

ECMWF SEAS5 TAHMİN VERİLERİ İLE TÜRKİYE YILLIK KURAKLIK TAHMİN VE ANALİZİ

Gülten Çamalan¹, İbrahim Çamalan²

¹Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara

²Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara

gcamalan@mgm.gov.tr; icamalan@mgm.gov.tr

ÖZET

Kuraklık, özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde sürdürülebilir kalkınmanın önündeki en büyük tehditlerden biridir. Son yıllarda küresel iklim değişikliği nedeniyle yaşanan kuraklıklar ve su talebindeki artış sıklıkla gündeme gelmektedir. Bu durum, su planlaması ve yönetiminin birçok bölgede zorlu bir görev ve gereklilik haline gelmesini sağlamıştır. Kuraklık izleme ve erken uyarı sistemleri, iklimsel, hidrolojik ve su temini koşulları ile eğilimlerini izlemeyi, değerlendirmeyi ve sunmayı amaçlar. Bu sistemler sayesinde, yavaş başlayan bir tehlikenin izlenmesi ve tahmin edilmesi, kuraklığın olumsuz etkilerini önlemlerle azaltmayı mümkün kılmaktadır. 2018 yılı Mart ayından itibaren MGM bünyesinde Standartlaştırılmış Yağış-Evapotranspirasyon İndis (the Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index – SPEI) yöntemiyle Türkiye genelinde, bölge ve istasyon bazında 3, 6, 9, 12, 24 aylık ölçeklerde kuraklık analiz ve tahmin çalışmaları yapılmaktadır. SPEI Kuraklık Tahmin Sistemi 190 meteorolojik gözlem istasyonundan elde edilen (aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış) veriler ile Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi (ECMWF)'nin 36 km çözünürlüklü 7 aylık mevsimsel tahmin anomali verisi (SEAS5) kullanılarak çalışmaktadır. Tahmin anomali verileri üzerine istasyon normalleri (1991-2020) eklenerek tahmin verileri oluşturulmaktadır. Çalışmanın başlangıç yılı tüm istasyonlar için 1969'dur. Çalışma 2018-2023 yılları arasında yıllık ilk üretilen kuraklık tahmin ve analizlerinin alansal ve zamansal sonuçları ile doğrulamasını kapsamaktadır. Kuraklık tahminlerin doğrulaması, ikili yöntemle (tuttu-tutmadı) karşılaştırılarak yapılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, kuraklık öncesi çıkabilecek olumsuz etkileri azaltmak ve kuraklık sonucunda ortaya çıkabilecek problemler için gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamaktır.

Anahtar kelime: Kuraklık, SPEI, ECMWF SEAS5, Kuraklık Tahmin Sistemi.

ABSTRACT

FORECAST AND ANALYSIS OF ANNUAL DROUGHT IN TURKEY USING ECMWF SEAS5 PREDICTION DATA

Drought is one of the biggest threats to sustainable development, especially in developing countries like Turkey. In recent years, droughts caused by global climate change and the increase in water demand have frequently come to the forefront. This situation has made water planning and management a challenging and necessary task in many regions. Drought monitoring and early warning systems aim to monitor, evaluate, and present information on climatic, hydrological, and water supply conditions and trends. These systems make it possible to monitor and predict a slowly developing hazard, thereby reducing the adverse effects of drought through timely measures. Since March 2018, the Meteorological General Directorate (MGM) has been conducting drought analysis and forecasting studies across Turkey, at regional and station levels, using the Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI) method. The SPEI Drought Forecasting System operates using data from 190 meteorological observation stations (monthly average temperature and total monthly precipitation) and 7-month seasonal forecast anomaly data (SEAS5) from the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) with a resolution of 36 km. Forecast anomaly data is combined with station normals (1991-2020) to produce forecast data. The starting year for all stations is 1969. The study encompasses the spatial and temporal results and validation of the annual first-produced drought forecasts and analyses between 2018 and 2023. The validation of drought forecasts is done through

binary comparison (hit-miss). The aim of this study is to mitigate potential adverse effects that may arise before drought and to ensure that necessary measures are taken to address potential problems resulting from drought.

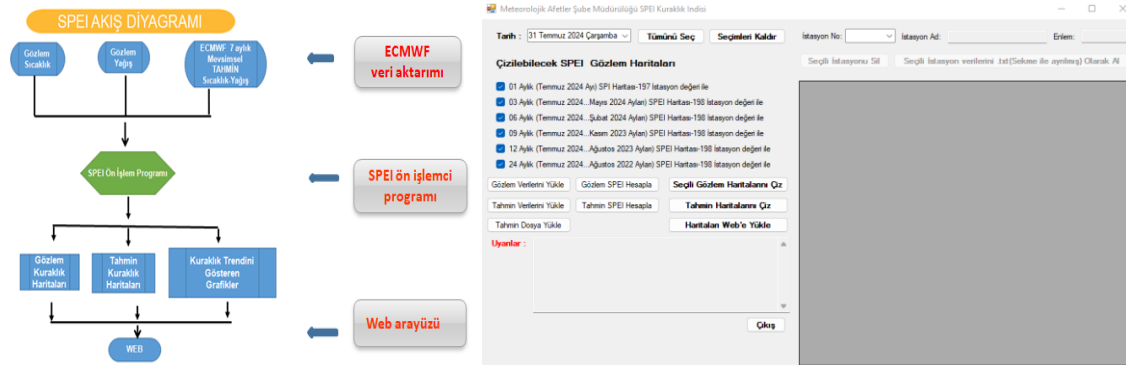
Keywords: Drought, SPEI, ECMWF SEAS5, Drought Prediction System.

