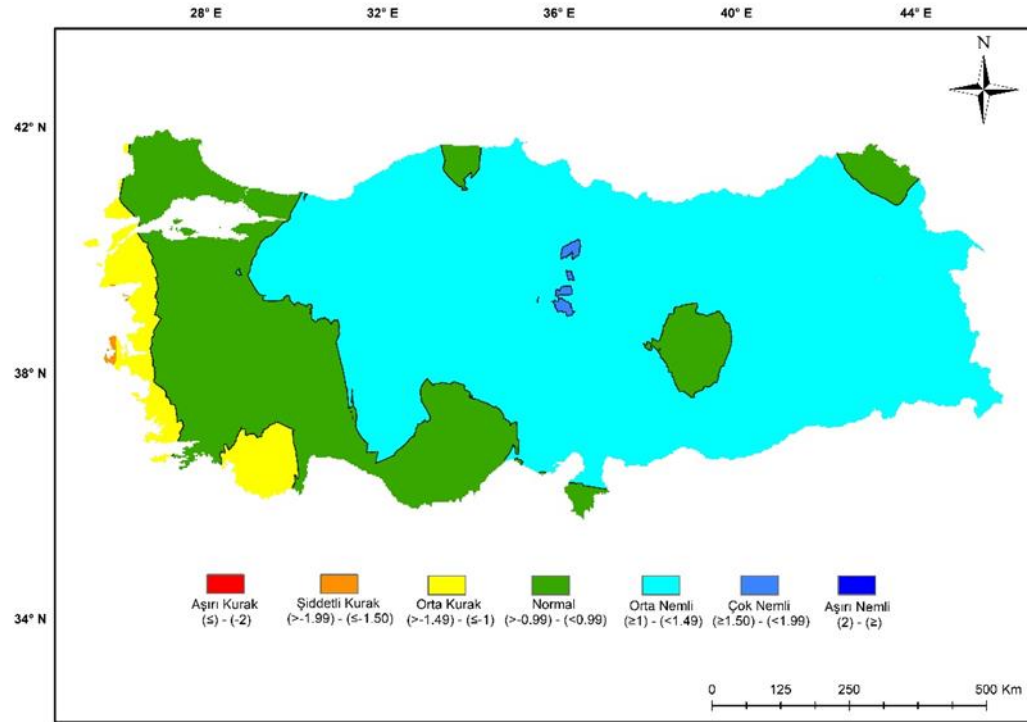
Şekil 8a'da verilen 12 aylık SPEI değerlerinin mekansal dağılışına göre 1990 yılının Şubat ayında Türkiye'nin neredeyse tamamında normal kuraklık sınıfı görülmektedir. Öte yandan; Çanakkale, Edremit, Ayvalık ve İzmir kıyıları, Batı Akdeniz'de Antalya'nın bir kısmı ve Göller yöresi civarı orta kuraktır.

Şekil 8b 1990 yılı Temmuz ayı için hesaplanan SPEI değerlerini incelediğimizde çoğunlukla normal ve orta nemli kuraklık sınıflarının etkili olduğu söylenebilir. Marmara Bölgesi'nin Ege denizine bakan kıyı kesimleri ile Ege Bölgesi'nin kıyı kesimleri, Fethiye, Kaş, Demre, Finike, Elmalı, Korkuteli çevreleri orta kurak özelliktedir. Marmara Bölgesi'nin neredeyse tamamı, İç Batı Anadolu bölümü, Hatay, Antalya, Mersin, Konya, Artvin, Kastamonu, Malatya ve Ardahan illerinin kapladığı yerlerde normal kuraklık sınıfı görülmektedir. Bu alanlar dışında kalan yerlerde orta nemli kuraklığın yaşandığı görülmektedir.

(a)



(b)



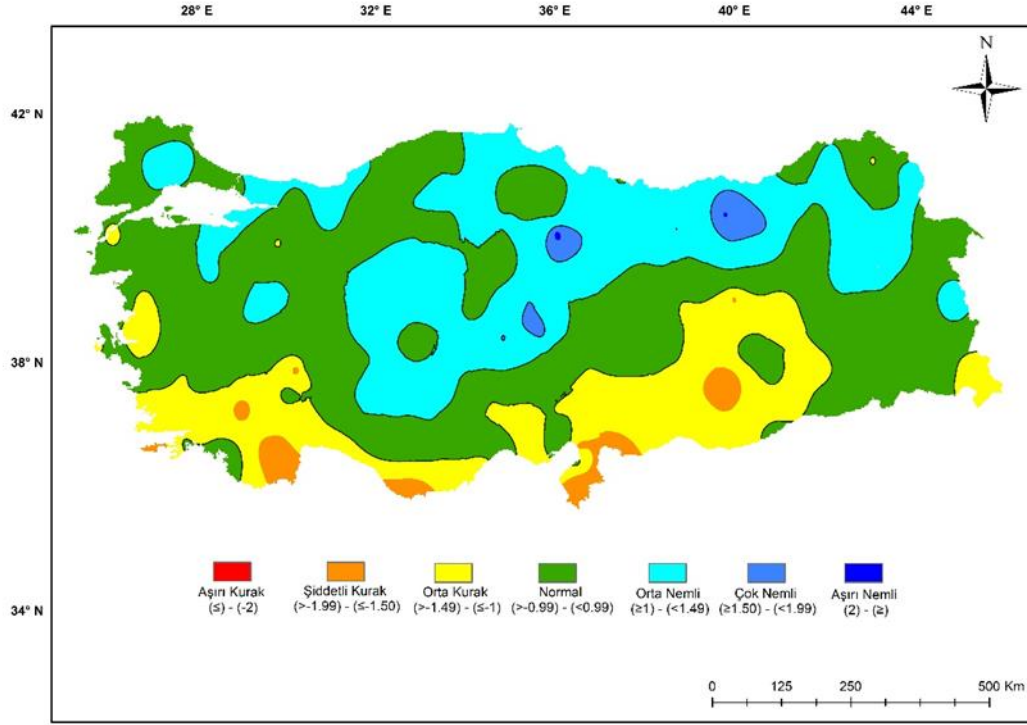
Şekil 8. 1990 Şubat ayı (a) Temmuz ayı (b) SPEI_12 kuraklık örüntüleri

4.7. 1991 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları

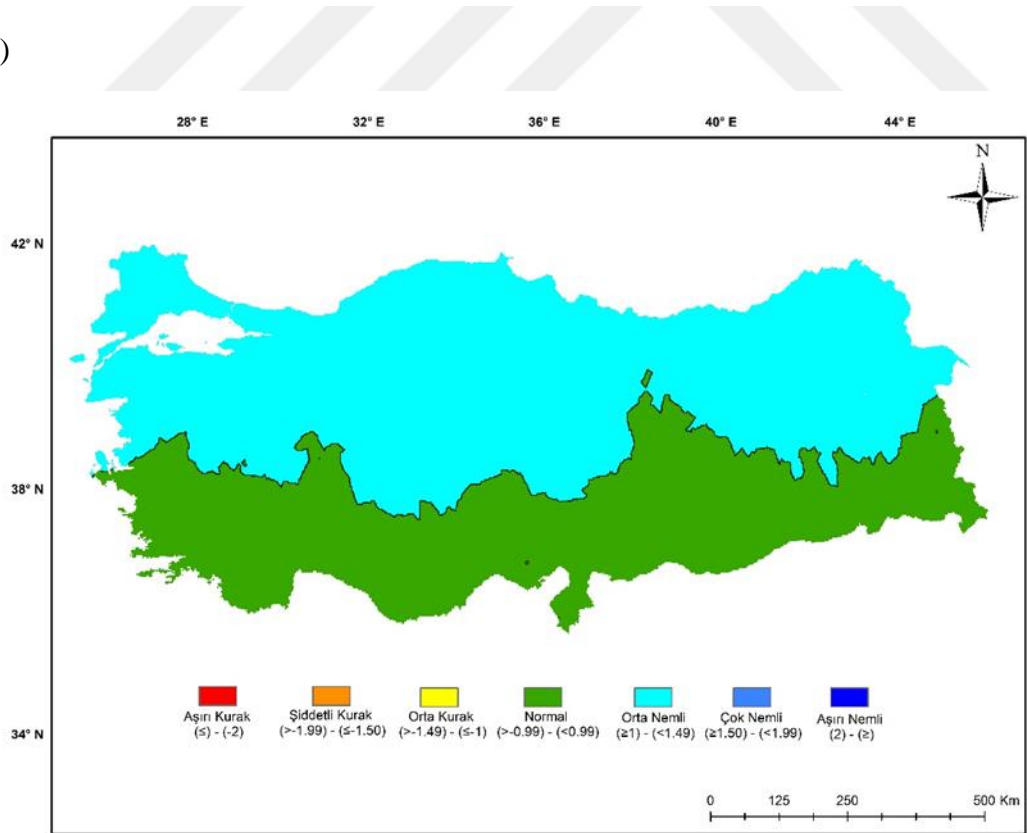
1991 Şubat SPEI_12 haritasına (Şekil 9a) baktığımızda Türkiye'nin güneyi hariç genel olarak normal ve orta nemli kuraklık sınıflarının dağılışı gösterdiği görülmektedir. Orta nemli alanlar, hemen hemen Karadeniz Bölgesi'nin tamamında, Marmara Bölgesi'nin doğusunda ve Tekirdağ civarında, İç Anadolu Bölgesi'nde Tuz gölü hariç belli yerlerde, Doğu Anadolu Bölgesi'nde Erzurum, Kars illeri civarında görülür. Tokat, Kaçkar dağları ve Kayseri de dar bir alanda çok nemli kuraklık sınıfı görülmektedir. Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nde; Antakya, Kilis, Diyarbakır, Taşeli, Bey dağları çevrelerinde şiddetli kurak Hakkari, Manisa illerinin bulunduğu alanlarda orta kurak, geriye kalan alanlarda normal kurak sınıfı görülmektedir.

Şekil 8b, 1991 yılı Temmuz ayı için hesaplanan SPEI değerlerinin mekansal dağılışı haritasını göstermektedir. Bu haritada, Türkiye normal ve orta nemli kuraklık sınıfları ile yatay bir şekilde ikiye bölünmüştür. Kuzey kesimler orta nemli, güney kesimler ise normal kuraktır diyebiliriz. Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölümleri'nin tamamı, Ege, İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgeleri'nin bir kısmı normal kurak; geriye kalan yerlerde orta nemli kuraklık sınıfı görülür.