GİRİŞ

Her yıl, hava, iklim ve suyla ilgili tehlikelerin neden olduğu acil durumlar dünya genelindeki topluları etkileyerek can kaybına, sosyal ve ekonomik altyapının tahribatına ve ekosistemlerin bozulmasına yol açmaktadır. İklim ve çevre krizlerinin etkileri en çok su kaynakları üzerinden hissedilmektedir. Nüfus artışı, daha iyi yaşam standartları, tarım, enerji ve sanayi sektörlerinin genişlemesi gibi etkenler su talebinin artmasına neden olmaktadır. Bu artan talep, kuraklığı daha da ağırlaştırarak bir doğal afet türü haline getirmektedir. Küresel Ölçekli Acil Durum Olayları Veritabanı (EM-DAT) raporuna göre, 2023 yılında Endonezya'da yaşanan kuraklık 18,8 milyon insanı etkilemiş ve doğal afetler arasında etkilenebilirlik bakımından ilk sırayı almıştır (Web 1). Ulusal Entegre Kuraklık Bilgi Sistemi (NIDIS) 2023 Raporu ise Amerika Birleşik Devletleri'nin Güney/Ortabatı bölgelerinde yaşanan ciddi kuraklık ve sıcak hava dalgasının, 2023'te ABD'de kaydedilen en maliyetli olay olduğunu ve hasarın 14,5 milyar ABD dolarına ulaştığını belirtmektedir (Web 2). Son yirmi yılda, afetlerden doğrudan etkilenen 62 milyon insan, operasyonel bir Kuraklık Erken Uyarı Sistemi bulunmayan ülkelerde yaşamaktadır (UNDRR, 2023). Afetlerin etkisini azaltmanın temel bileşenlerinden biri etkili çoklu tehlike erken uyarı sistemlerine sahip olmaktır. Kuraklık erken uyarı sistemlerinin, hem izleme hem de tahmin bileşenlerini içermesi en ideal durumdur. Bu sistemlerin amacı, kuraklığın erken başlangıcından önce veya sırasında, potansiyel etkileri azaltmak için zamanında bilgi sağlamaktır (Svoboda, Fuchs, 2016). Bu çalışma, erken uyarı sistemlerinin ilk aşaması olan kuraklık izleme ve tahmin kısmını kapsaması açısından önemlidir. SPEI Kuraklık Tahmin Sistemi, ECMWF SEAS5 tahmin ve gözlem sıcaklık ve yağış verileri ile çalışarak çıktılar elde etmektedir. Carrao vd. (2018) yaptığı çalışmada, Latin Amerika için ECMWF S4 tahmin sisteminden elde edilen ve gözlemlenen yağış verileri ile elde edilen Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) mevsimsel kuraklık tahminlerinin, belirtilen bölgeler ve mevsimler için kuraklık olaylarını başarılı bir şekilde öngördüğü ifade edilmiştir.

DATA VE METHOD

Küresel ısınma nedeniyle, sıcaklık girdilerine dayanan bir kuraklık indisinin dikkate alınmasının önem arz ettiği düşünülerek, kuraklık tahmin sistemi çalışmasında SPEI yöntemi kullanılmıştır. 2018 yılı Mart ayından itibaren çalışan sistem, izleme ve tahmin olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Kuraklık izleme, mevcut durumun tespit edilmesini sağlarken, kuraklık tahmini gelecekteki kuraklık durumunu öngörme faaliyetidir. SPEI kuraklık tahmin sistemi; ECMWF mevsimsel tahmin verilerini MGM Sayısal Server kullanıcılarına FTP ile aktaran script, SPEI indis hesaplamalarını ve Surfer programında Enterpolasyon yöntemi (Kriging) ile haritalandırmaları sağlayan SPEI ön işlemci programı ve Web arayüzü olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır (Şekil 1) (Çamalan,2022).



Sekil 1. SPEI Kuraklık Tahmin Sistemi Akış Diyagramı ve Ön işlemci Programı

Program, Türkiye genelindeki 190 meteoroloji gözlem istasyonundan alınan aylık toplam yağış ve ortalama sıcaklık verileri ile Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi (ECMWF)'nin 36 km çözünürlüklü, 00 GMT'de üretilen 7 aylık mevsimsel tahmin anomali verileri (Seasonal Forecasting-SEAS5) ile çalışmaktadır (ECMWF-SEAS5, 2021). ECMWF tahmin anomalilerine, istasyonların normalleri eklenerek veriler oluşturulmaktadır. 2022 yılı Haziran ayına kadar, anomali verilerinin üzerine 1981-2010 normalleri eklenirken, 2022 Haziran ayından itibaren 1991-2020 normalleri kullanılmaktadır. ECMWF uzun vadeli (mevsimlik) tahmin ürünleri her ayın 1'inde işlenir ve her ayın 5'inde yayınlanır. İzleme ve tahmin aşamasında, tüm istasyonların çalışma başlangıç periyodu 1969'dur. Bulunulan aydan bir önceki ayın kuraklık haritaları ve bulunulan aydan itibaren 7 aylık kuraklık tahmin haritaları ölçekler temelinde görüntülenebilir. Ayrıca, Türkiye genelindeki bölgeler ve istasyonların kuraklık trendleri de izlenebilmektedir.

SPEI indisi, iklimsel su dengesine (Yağış - Evapotranspirasyon) dayanmakta ve kurak dönemlerin tanımlanmasında önerilmektedir (Vicente-Serrano vd. 2010). SPEI yağış ve potansiyel evapotranspirasyon (Potential Evapotranspiration – PET) arasındaki fark verisini kullanmaktadır (1).

$$D_i = P_i - PET_i \quad (1)$$

Hesaplanan D_i değerleri SPI ile aynı prosedür izlenerek farklı zaman ölçeklerinde bir araya getirilir üç parametrelili log-lojistik dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu elde edilir (2).

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

Log- lojistik dağılıma göre D_i serisinin olasılık dağılım fonksiyonu (3) eşitliğinde;

$$F(x) = \left[1 + \left(\frac{\alpha}{x-\gamma}\right)^{\beta}\right]^{-1} \quad (3)$$

D_i olasılıkları için SPI'daki gibi ters-standart normal dağılım fonksiyonu kullanılarak standartlaştırılmış (D_i) dizisi, yani SPEI değerleri elde edilir (4).

$$SPEI = w - \frac{C_0 + C_1 w + C_2 w^2}{1 + d_1 w + d_2 w^2 + d_3 w^3} \quad (4)$$

Burada ; $w = \sqrt{-2 \ln(P)} \rightarrow P \leq 0.5$ için

P belirli bir D değerinin aşılma olasılığı olmak üzere $P = 1 - F(x)$ tir. Eğer $P > 0.5$ ise o zaman P , $1 - p$ ile yer değiştirir ve SPEI'nin işareti tersine alınır. Eşitlikte sabitler;

$$C_0 = 2,515517; C_1 = 0,802853; C_2 = 0,010328; d_1 = 1,432788; d_2 = 0,189269; d_3 = 0,01308$$

SPEI'nin ortalaması 0; standart sapması 1'dir. SPEI normalleştirilmiş değişken olduğu için alan zaman boyutunda diğer SPEI değerleri ile ilişkilidir. Detaylı formülasyon açıklamalarına kaynaklardan ulaşılabilir (Çamalan, Çetin, 2022; Web-4) SPEI sınıf aralıkları Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. SPEI sınıf aralıkları

SPEI İNDİS DEĞERLERİ	SINIFLANDIRMA
2.00 ve üzeri	Aşırı nemli
1.50 –1.99	Çok nemli
1.00 – 1.49	Orta nemli
(-0.99) – 0.99	Normal
(-1.00) – (-1.49)	Orta kurak
(-1.50) – (-1.99)	Şiddetli kurak
(-2.00) ve alt	Aşırı kurak

2018 yılından itibaren çalışan kuraklık tahmin sisteminin doğrulama çalışmaları da devam etmektedir. Tahmin doğrulaması, tahminlerin kalitesini değerlendirme sürecidir ve tahminlerin karar almaya destek olma yararlılığı, doğrulama yöntemleri aracılığıyla açıklanan hata özelliklerine bağlıdır. SPEI-12 kuraklık tahminlerinin doğrulaması, tahmin SPEI-12 kuraklık sınıf aralıkları ile gözlem SPEI-12 kuraklık sınıf aralıkları arasında "tuttu-tutmadı" şeklinde ikili yöntemle karşılaştırılarak yapılmıştır. Kullanılan doğrulama yöntemleri arasında hata-yanlılık (BIAS), tespit olasılığı (POD), yanlış alarm oranı (FAR), tahminlerin doğruluk oranları (HIT) ve kritik başarı endeksi (TS) bulunmaktadır (Web-5). Ayrıca, her kuraklık sınıfı (aşırı kurak, şiddetli kurak, orta kurak) için doğrulama yöntemleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. İkili tahminlerin durum tablosu Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2. İki sınıflı (evet/hayır) olasılıksal kategorik tahmin doğrulaması

Gözlem				
		Evet	Hayır	Toplam
Tahmin	Evet	A= Isabet (Hit)	B= Asılsız (False alarm)	A+B= Tahmin evet
	Hayır	C= Kaçırma (Misses)	D= Negatiflerin isabeti (Correct negatives)	C+D= Tahmin hayır
	Toplam	A+C= Gözlem evet	B+D= Gözlem hayır	A+B+C+D= Toplam

A: Tahmin edilen ve meydana gelen kuraklık olaylarının sayısı

B: Tahmin edilen ancak gerçekleşmeyen kuraklık olaylarının sayısı

C: Tahmin edilmeyen ancak meydana gelen kuraklık olaylarının sayısı

D: Tahmin edilmeyen ve gerçekleşmeyen kuraklık olaylarının sayısı.