(a)



(b)



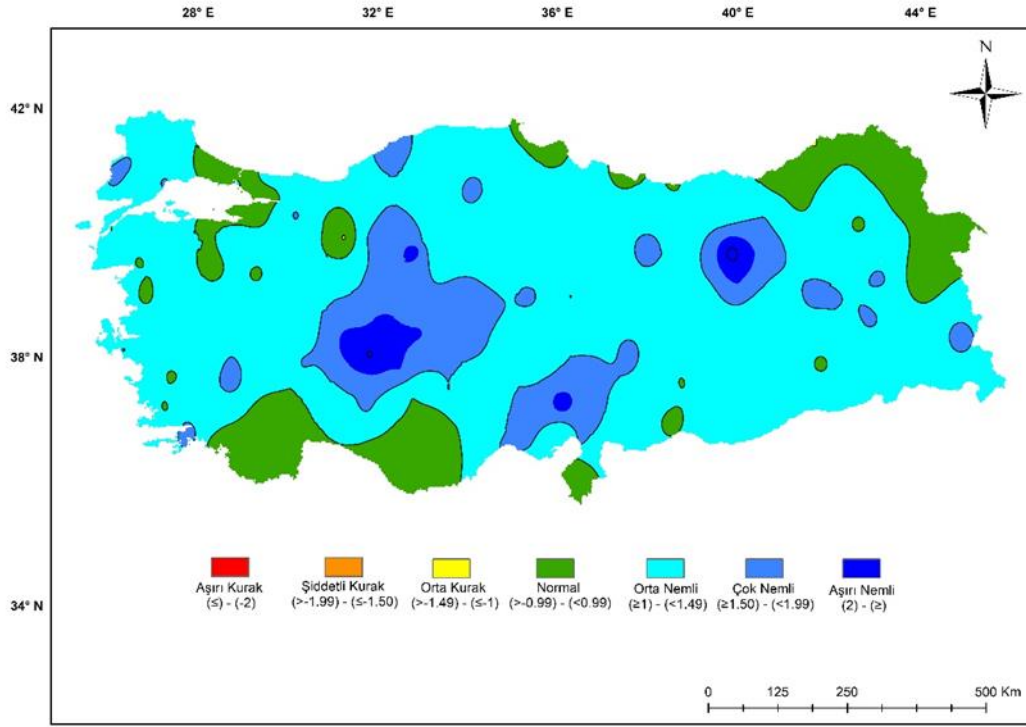
Şekil 9. 1991 Şubat ayı (a) Temmuz ayı (b) SPEI_12 kuraklık örüntüleri

4.8. 1996 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları

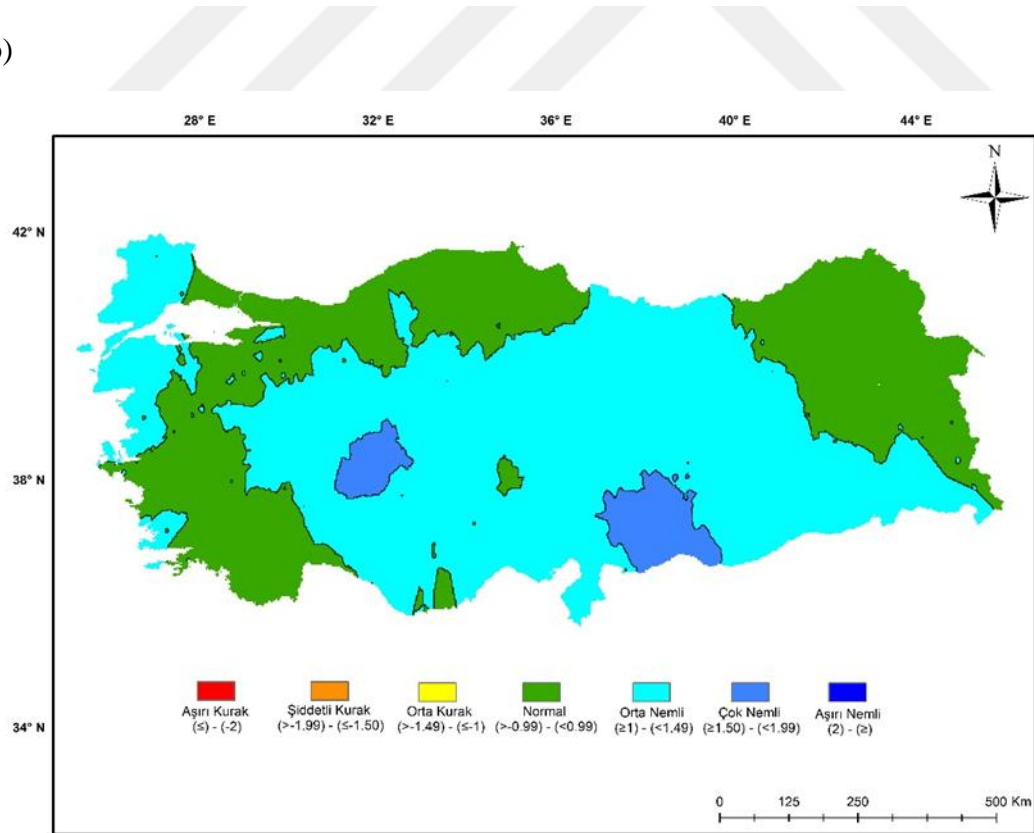
1996 yılının Şubat ayı 12 aylık SPEI değerlerinin mekansal dağılışı haritasına (Şekil 10a) göre Türkiye'nin önemli bir bölümünde özellikle orta nemli, nemli kuraklık sınıfları görülmektedir. Marmara Bölgesi'nde; İstanbul, Yalova ve Bursa çevreleri, Karadeniz Bölgesi'nde; İnceburun, Bafra, Çarşamba, Rize, Artvin, Doğu Anadolu Bölgesi'nde; Ardahan, Kars, Iğdır, Ağrı civarında, Akdeniz Bölgesi'nde Antalya, Burdur, Mersin, Antakya illerinin olduğu yerlerde normal kuraklık sınıfı görülmektedir. İç Anadolu Bölgesi'nin Konya ve Yukarı Sakarya bölümlerinde, Göller yöresi civarında, Adana, Tunceli ve Erzincan illerinin bulunduğu yerlerde çok nemli ve aşırı nemli kuraklık sınıfları görülmektedir.

Şekil 10b haritası 1996 yılı Temmuz ayı için hesaplanan SPEI değerlerinin mekansal dağılışını göstermektedir. Şubat ayı haritası (Şekil 10a) ve Temmuz ayı (Şekil 10b) haritasını kıyaslayacak olursak; nemli sınıflarının görüldüğü alanlarda daralma olurken normal sınıfının görüldüğü alanlar genişlemiştir. Yine de Şubat ayı ile benzer koşulların yaşandığı söylenebilir. Marmara Bölgesi'nin doğusu, Ege Bölgesi'nin büyük çoğunluğu, Akdeniz Bölgesi'nin Antalya bölümü, Taşeli civarı, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Erzurum – Kars ve Yukarı Murat bölümleri, Niğde ili normal kuraklığın görüldüğü yerlerdir. Suruç ovası, Kilis, Gaziantep, Kahramanmaraş, Adıyaman, Akşehir ve Eber gölleri civarı çok nemli kuraklık sınıfının görüldüğü yerlerdir. Geriye kalan geniş bölgede ise orta nemli kuraklık sınıfı hakimdir.

(a)



(b)



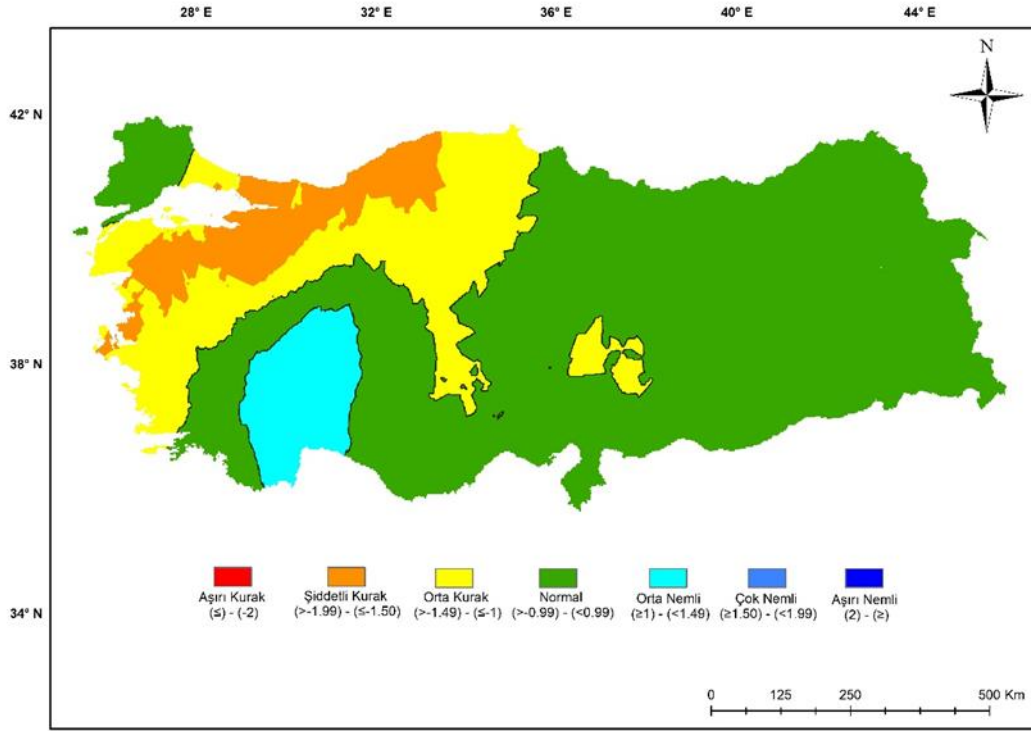
Şekil 10. 1996 Şubat ayı (a) Temmuz ayı (b) SPEI_12 kuraklık örüntüleri

4.9. 2007 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları

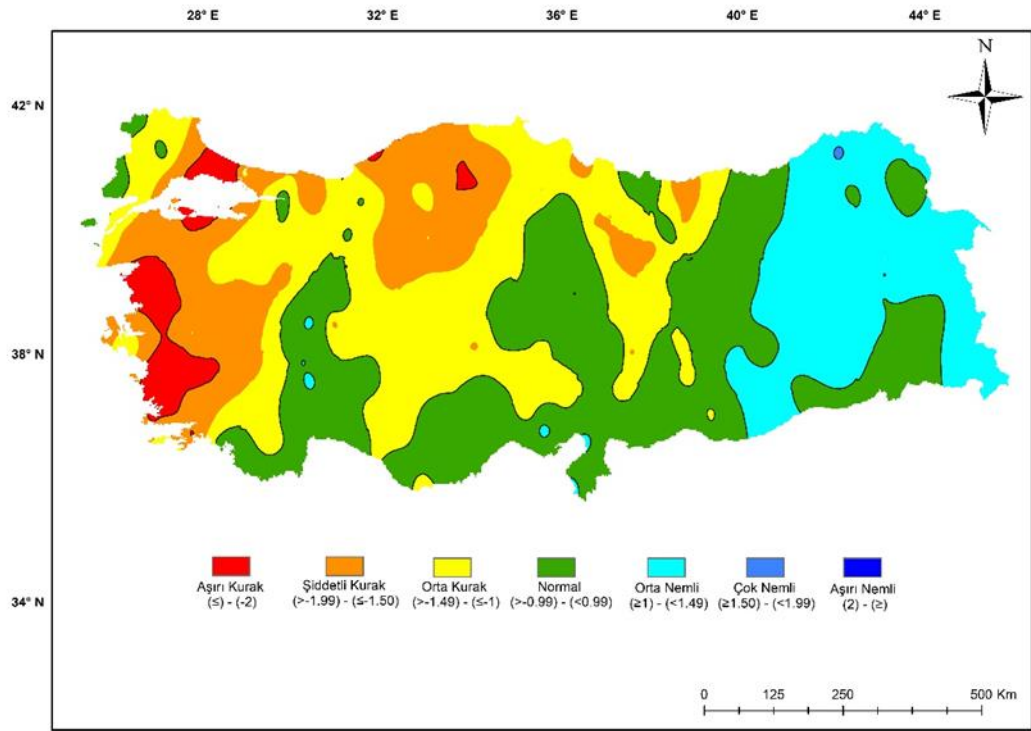
2007 yılı Şubat ayı kuraklık indisi haritasına (Şekil 11a) baktığımızda Yıldız Dağları bölümü ile Ergene bölümü hariç Marmara Bölgesi, Ege Bölgesi, Batı Karadeniz bölümü, İç Anadolu Bölgesi'nin; Yukarı Sakarya bölümü, Tuz gölü, Obruk platosu, Afşin – Elbistan ovası haricinde normal koşullar gözlenmiştir. Nemli koşullar Bey dağları, Göller yöresi çevresinde görülmüştür.

Temmuz ayında (Şekil 11b) ülkenin doğusundan batısına doğru gidildikçe kurak koşullar artmıştır. Lalapaşa, İpsala, Gökçeada çevrelerinde, Akdeniz Bölgesi'nde (Geyik dağları, Akdağ, Anamur dışında) normal, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nde normal ve nemli koşullar görülmüştür. Marmara Bölgesi'nin Çatalca bölümü, Kapıdağ Yarımadası, Ege Bölgesi'nde Madra dağı, Manisa dağları, Aydın dağları, Mentеше yöresi kuraklık şiddetinin fazla olduğu alanlardır.

(a)



(b)



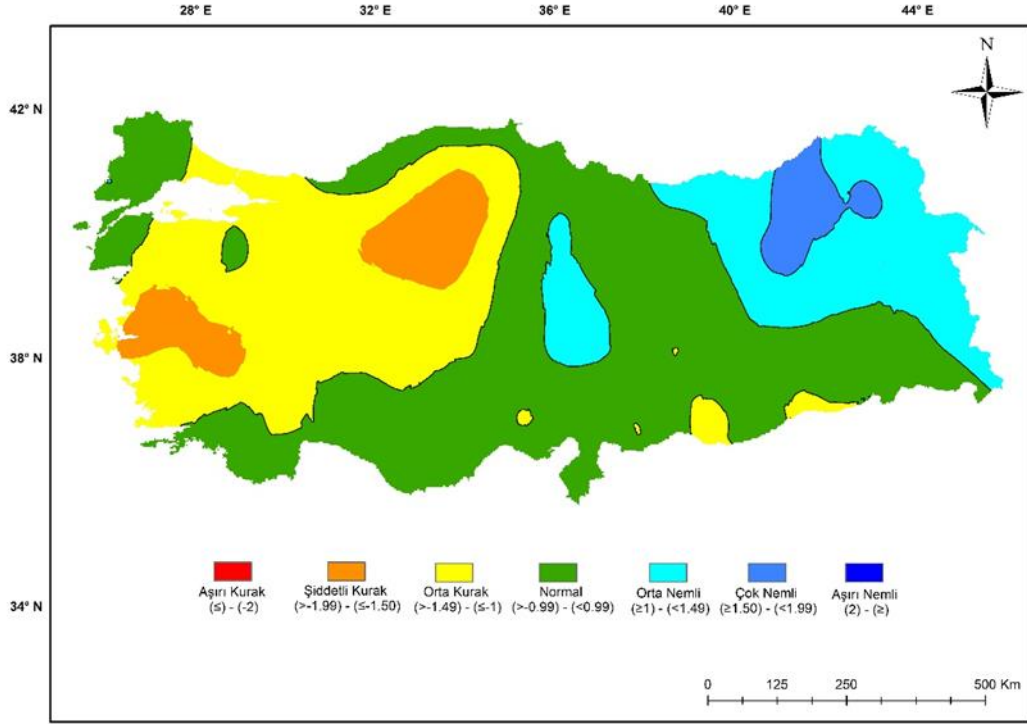
Şekil 11. 2007 Şubat ayı (a) Temmuz ayı (b) SPEI_12 kuraklık örüntüleri

4.10. 2008 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları

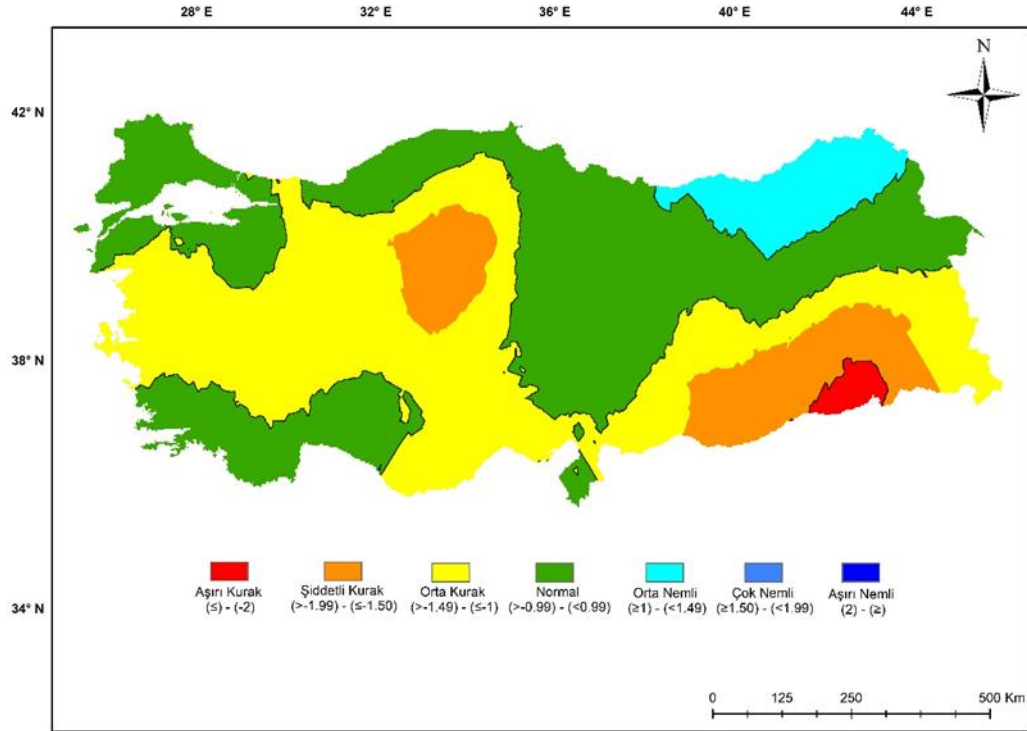
2008 yılının SPEI kuraklık indisi Şubat ayı örüntülerine (Şekil 12a) göre Trakya, Gelibolu ve Biga yarımadaları, Bursa dışında Marmara Bölgesi, Ege Bölgesi, Köroğlu dağlarından Konya ovasına kadar olan alanda, Harran ovası ve Mazı dağı dışındaki çevrelerde normal koşullar görülmüştür. Doğu Karadeniz bölümü, Munzur dağlarından Güneydoğu Toroslara kadar Doğu Anadolu Bölgesinin neredeyse tamamında, Tahtalı dağları ile Uzun yayla çevrelerinde nemli koşullar gözlenmiştir.

Temmuz ayında (Şekil 12b); Bolu dağlarından Giresun dağlarına kadar olan hat boyunca, Marmara Bölgesi, Aydın dağlarından Obruk platosuna kadar, Antakya, Iğdır, Eleşkirt ovası, Munzur dağlarına doğru, Bozok platosu, Tahtalı dağları normal koşulların hakim olduğu yerlerdir. Doğu Karadeniz bölümü ile Karasu dağlarını içine alan bölgede orta nemli koşullar görülmüştür. Geriye kalan alanlarda kurak koşullar görülmüştür. Mardin çevresi aşırı kurak sınıfının görüldüğü alan olmuştur.

(a)



(b)



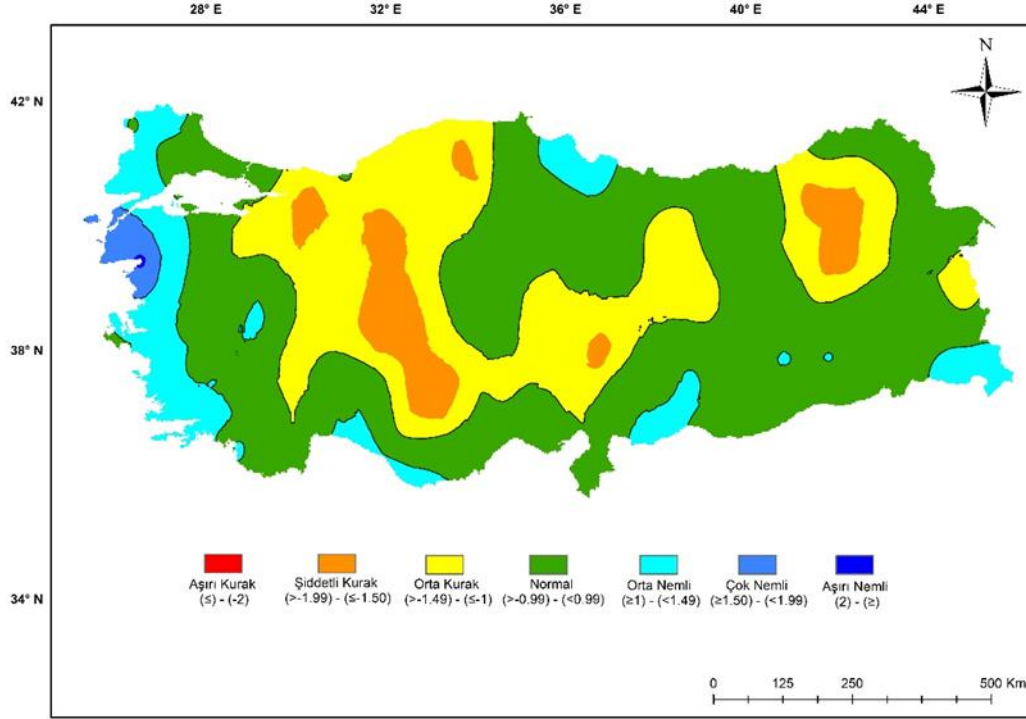
Şekil 12. 2008 Şubat ayı (a) Temmuz ayı (b) SPEI_12 kuraklık örüntüleri