Kullanılan doğrulama yöntemleri tahmin ve gözlemlenen SPEI değerlerindeki hata-önyargı (BIAS, mükemmel=1) (5) formülünde verilmiştir.

$$BIAS = \frac{A+B}{A+C} \quad (5)$$

Tespit olasılığı (POD, mükemmel = 1), gözlem ‘evet’lerin ne kadarının tahmin edildiğini gösterir (6).

$$POD = \frac{A}{A+C} \quad (6)$$

Yanlış alarm oranı (FAR, mükemmel = 0), tahmin edilen olayların gerçekte gerçekleşmemiş kısmıdır (7).

$$FAR = \frac{B}{A+B} \quad (7)$$

İkili tahminlerin doğruluğunun en basit ölçüsü isabet oranıdır (HIT, mükemmel = 1), tahmin edilen olayların ne kadarının doğru olduğunu ölçer (8).

$$HIT = \frac{A+D}{A+B+C+D} \quad (8)$$

Kritik başarı endeksi olarak da bilinen tehdit puanı (TS), tahmin ve gözlem 'evet' değerinin ne kadarının tahmin edildiğini ölçer (9).

$$TS = \frac{A}{A+B+C} \quad (9)$$

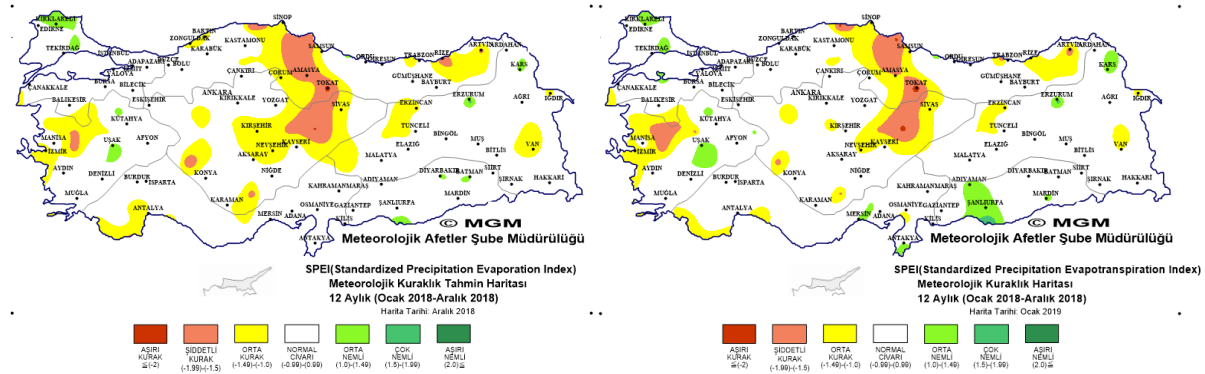
2018-2023 DÖNEMİ YILLIK SPEI KURAKLIK TAHMİN SİSTEMİ ÇIKTILARI

Çalışmada, 2018-2023 yılları arasında üretilen yıllık ilk kuraklık tahmin ve analizlerinin alansal ve zamansal sonuçları ile doğrulamaları değerlendirilmektedir.

2018 Yılı Yıllık SPEI-12 Tahmin ve Gözlem Kuraklık Haritalarının Analizi ve Doğrulaması

2018 yılı SPEI-12 tahmin kuraklık haritasında, Tokat ve Gemerek civarlarında aşırı kuraklık, Orta Karadeniz, İç Anadolu'nun doğusu, Ereğli civarları, Doğu Karadeniz (Rize ve Artvin), Ege Salihli civarlarında şiddetli kuraklık öngörülmüştür. Orta Karadeniz, İç Anadolu bölgesinin iç ve doğu kesimleri, Konya bölgesi, Doğu Karadeniz'in doğu kesimleri, Doğu Anadolu'nun kuzeybatısı, Iğdır ve Van civarları, Batı Akdeniz'in kıyı kesimleri ve Kıyı Ege (İzmir ve civarları) gibi bölgelerde ise orta kuraklık tahmin edilmiştir.

Gözlem kuraklık haritasında ise, lokal olarak Tokat, Gemerek, Bozkurt ve Bafra'da aşırı meteorolojik kuraklık yaşanmıştır. Orta ve Doğu Karadeniz, İç Anadolu'nun doğusu ve Iğın civarları, İzmir ve Manisa ilçelerinde orta ve şiddetli meteorolojik kuraklık gözlemlenirken, Batı Akdeniz'in kıyı kesimleri, Doğu Anadolu'nun kuzeybatısı, Iğdır ve Van civarlarında orta meteorolojik kuraklık yaşanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. 2018 Aralık SPEI-12 tahmin ve gözlem kuraklık haritası

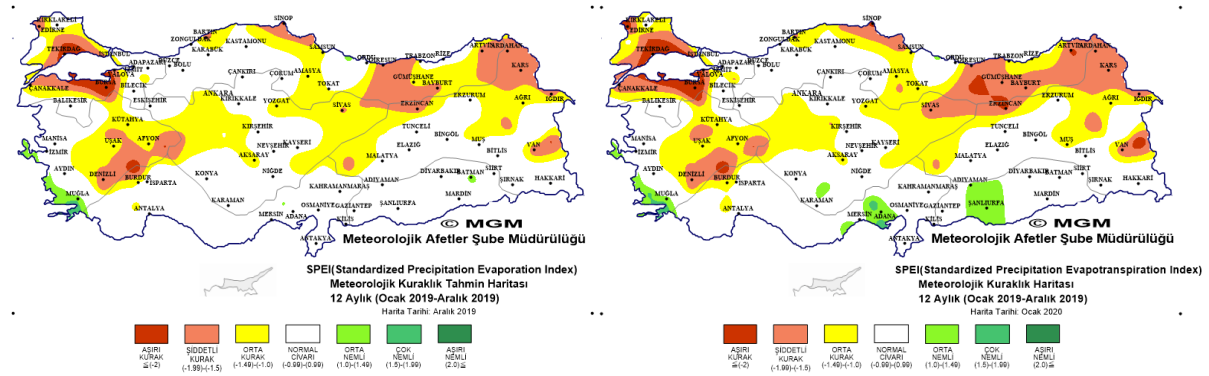
2018 yılı SPEI-12 tahmin ve gözlem kuraklık olaylarının ortalama isabet oranı %81'dir. Aşırı kuraklık için tahminlerin isabet oranı %98 olup, FAR değeri %33'tür. Şiddetli kuraklık için tahminlerin doğruluk oranı %94'tür ve POD değeri %57', FAR değeri ise %38'dir. Orta kuraklık için tahminlerin doğruluk oranı %88 olup, POD değeri %68, FAR değeri %41'dir (Tablo 3). Kurak sınıflarda yanlış alarm oranı daha yüksektir, normal ve nemli sınıflarda daha düşüktür, çok nemli sınıfta ise hiç görülmemiştir.