4.11. 2013 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları

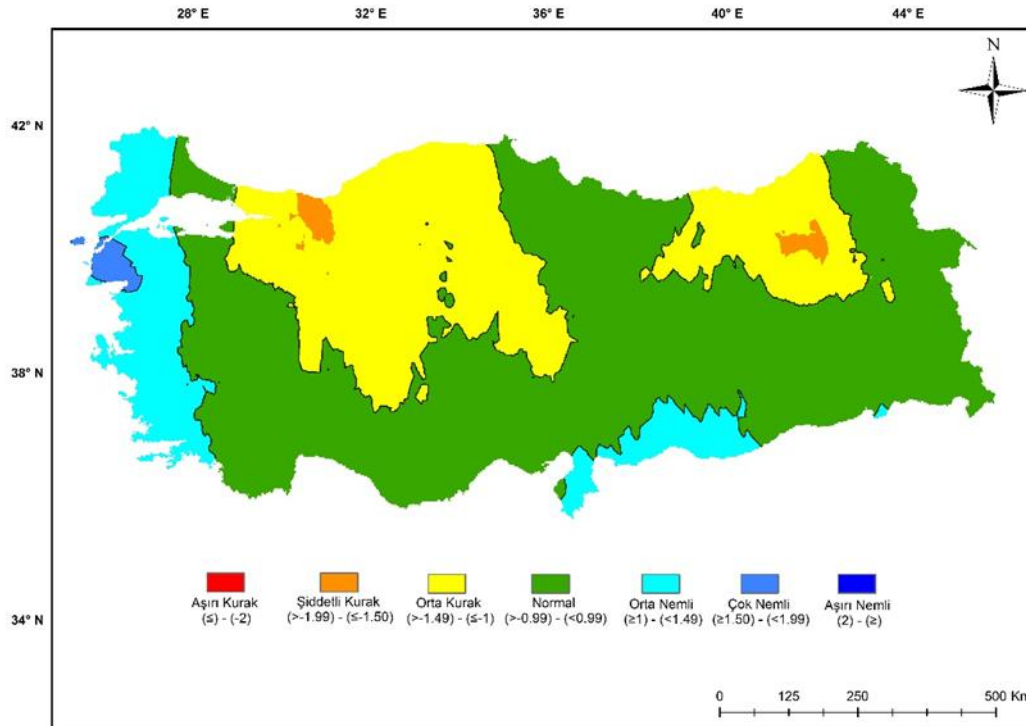
Şekil 13a’da verilen 12 aylık SPEI değerlerinin mekansal dağılışına göre 2013 yılının Şubat ayında, Türkiye’nin batı kıyıları ve çok dar alanlar haricindeki yerlerde normal, orta kurak ve şiddetli kurak sınıfları görölmektedir. Batı Karadeniz, İç Anadolu Bölgesi’nin büyük bir bölümü ve Rize, Erzurum, Van illeri civarında orta ve şiddetli kuraklık sınıfları görölmektedir. Eceabat–Dikili arası çok nemli kuraklık sınıfının göröldüğü yerlerdir. Geriye kalan alanlar normal kuraktır.

Şubat ayı (Şekil 13a) ile benzerlik gösteren Temmuz ayı (Şekil 13b) örüntülerine göre şiddetli ve orta kurak sınıfları kuzeye doğru daralırken diğer yerlerde ciddi bir değişiklik olmamıştır. Batı ve Orta Karadeniz bölümlerinde, Marmara Bölgesi’nin doğusunda ve İç Anadolu Bölgesi’nde bir kısmı orta kurak sınıfı görölmektedir. Orta nemli koşullar Türkiye’nin batı kıyılarında, Antakya, Kilis ve Harran civarında görölmektedir.

(a)



(b)



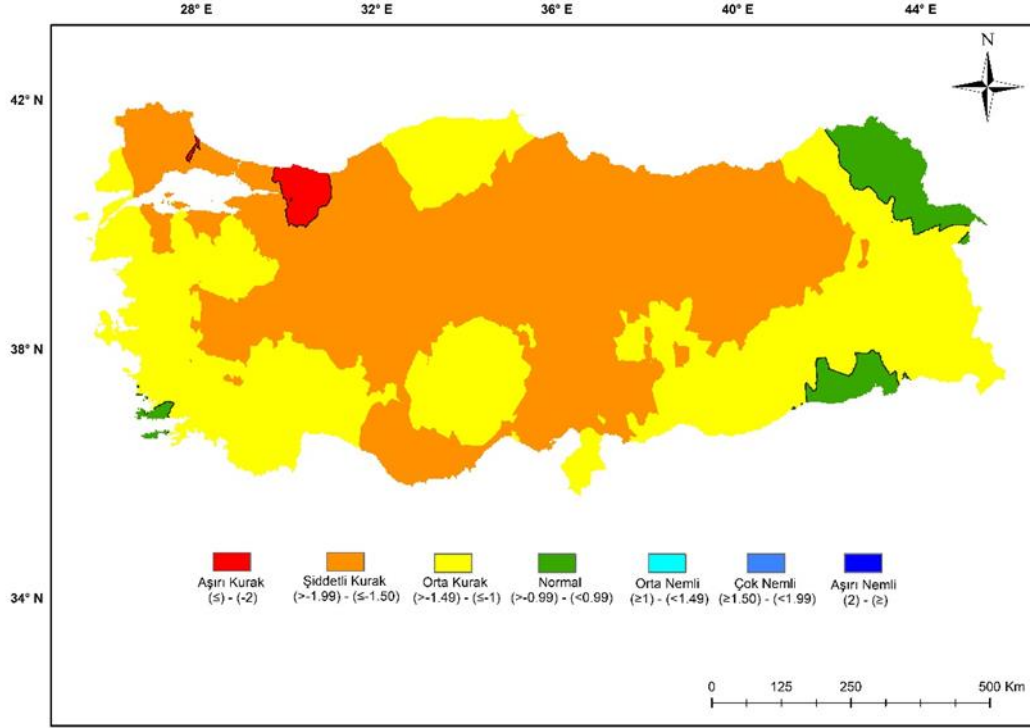
Şekil 13. 2013 Şubat ayı (a) Temmuz ayı (b) SPEI_12 kuraklık örüntüleri

4.12. 2014 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları

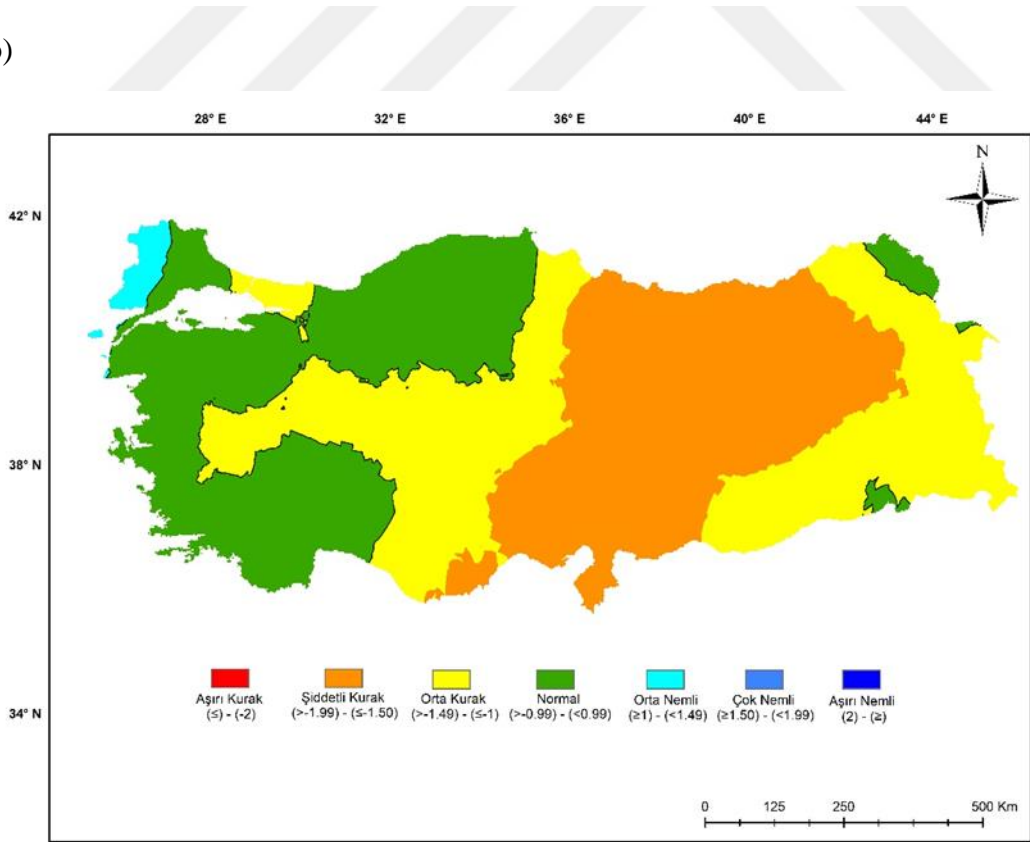
2014 Şubat ayı SPEI kuraklık indisi haritasında (Şekil 14a) klimatolojik olarak nemli koşulların görülmesi beklenirken Türkiye genelinde kurak koşullar gözlenmiştir. Ardahan platosu, Erzurum-Kars platosu, Aras dağları, Mardin-Midyat Eşiği, Marçal dağlarının olduğu dar bir alanda normal kuraklık sınıfı görülmektedir. Aşırı kuraklığın görüldüğü yerler Adapazarı yöresi ve Bilecik'tir.

Temmuz ayında (Şekil 14b) Marmara Bölgesi'nin Yıldız Dağları ve Güney Marmara bölümleri, Ege Bölgesi'nde Ege bölümü, Göller yöresi, Teke yöresi, Antalya yöresi, Batı Karadeniz bölümü, Midyat dağı, Ardahan platosu, Iğdır normal koşulların görüldüğü yerlerdir. Kofcaz, Mecidiye ile Gökçeada dar bir alanda orta nemli kuraklık sınıfı görülmüştür. Geriye kalan alanlarda orta ve şiddetli kurak sınıfları etkili olmuştur.

(a)



(b)



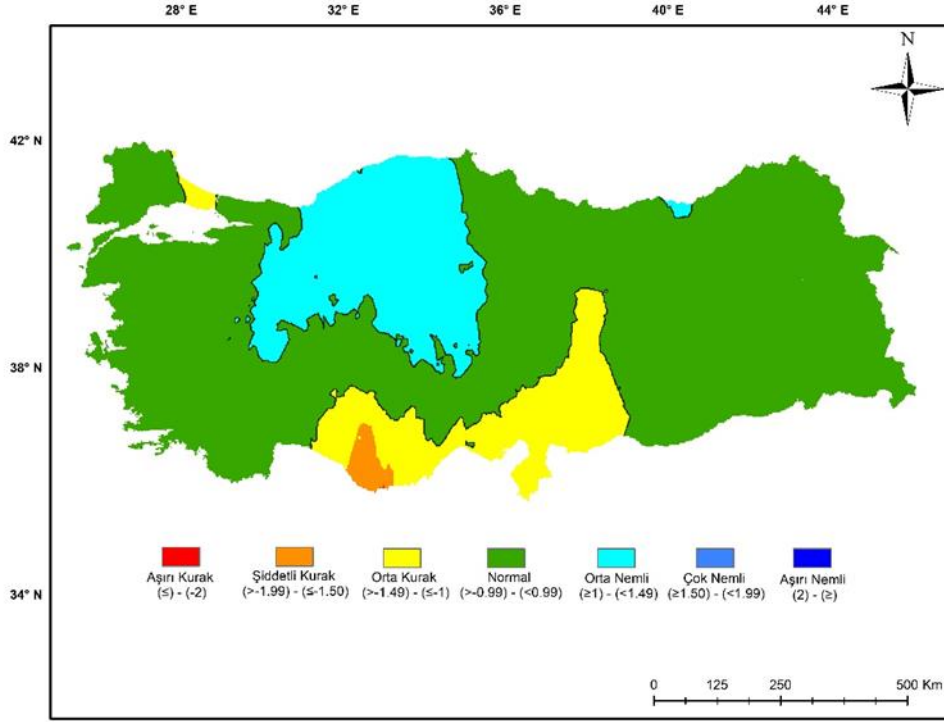
Şekil 14. 2014 Şubat ayı (a) Temmuz ayı (b) SPEI_12 kuraklık örüntüleri

4.13. 2016 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları

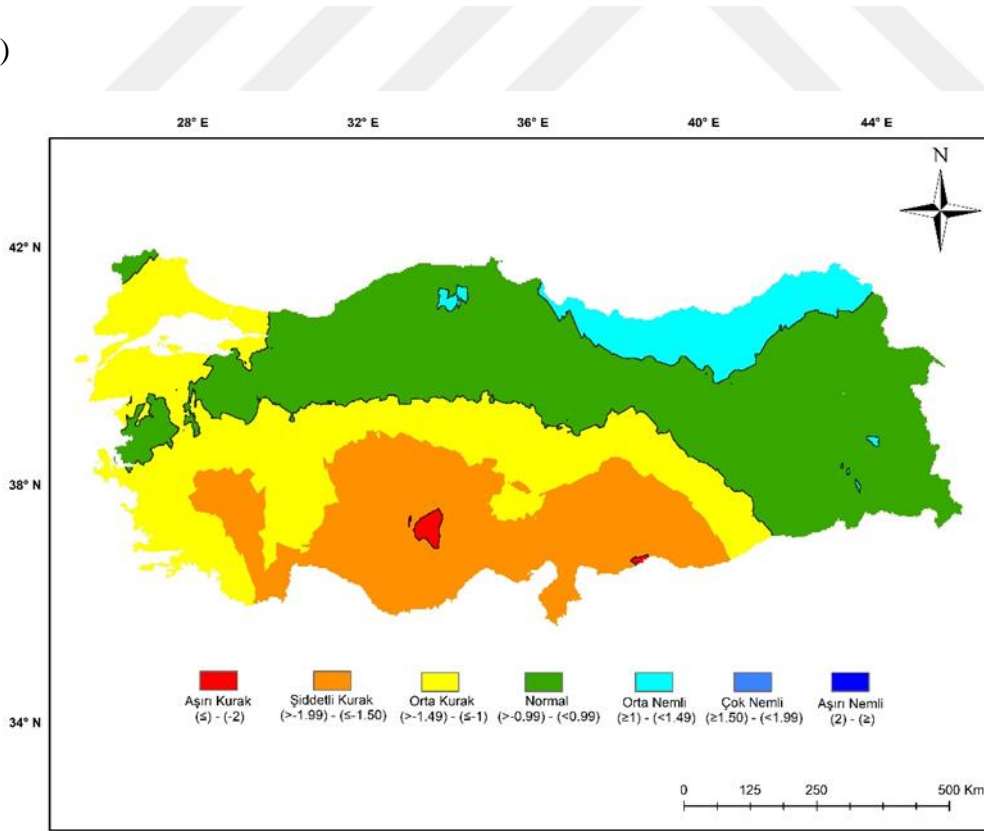
2016 yılı Şubat ayı SPEI kuraklık indisi örüntülerine (Şekil 15a) göre Türkiye'nin önemli bir bölümünde normal, orta nemli ve orta kurak kuraklık sınıfları görülür. Orta nemli kuraklık sınıfı; Batı Karadeniz bölümünün neredeyse tamamında ve İç Anadolu Bölgesi'nin kuzey kesimlerinde yayılış göstermektedir. Akdeniz Bölgesi'nin Adana bölümü, Gaziantep, Adıyaman, Kahramanmaraş, Malatya, Sivas illerinin belirli kesimleri ile İstanbul'un Avrupa Yakası'nda orta kurak sınıfı görülürken Taşeli platosunda dar bir alanda ise şiddetli kurak sınıfı görülür.

Aynı yılın Temmuz ayı örüntülerine (Şekil 15b) baktığımızda kuraklık koşullarının arttığı görülmektedir. Ege Bölgesi'nde Madra dağı çevresi ve Trakya'da dar bir alan hariç; Marmara Bölgesi, Ege Bölgesi, Akdeniz Bölgesi, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nin büyük çoğunluğunda orta ve şiddetli kuraklık sınıfı görülmektedir. Samsun, Ordu, Doğu Karadeniz bölümü orta nemli sınıfındadır. Geriye kalan alanlar normal sınıftadır. Obruk platosunun olduğu dar alanda şiddetli kuraklık sınıfı görülmektedir.

(a)



(b)



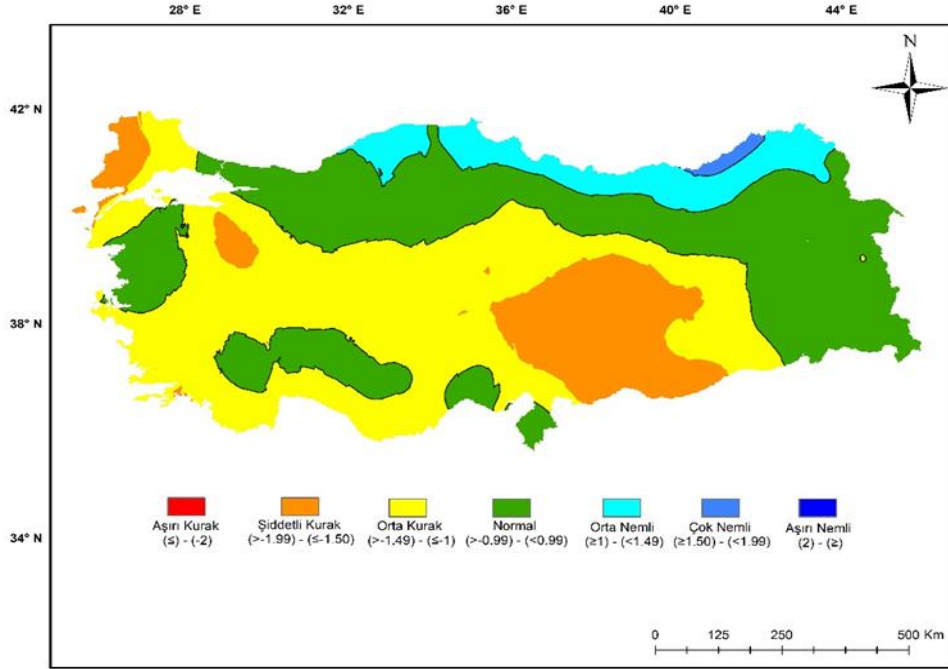
Şekil 15. 2016 Şubat ayı (a) Temmuz ayı (b) SPEI_12 kuraklık örüntüleri

4.14. 2017 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları

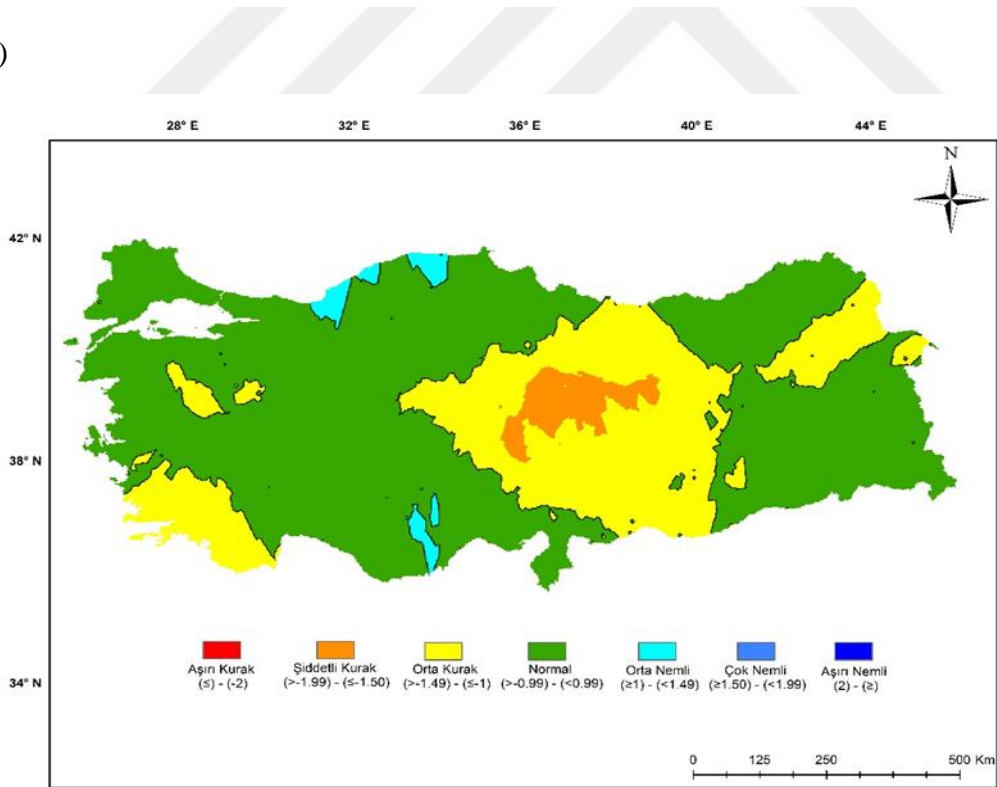
Şekil 16a, 2017 yılı Şubat ayı için hesaplanan SPEI değerlerinin mekansal dağılışını gösterir. Karadeniz Bölgesi'nin kıyı kesimi orta nemli sınıftadır. Hopa- Rize hattında çok nemli kuraklık sınıfı görülmektedir. Bu alanların dışında kalan yerlerde normal, orta ve şiddetli kuraklık sınıfları hakimdir. İç Anadolu, Ege, Akdeniz, Güneydoğu Anadolu ve Marmara Bölgeleri orta kurak ve şiddetli kuraklık sınıflarının görüldüğü yerlerdir. Bursa, Ergene ve Yıldız Dağları bölümleri, Güneydoğu Anadolu Bölümü'nden kuzeye doğru Yukarı Fırat bölümünü içine alan yerlerde şiddetli kuraklık sınıfı görülmektedir. Diğer yerlerde normal koşullar görülür.