Tablo 3: 2018 yılı Aralık Ayı SPEI-12 tahmin kuraklık kategorilerinin doğrulama oranları

2018 / Aşırı Kurak					2018 / Şiddetli Kurak					2018 / Orta Kurak				
Gözlem					Gözlem					Gözlem				
HIT 0.98					HIT 0.94					HIT 0.88				
FAR 0.33					FAR 0.38					FAR 0.41				
Tahmin	İst.=190	Evete	Hayır	POD 0.50	Tahmin	İst.=190	Evete	Hayır	POD 0.57	Tahmin	İst.=190	Evete	Hayır	POD 0.68
	Evete	2	1	TS 0.40		Evete	8	5	TS 0.42		Evete	19	13	TS 0.46
	Hayır	2	185	BIAS 0.75		Hayır	6	171	BIAS 0.93		Hayır	9	149	BIAS 1.14

2019 Yılı Yıllık SPEI-12 Tahmin ve Gözlem Kuraklık Haritalarının Analizi ve Doğrulaması

2019 yılı SPEI-12 tahmin kuraklık haritasında, Marmara'nın kıyı kesimleri, Edirne, Sinop, Bolvadin ve Dinar civarlarında aşırı meteorolojik kuraklık öngörülmüştür. Batı Karadeniz'in kıyı kesimleri, Doğu Karadeniz (Trabzon ve Rize hariç), İç Ege, Marmara, İç Anadolu'nun ve Doğu Anadolu'nun iç kesimleri hariç diğer yerlerde yer yer orta ve şiddetli meteorolojik kuraklık tahmin edilmiştir. Gözlem kuraklık haritasında ise benzer desenler görülmesine rağmen, Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu'nun kuzey ve doğusundaki meteorolojik kuraklıklar daha şiddetli olarak gözlemlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. 2019 Aralık SPEI-12 tahmin ve gözlem kuraklık haritası

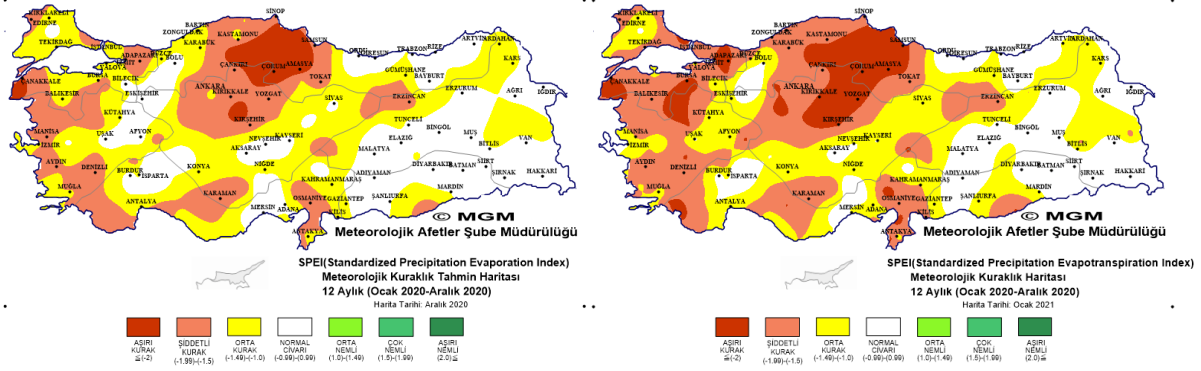
2019 yılı tahmin ve gözlem kuraklık olaylarının ortalama isabet oranı %78'dir. Aşırı kuraklık sınıfında tahminlerin isabet oranı %97'dir ve POD değeri %67, FAR değeri sıfırdır. Şiddetli kuraklık sınıfında tahminlerin doğruluk oranı %92 olup, POD değeri %71 ve FAR değeri %26'dır. Orta kuraklık sınıfında ise tahminlerin doğruluk oranı %87, POD değeri %59 ve FAR değeri %37'dir (Tablo 4). En yüksek tahmin edilen gözlemlenen olayların oranı ve en düşük yanlış alarm oranı normal sınıfta görülmektedir. Yanlış alarm oranı en fazla orta nemli sınıfta gözlemlenmiştir.

Tablo 4: 2019 yılı SPEI-12 tahmin kuraklık kategorilerinin doğrulama oranları

2019 / Aşırı Kurak					2019 / Şiddetli Kurak					2019 / Orta Kurak						
Gözlem					Gözlem					Gözlem						
Tahmin	İst.=190	Evet	Hayır	HIT 0.97	Tahmin	İst.=190	Evet	Hayır	HIT 0.92	Tahmin	İst.=190	Evet	Hayır	HIT 0.87		
				FAR 0.00							FAR 0.26					FAR 0.37
				POD 0.67							POD 0.71					POD 0.59
	Evet	10		TS 0.67		Evet	20	7	TS 0.57		Evet	19	11	TS 0.44		
	Hayır	5	175	BIAS 0.67		Hayır	8	155	BIAS 0.96		Hayır	13	147	BIAS 0.94		

2020 Yılı Yıllık SPEI-12 Tahmin ve Gözlem Kuraklık Haritalarının Analizi ve Doğrulaması

2020 yılı SPEI-12 tahmin kuraklık haritasında, Batı ve Orta Karadeniz, Çanakkale ve Kırşehir civarlarında aşırı kuraklıklar, Marmara, Trakya, Ege, Akdeniz, Orta ve Batı Karadeniz ile İç Anadolu bölgesinde daha sınırlı alanlarda orta ve şiddetli meteorolojik kuraklıklar öngörülmüştür. Gözlem kuraklık haritasında ise, Batı ve Orta Karadeniz, Marmara Bölgesi (Lüleburgaz hariç), Ege Bölgesi (İzmir civarları hariç), Akdeniz Bölgesi'nin kıyı kesimleri (Mersin civarları hariç) ve İç Anadolu Bölgesi (Aksaray ve çevresi hariç) öngörülen meteorolojik kuraklıkların daha geniş alanlarda ve daha şiddetli şekilde yaşandığı görülmüştür (Şekil 4).



Şekil 4. 2020 Aralık SPEI-12 tahmin ve gözlem kuraklık haritası

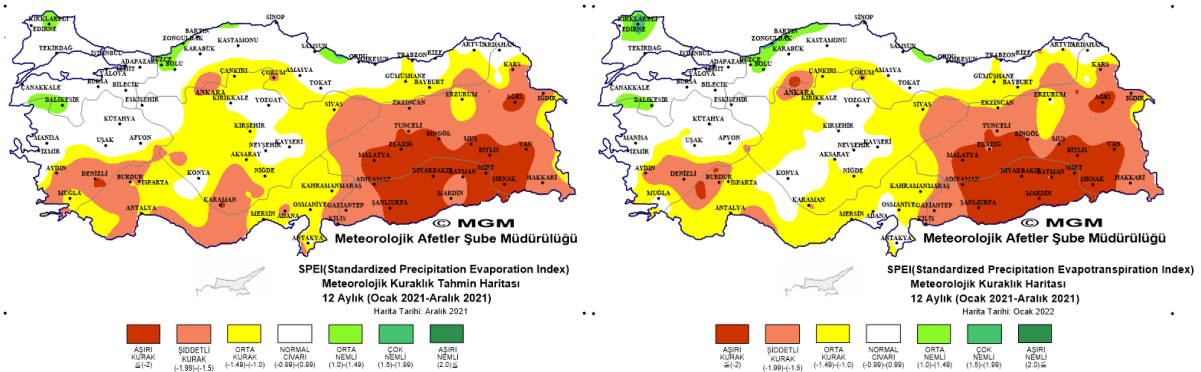
2020 yılı tahmin ve gözlem kuraklık olaylarının ortalama isabet oranı %63'tür. Aşırı kuraklık sınıfında tahminlerin isabet oranı %86'dır. BIAS değerinin <1 olması, aşırı kurak sınıfın eksik tahmin edildiğini gösterir. POD değeri %31, FAR değeri %8'dir. Şiddetli kuraklık sınıfında tahminlerin doğruluk oranı %72 olup, FAR değeri %50 ve POD değeri %47'dir. Orta kuraklık sınıfında tahminlerin doğruluk oranı %75'tir. Bu sınıfta FAR değeri %46, POD değeri %70'dir (Tablo 5). Orta kurak sınıfta hata oranı yüksektir. En yüksek tahmin edilen gözlemlenen olayların oranı normal ve nemli sınıflarda görülmektedir. Bu sınıflarda tahmin edilen gözlemlenen olayların oranı en yüksek ve tahmin edilip gerçekleşmeyen olayların oranı en düşüktür.

Tablo 5: 2020 yılı SPEI-12 tahmin kuraklık kategorilerinin doğrulama oranları

		2020 / Aşırı Kurak		HIT 0.86			2020 / Şiddetli Kurak		HIT 0.72			2020 / Orta Kurak		HIT 0.75
		Gözlem		FAR 0.08			Gözlem		FAR 0.50			Gözlem		FAR 0.46
Tahmin	İst.=190	Evet	Hayır	POD 0.31	Tahmin	İst.=190	Evet	Hayır	POD 0.47	Tahmin	İst.=190	Evet	Hayır	POD 0.70
	Evet	11	1	TS 0.30		Evet	25	25	TS 0.32		Evet	37	31	TS 0.44
	Hayır	25	153	BIAS 0.33		Hayır	28	112	BIAS 0.94		Hayır	16	106	BIAS 1.28

2021 Yılı Yıllık SPEI-12 Tahmin ve Gözlem Kuraklık Haritalarının Analizi ve Doğrulaması

2021 yılı SPEI-12 tahmin kuraklık haritasında, başta Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri olmak üzere, Ege Bölgesi'nin güneyi, Akdeniz Bölgesi ve İç Anadolu Bölgesi'nin iç kesimleri hariç olmak üzere değişen şiddetlerde meteorolojik kuraklık öngörülmüştür. Gözlem kuraklık haritasında ise, Akdeniz Bölgesi ve İç Anadolu'nun güneyinde öngörülen kuraklıklar şiddetini azaltarak gerçekleşmiştir. Ankara civarlarında kuraklığın şiddeti artmış, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde öngörülen değişen şiddetlerdeki meteorolojik kuraklıklar etkili olmuştur (Şekil 5).