Şekil 16b ise 2017 yılı Temmuz ayı için hesaplanan SPEI değerlerinin mekansal dağılışını göstermektedir. Bu haritada, genel olarak normal ve orta kurak sınıfları görülür. İç Anadolu Bölgesi'nin Orta Kızılırmak ve Yukarı Kızılırmak bölümleri, Doğu Anadolu Bölgesi'nde Erzurum- Kars bölümü, Aydın, Muğla, Bey dağları ve Balıkesir ilinin belli kesimlerinde orta ve şiddetli kuraklık sınıfı görülür. Çok dar bir alanda, Zonguldak, Bartın, Mersin illeri civarı, orta nemli kuraklık sınıfı görülmektedir. Diğer yerlerde normal kuraklık sınıfı hakimdir.

(a)



(b)



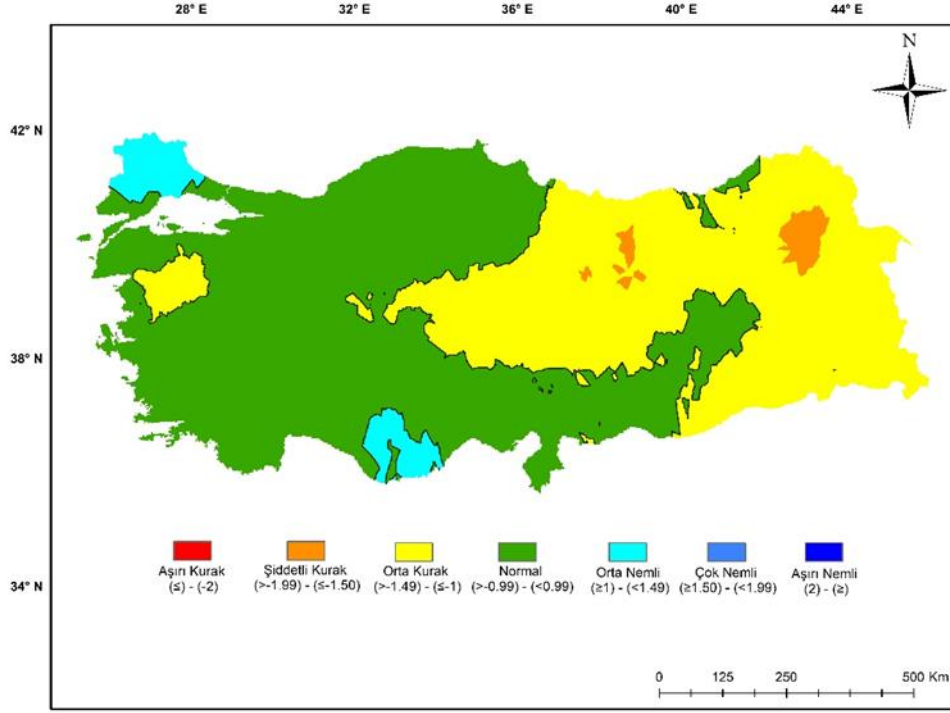
Şekil 16. 2017 Şubat ayı (a) Temmuz ayı (b) SPEI_12 kuraklık örüntüleri

4.15. 2018 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları

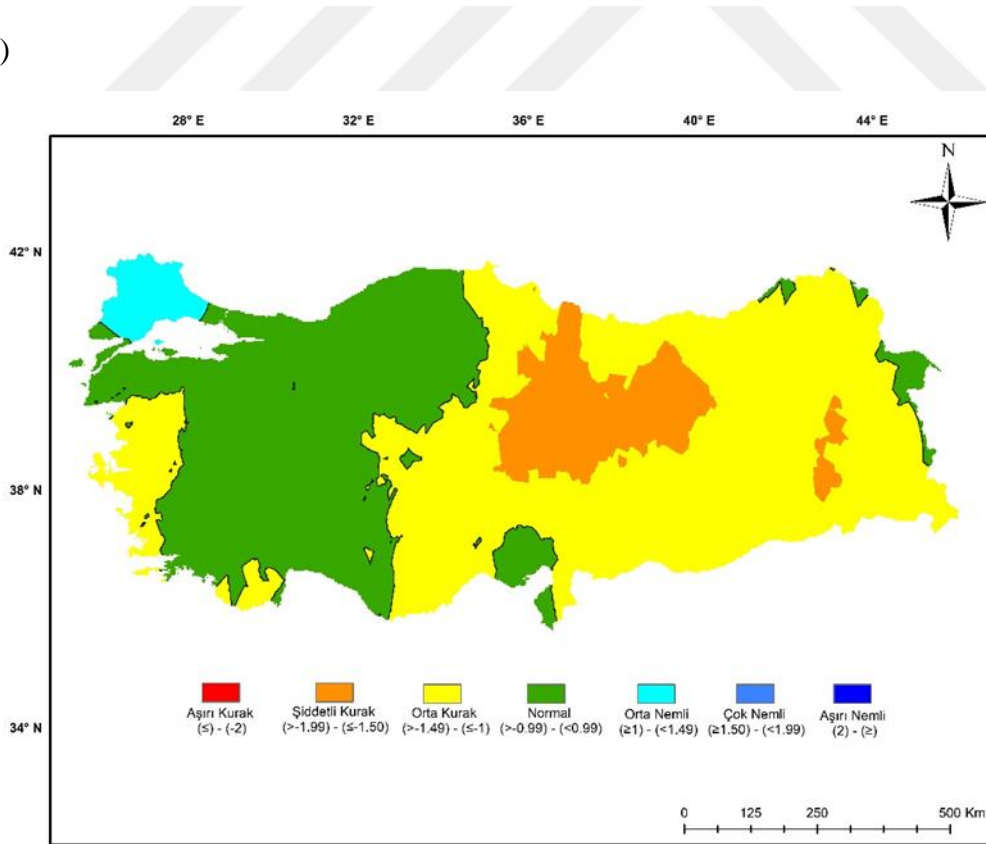
Şekil 17a'da verilen 12 aylık SPEI değerlerinin mekânsal dağılışına göre 2018 yılının Şubat ayında, Türkiye'nin dikkate değer bir bölümünde, orta kurak ve normal kuraklık sınıfları görülür. Türkiye'nin doğusuna doğru normal kurak sınıfından orta kuraklık sınıfına geçiş olduğu görülmektedir. Doğu Anadolu Bölgesi, orta ve doğu Karadeniz bölümlerinin büyük bir kısmı, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin bir kısmı, İç Anadolu Bölgesi'nin Orta ve Yukarı Kızılırmak bölümleri, Balıkesir ilinin bulunduğu alanda orta kurak sınıfı görülmektedir. Yıldız Dağları ve Ergene Bölümleri ile Taşeli çevresinde dar bir alanda orta nemli kuraklık sınıfı görülmektedir. Geri kalan diğer alanlarda ise normal kuraklık sınıfı görülmektedir.

Şekil 17b ise 2018 yılının Temmuz ayı kuraklık için hesaplanan SPEI değerlerinin mekansal dağılışı göstermektedir. Şubat ayı için hesaplanan SPEI haritası ile kıyaslayacak olursak (Şekil 16a), orta kurak sınıfının yayılış alanının arttığı görülmektedir. Kıyı Ege, Kaş, Demre, Elmalı civarı, Doğu Anadolu Bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Sinop, orta ve doğu Karadeniz bölümleri, İç Anadolu Bölgesi'nin büyük bir kısmı orta kurak sınıfının görüldüğü yerlerdir. Şiddetli kuraklık sınıfı Yukarı Kızılırmak ve Yukarı Fırat bölümlerinde görülmektedir. Orta nemli kuraklık sınıfı Batı Trakya'da dar bir alanda görülür Adana, Samandağ, Iğdır çevrelerinde ve geriye kalan alanlarda normal kuraklık sınıfı hakim olmuştur.

(a)



(b)



Şekil 17. 2018 Şubat ayı (a) Temmuz ayı (b) SPEI_12 kuraklık örüntüleri

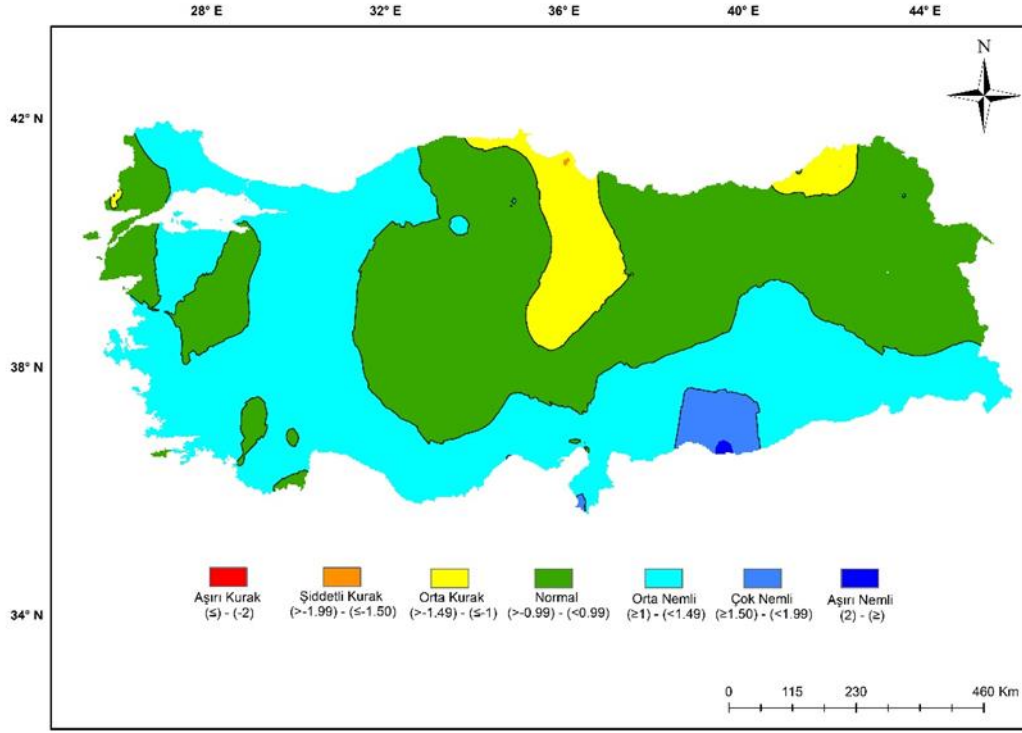
4.16. 2019 Şubat ve Temmuz Ayları SPEI_12 Haritaları

2019 Şubat ayı örüntülerine (Şekil 18a) göre Kaçkar dağları, Küre dağları, Canik dağları, Bafra ovası, Tahtalı dağları hariç genel olarak normal ve nemli koşullar gözlenmiştir. Gaziantep-Urfa platosu çok nemli koşulların görüldüğü alanlardır.