Şekil 5. 2021 Aralık SPEI-12 tahmin ve gözlem kuraklık haritası

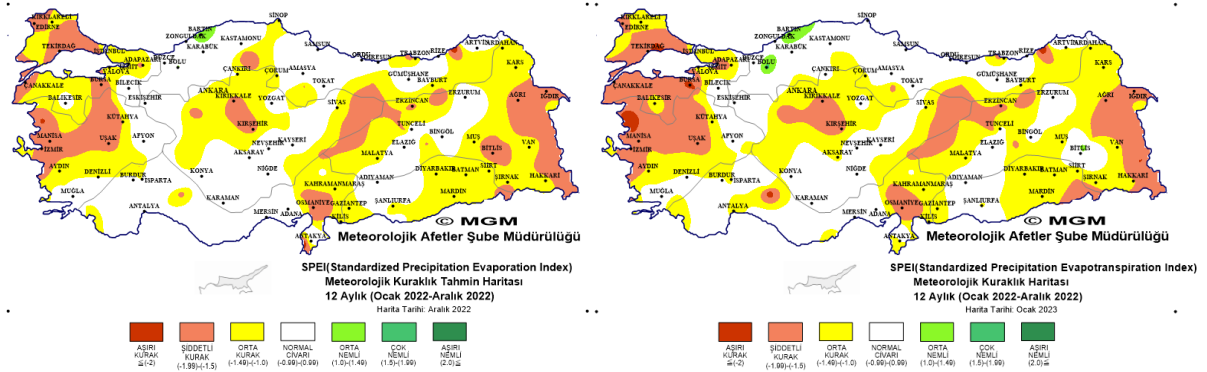
2021 yılı tahmin ve gözlem kuraklık olaylarının ortalama isabet oranı %77'dir. Aşırı kuraklık sınıfında tahminlerin isabet oranı %97 olup, POD değeri %91 ve FAR değeri %17'dir. Şiddetli kuraklık sınıfında tahminlerin doğruluk oranı %88'dir; POD değeri %82 ve FAR değeri %36'dır. Şiddetli kuraklık sınıfı fazla tahmin edilmiştir. Orta kuraklık sınıfında ise tahminlerin doğruluk oranı %87'dir; POD değeri %71 ve FAR değeri %24'tür (Tablo 6).

Tablo 6: 2021 yılı SPEI-12 tahmin kuraklık kategorilerinin doğrulama oranları

2021 / Aşırı Kurak					HIT 0.97	2021 / Şiddetli Kurak					HIT 0.88	2021 / Orta Kurak					HIT 0.87
Gözlem					FAR 0.17	Gözlem					FAR 0.36	Gözlem					FAR 0.24
Tahmin	İst.=190	Evete	Hayır	POD 0.91	Tahmin	İst.=190	Evete	Hayır	POD 0.82	Tahmin	İst.=190	Evete	Hayır	POD 0.71			
	Evete	20	4	TS 0.77		Evete	28	16	TS 0.56		Evete	35	11	TS 0.58			
	Hayır	2	164	BIAS 1.09		Hayır	6	140	BIAS 1.29		Hayır	14	130	BIAS 0.94			

2022 Yılı Yıllık SPEI-12 Tahmin ve Gözlem Kuraklık Haritalarının Analizi ve Doğrulaması

2022 yılı SPEI-12 tahmin kuraklık haritasında, Ege, Marmara, İç Anadolu'nun iç kesimleri, Doğu Karadeniz'in kıyı kesimleri, Doğu Anadolu'nun doğusu ve batısı, Güneydoğu Anadolu'nun doğusu, Gaziantep civarları ve Doğu Akdeniz'de değişen şiddetlerde meteorolojik kuraklık öngörülmüştür. Gözlem kuraklık haritasında ise, Ege ve Marmara bölgeleri ile Bitlis ve Seydişehir civarlarında öngörülen kuraklıklar şiddetini artırarak etkili olmuştur (Şekil 6).