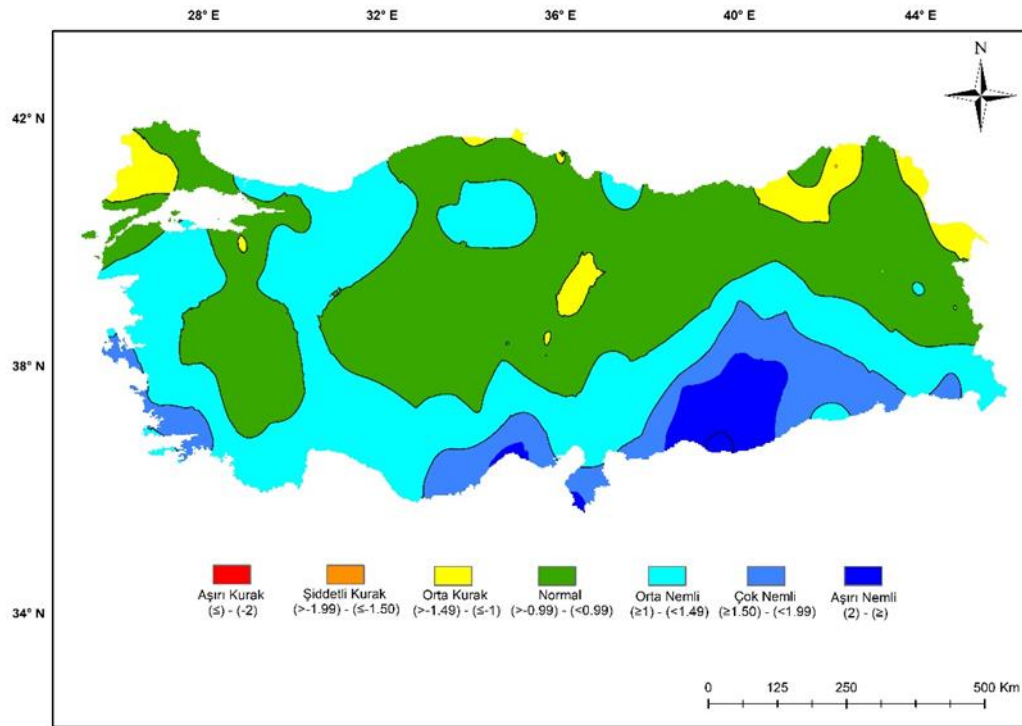
Temmuz ayı (Şekil 18b), Şubat ayı (Şekil 18a) ile benzer özelliklere sahip bir ay olmuştur. Nemli koşulların yayılış alanı ve şiddeti artmıştır. Ergene bölümü, Akdağlar, Sinop, Üç doruk dağı, Mescit dağı ve Karçal dağları, Iğdır, Çıldır gölü çevreleri orta kurak sınıfının görüldüğü alanlardır.



(a)



(b)



Şekil 18. 2019 Şubat ayı (a) Temmuz ayı (b) SPEI_12 kuraklık örüntüleri

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye’de belirli yıllara uygulanan Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI) bulgularına göre çalışmanın sonuçları aşağıda özetlenerek yorumlanmıştır.

Türkiye, Akdeniz iklim kuşağında yer alan bir ülkedir. Konumu itibariyle değişken basınç sistemlerinin etkisi altındadır. Kış mevsiminde görülen kuraklıkların temel nedeni, termik ve subtropikal yüksek basınç merkezleridir. Sibiryaya anti-siklonu subtropikal anti-siklonu ile bir araya gelerek Türkiye üzerinde etkili olması neticesinde durgun, soğuk, sisli ve yağışsız bir hava oluşturur. Kış kuraklığının yaşanmasındaki başka bir neden, Türkiye’nin Akdeniz yağış rejiminin ve genel olarak yazın kurak olan subtropikal Akdeniz iklimin egemen olduğu güney bölgelerindeki daha kurak koşulların etkisiyle ilgilidir. Türkiye’de cephesel orta enlem ve Akdeniz basınç depresyonlarının sıklıklarında, özellikle kışın gözlenen azalma ve yüksek basınç koşullarında görülen artış bir diğer neden olabilir. Bunun yanı sıra kış mevsimindeki yağışlı koşullar, Atlantik kaynaklı orta enlem siklonlarının ve Akdeniz kaynaklı siklonlarının derinleşmesi ve daha güneye inmesi buna bağlı subtropikal Azor antisiklonunun zayıflayarak alanının daralması veya güneye ve batıya kayması sonucunda, Akdeniz Havzasına ve Güney Avrupa’ya sıklıkla girmesi ile Türkiye’ye yağışlı veya nemli ılıman koşullarının taşınmasıyla bağlantılı olduğu söylenebilir. Bu hava kütlelerinin etkili olduğu kış mevsiminde Türkiye’nin kuzey kış mevsimini temsil için seçilen Şubat ayı SPEI hesapları sonuçlarına genel olarak bakacak olursak orta kurak, normal, orta nemli ve orta nemli koşulları görülmüştür. Ciddi derecede bir kuraklık görülmemiştir.

- 1973 yılı Şubat ayında Türkiye’nin batısı ve doğusu nemli etkiler altında iken diğer alanlar normal kuraklık koşulları görülmüştür. Temmuz ayında ise yayılış gösteren bu nemli alanlarda daralma olduğu görülmektedir. Bu yıl hem Şubat ayında hem de Temmuz ayında ciddi bir kuraklık yaşanmamıştır.
- 1974 yılında her iki mevsimde normal, orta kurak ve orta nemli kuraklık sınıflarının görüldüğü bir yıl olmuştur. 1973 yılında olduğu gibi ciddi bir kuraklık yaşanmamıştır.

Ancak kış mevsiminde görülen nemli koşullar, yaz mevsimine gelindiğinde yayılış alanını arttırmıştır.

- 1983 yılı her iki mevsim içinde nemli koşulların yaşandığı bir yıl olmuştur. SPEI_12 Temmuz ayında güney ve iç bölgelerde orta nemli kuraklık sınıfının görülmesi dikkat çekicidir.
- 1984 yılı SPEI_12 sonuçları bir önceki yıl ile benzer özellikler taşımaktadır. Şubat ve Temmuz aylarında nemli koşullar yaşanmıştır. Bu yıl kuraklık yaşanmamıştır.
- 1989 yılı SPEI_12 sonuçlarına göre kış mevsiminde nemlilik hakim iken Temmuz ayında ülkenin güneydoğu ve içbatı kesimlerinde orta kurak koşullar görülmüştür. Ciddi bir kuraklık görülmemiştir.
- 1990 yılı SPEI_12 örüntülerine baktığımızda kış mevsimi için seçilen Şubat ayında yurdun neredeyse tamamında normal kuraklık görülürken yaz mevsimi için seçilen Temmuz ayında beklenmeyen bir sonuç ile karşılaşmıştır. Temmuz ayında Türkiye'nin önemli bir kısmında nemli koşullar hakim olmuştur. Kuraklık ülkenin batı kıyısında görülmüştür.
- 1991 yılı SPEI_12 örüntülerine göre Şubat ayında yalnızca Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde kuraklık yaşanmıştır. Temmuz ayı Şubat ayı ile kıyaslandığında normal ve nemli koşulların yayılış alanlarının arttığı görülmektedir. Bu yıl çok ciddi olmasada kış kuraklığı yaşanmıştır.
- 1996 yılı SPEI_12 örüntülerine göre hem kış mevsimi hem de yaz mevsimi için seçilen aylarda kuraklık yaşanmamıştır.
- 2007 yılı SPEI_12 örüntülerine göre Şubat ayı ile Temmuz ayı dönemlerinde yaz ve kış kuraklığının yaşandığı görülmektedir. Ege ve Marmara Bölgeleri, batı Karadeniz bölümü kuraklık şiddetinin arttığı yerler olmuştur.
- 2008 yılı SPEI_12 kış mevsimini temsil eden Şubat döneminde Türkiye'nin batı ve iç kesimlerinde kurak koşullar görülmüştür. Bu durum yaz mevsimini temsil eden Temmuz ayında güney bölgelerde de görülerek yayılış alanını arttırmıştır.
- 2013 yılı SPEI_12 örüntülerine göre Şubat ve Temmuz aylarında normal, orta kurak ve az bir alanda orta nemli kuraklık koşulları görülmüştür. Her iki dönemde birbirine

benzer özellikler yaşanmıştır. Şubat ve Temmuz ayları kıyaslandığında kış kuraklığının şiddetinin daha belirgin olduğu görülmüştür.

- 2014 yılı SPEI_12 hesaplamaları sonucunda en belirgin kurak yıl olmuştur. Özellikle kış kuraklığı yaşanmıştır.
- 2016 yılı Şubat ve Temmuz ayı için hesaplanan SPEI_12 örüntülerine göre Şubat ayında Türkiye'nin büyük çoğunluğunda normal koşullar yaşanmıştır. Kuraklık şiddeti Temmuz ayı örüntülerinde artış göstermiştir. Özellikle Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nde şiddetli kuraklık sınıfı görülmektedir.
- 2017 ve 2018 yılları normal ve orta kurak kuraklık koşullarının görüldüğü yıllar olmuştur.
- 2019 yılı Şubat ve Temmuz ayı SPEI_12 örüntüleri birbirleri ile benzerlik göstermektedir. Bu yılda nemli ve normal koşullar yaşanmıştır.
- 2007, 2008, 2013, 2014, 2017 yılları kış mevsiminde kuraklığın yaşandığı yıllar olmuştur. 2007, 2008, 2014, 2016, 2018 yılları yaz mevsiminde kuraklığın yaşandığı yıllar olmuştur.
- 1983, 1984, 1990, 1991, 1996 yılları ise yaz mevsiminde nemli koşulların görüldüğü yıllardır.

Bu tez çalışması Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI)'nin Türkiye geneline uygulandığı ilk tez çalışma olmasından dolayı önemlidir. Çalışma ile Türkiye'de geçmiş yıllardaki kuraklık değerlerine göre belirlenen yılların kuraklık örüntülerinin dağılımının klimatolojik açıdan SPEI kullanılarak bulunmasıyla bu yaklaşımın kuraklığı ne kadar temsil ettiğinin belirlenmesi aynı zamanda literatürdeki bir boşluğun doldurulması amaçlanmıştır. Çalışmanın sonuçları incelendiğinde daha önceki bilimsel çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile bir paralellik sergilediği görülmüştür. SPEI ile Türkiye'de kuraklığın izlenmesi ve kuraklık yönetiminde yararlı bir araç olarak kullanılabilmesi önerilebilir.

KAYNAKÇA

- Acar, Z. ve Gönençgil, B. (2022). Investigation of Extreme Precipitation Indices in Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 148(1), 679-691.
- Akbaş, A. (2013). Türkiye de Palmer Kuraklık İndisine Göre Kuraklığın Alansal ve Zamansal Değişimin İncelenmesi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Çanakkale.
- Akbaş, A. (2014). Türkiye Üzerindeki Önemli Kurak Yıllar. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 12(2), 101-118.
- Alley, W. M. (1984). The Palmer Drought Severity Index: Limitations and Assumptions. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 23(7), 1100-1109.
- Bae, S., Lee, S. H., Yoo, S. H. ve Kim, T. (2018). Analysis of Drought Intensity and Trends Using the Modified SPEI in South Korea from 1981 to 2010. *Water*, 10(3), 327.
- Bakanoğulları, F. (2020a). Kırsal Havzalarda Kuraklığın İki Yöntem (SPEI ve SPI) Kullanılarak Belirlenmesi: Kumdere Havzası Örneği. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(1), 146-156.
- Bakanoğulları, F. (2020b). SPEI ve SPI İndisleri Kullanılarak İstanbul-Damlıca Deresi Havzasında Kuraklık Şiddetlerinin Analizi. *Toprak Su Dergisi*, 9(1), 1-10.
- Çamalan, G., Akgündüz, A. S., Ayvacı, H., Çetin, S., Arabacı, H. ve Coşkun, M. (2017). SPEI İndisine Göre Türkiye Geneli Kuraklık Değişim ve Eğilim Projeksiyonları. *IV. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK 5-7 Temmuz, İstanbul*.
- Erinç, S. (1965). Yağış Müessiriyeti Üzerine Bir Deneme ve Yeni Bir İndis. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü*, 41.
- Güner Bacanlı, Ü. ve Aksan, G. N. (2019). Drought Analysis in Mediterranean Region. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 25(6).
- Heim, R. R. (2000). Drought Indices: A Review. *Drought: A Global Assessment*, 159-167.
- Hosking, J.R.M. (1996). FORTRAN Routines for Use with the Method of L-Moments: Version 3. IBM Thomas J. Watson Research Division.

- Kadioğlu, M. (2008). Küresel İklım Değişikliği ve Uyum Stratejileri, *Kar Hidrolojisi Konferansı*, 27, 28.
- Kapluhan, E. (2013). Türkiye’de Kuraklık ve Kuraklığın Tarıma Etkisi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 27, 487-510.
- Koçman, A. (1993). Türkiye’de Yağış Yetersizliğine Bağlı Kuraklık Sorunu. *Ege Coğrafya Dergisi*, 7(1).
- McKee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J. (1993). The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, Vol. 17, No. 22, (pp. 179-183).
- McKee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J. (1994). Drought Monitoring with Multiple Time Scales. *American Meteorological Society, Proceedings of 9 th. Conference on Applied Climatology*, (pp. 233-236).
- Sensoy, S., Demircan, M., Ulupınar, Y., Balta, İ. (2008). Türkiye İklımı. *Devlet Meteoroloji İşleri Genel Mdrlğ, Ankara*.
- şahin, C. ve Sipahioğlu, ř. Doğal Afetler ve Türkiye. *Gndz Eğitim ve Yayıncılık*.
- Tanoğlu, A. (1943). Türkiye'nin Kuraklık İndisleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, (1), 36-41.
- Tatlı, H. (2021). Multivariate-Drought Indices-Case Studies with Observations and Outputs of NCAR CCSM-4 Ensemble Models. *Theoretical and Applied Climatology*, 146, 257–275.
- Tatlı, H. ve Trkeş, M. (2011). Palmer Kuraklık şiddeti ve Standartlaştırılmış Yağış İndislerinin Türkiye zerinde Karşılaştırılması. *In 5th Atmospheric Science Symposium Proceedings Book*, (pp. 231-239).
- Tatlı, H. ve Dalfes, H. N. (2020). Long-Time Memory in Drought Via Detrended Fluctuation Analysis. *Water Resources Management*, 34(3), 1199-1212.
- Tatlı, H. ve Trkeş, M. (2011). Empirical Orthogonal Function Analysis of the Palmer Drought Indices. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151(7), 981-991.

- Tong, S., Bao, Y., Te, R., Ma, Q., Ha, S., Lusi, A. (2017). Analysis of Drought Characteristics in Xilingol Grassland of Northern China Based on SPEI and Its Impact on Vegetation. *Mathematical Problems in Engineering*.
- Topçu, E. ve Karaçor, F. (2020). Erzurum İstasyonunun Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi ve Bütünleşik Kuraklık İndeksi Kullanılarak Kuraklık Analizi. *Politeknik Dergisi*.
- Turgu, E. ve Kömüşçü, A. Ü. (2011). Türkiye’de Kuraklık Eğilimleri. *In 5th Atmospheric Science Symposium Proceedings Book*, (pp. 549-558).
- Tümertekin, E. (1955). Türkiye’de Kuraklık İndisleri (1930-1951). *9. Meslek Haftası Türk Coğ. Kur. Yay.*, 2, 107-118.
- Tümertekin, E. (1957). Kurak Bölgelerde Ziraat. *İst. Üniv., Yay*, (713).
- Türkeş, M. (1990). “Türkiye’de Kurak Bölgeler ve Önemli Kurak Yıllar. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul.
- Türkeş, M. (2012). Kuraklık, Çölleşme ve Birleşmiş Milletler Çölleşme İle Savaşım Sözleşmesi’nin Ayrıntılı Bir Çözümlemesi. *Marmara Avrupa Araştırmaları Dergisi*, 20(1).
- Türkeş, M. (2017). Türkiye’nin İklimsel Değişkenlik ve Sosyo-Ekolojik Göstergeler Açısından Kuraklıktan Etkilenebilirlik ve Risk Çözümlemesi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 26(2), 47-70.
- Türkeş, M. ve Tatlı, H. (2009). Use of the Standardized Precipitation Index (SPI) and Modified SPI for Shaping the Drought Probabilities Over Turkey. *International Journal of Climatology*, 29, 2270–2282. (DOI: 10.1002/joc.1862).
- Türkeş, M. ve Tatlı, H. (2010). Kuraklık ve Yağış Etkinliği İndislerinin Çölleşmenin Belirlenmesi, Nitelenmesi ve İzlenmesindeki Rolü. *Çölleşme İle Mücadele Sempozyumu, 17- 18 Haziran 2010*.
- Uluocak, N. (1974). Kuraklık ve Kurak Bölgelerin Özellikleri. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 135-156.

Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., López-Moreno, J. I. (2010). A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Journal of Climate*, 23(7), 1696-1718.

Yaprak, S. ve Arslan, E. (2008). Kriging Yöntemi ve Geoit Yüksekliklerin Enterpolasyonu. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, (98), 36-42.

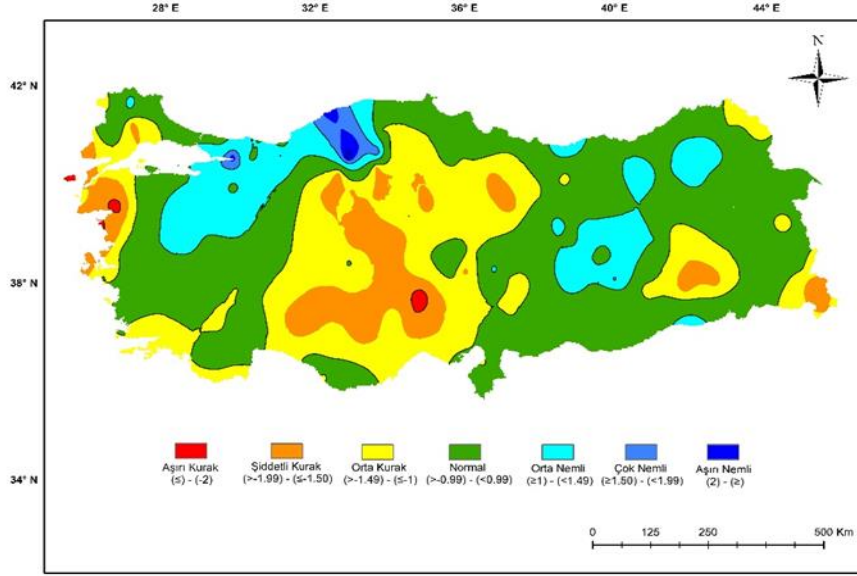
Yu, M., Li, Q., Hayes, M. J., Svoboda, M. D., Heim, R. R. (2014). Are Droughts Becoming More Frequent or Severe in China Based on the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index: 1951–2010?. *International Journal of Climatology*, 34(3), 545-558.

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. (t.y.). Meteoroloji Genel Müdürlüğü, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx?d=yontemsinif>

EKLER

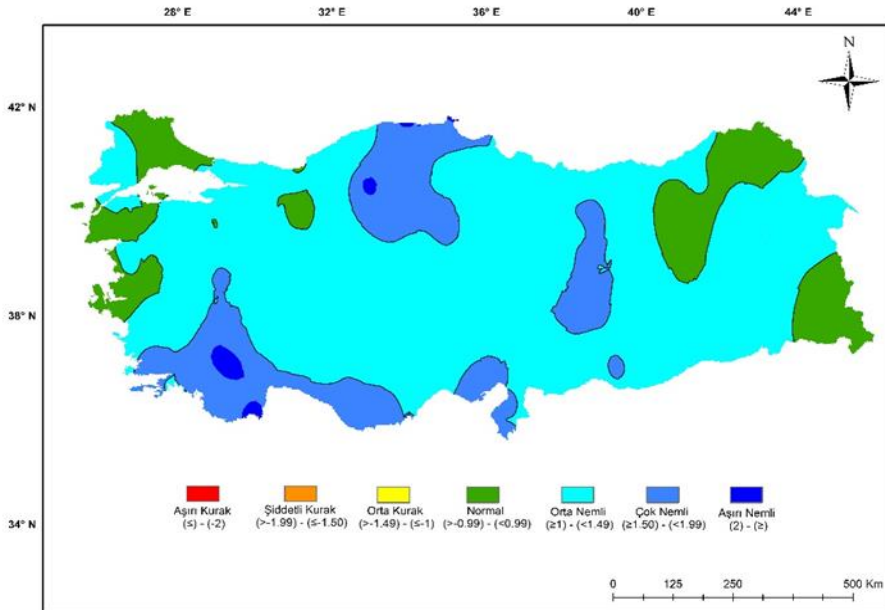
EK ŞEKİL 1

1974 ŞUBAT AYI SPEI_6 HARİTASI



EK ŞEKİL 2

1983 TEMMUZ AYI SPEI_6 HARİTASI



EK ŞEKİL 3
1989 TEMMUZ AYI SPEI_6 HARİTASI