Şekil 6. 2022 Aralık SPEI-12 tahmin ve gözlem kuraklık haritası

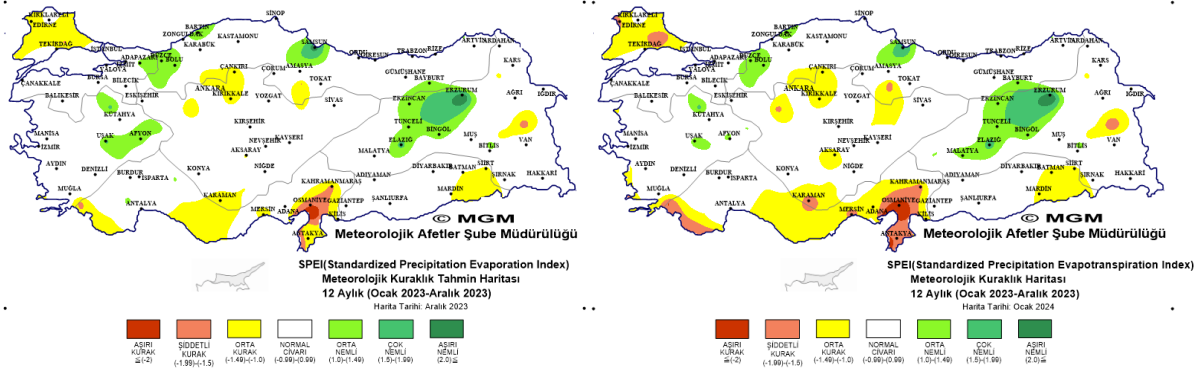
2022 yılı tahmin ve gözlem kuraklık olaylarının ortalama isabet oranı %78'dir. Aşırı kuraklık sınıfında tahminlerin isabet oranı %96 olup, aşırı kuraklık sınıfı eksik tahmin edilmiştir (BIAS < 1). POD değeri %44, tahmin edilip gerçekleşmeyen olayların oranı ise %33'tür. Şiddetli kuraklık sınıfında tahminlerin doğruluk oranı %89, POD değeri %79 ve FAR değeri %26'dır. Orta kuraklık sınıfında tahminlerin doğruluk oranı %83, POD değeri %67 ve FAR değeri %22'dir (Tablo 7). Tahmin edilen gözlemlenen olayların oranı en yüksek orta nemli ve normal sınıflarda görülmüştür.

Tablo 7: 2022 yılı SPEI-12 tahmin kuraklık kategorilerinin doğrulama oranları

2022 / Aşırı Kurak					HIT 0.96	2022 / Şiddetli Kurak					HIT 0.89	2022 / Orta Kurak					HIT 0.83
Gözlem					FAR 0.33	Gözlem					FAR 0.26	Gözlem					FAR 0.22
Tahmin	İst.=190	Evete	Hayır	POD 0.44	Tahmin	İst.=190	Evete	Hayır	POD 0.79	Tahmin	İst.=190	Evete	Hayır	POD 0.67			
	Evete	4	2	TS 0.36		Evete	34	12	TS 0.62		Evete	43	12	TS 0.57			
	Hayır	5	179	BIAS 0.67		Hayır	9	135	BIAS 1.07		Hayır	21	114	BIAS 0.86			

2023 Yılı Yıllık SPEI-12 Tahmin ve Gözlem Kuraklık Haritalarının Analizi ve Doğrulaması

2023 yılı SPEI-12 tahmin kuraklık haritasında, Doğu Akdeniz başta olmak üzere, Orta ve Batı Akdeniz'in kıyı kesimleri (Antalya civarları hariç), Trakya, Ankara, Kırıkkale, Karaman, Zile, Mardin, Siirt ve Van civarlarında değişen şiddetlerde meteorolojik kuraklıklar öngörülmüştür. Gözlem kuraklık haritasında ise, Antalya civarları hariç Akdeniz'in kıyı kesimleri, Trakya, Zile, Karaman ve Polatlı civarlarında değişen şiddetlerde meteorolojik kuraklık etkili olmuştur (Şekil 7).



Şekil 7. 2023 Aralık SPEI-12 tahmin ve gözlem kuraklık haritası

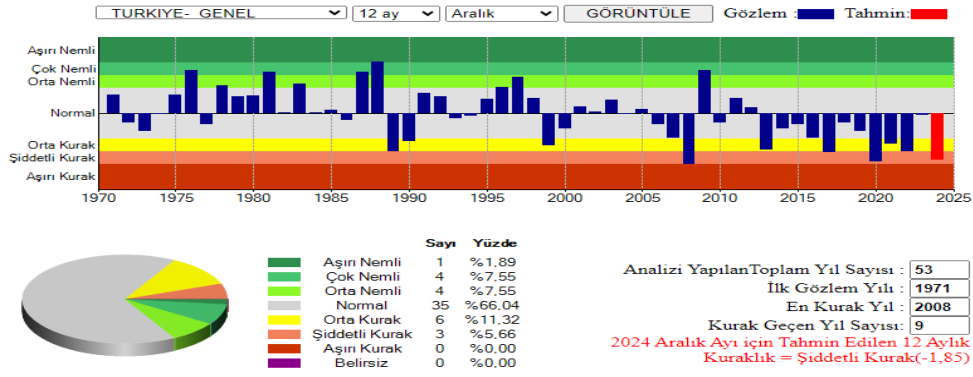
2023 yılı tahmin ve gözlem kuraklık olaylarının ortalama isabet oranı %83'tür. Aşırı kuraklık sınıfında tahminlerin isabet oranı %99 olup, POD değeri %75 ve FAR değeri sıfırdır. Şiddetli kuraklık sınıfında tahminlerin doğruluk oranı %95, POD değeri %36 ve FAR değeri %17'dir. Şiddetli kuraklık sınıfı eksik tahmin edilmiştir (BIAS <math>< 1</math>). Orta kuraklık sınıfında tahminlerin doğruluk oranı %88, POD değeri %48 ve FAR değeri %36'dır (Tablo 8). Normal ve nemli sınıflarda tahmin edilen gözlemlenen olayların oranı yüksek olmuştur.

Tablo 8: 2023 yılı SPEI-12 tahmin kuraklık kategorilerinin doğrulama oranları

		2023 / Aşırı Kurak		HIT 0.99			2023 / Şiddetli Kurak		HIT 0.95			2023 / Orta Kurak		HIT 0.88
		Gözlem		FAR 0.00			Gözlem		FAR 0.17			Gözlem		FAR 0.36
Tahmin	İst.=190	Evet	Hayır	POD 0.75	Tahmin	İst.=190	Evet	Hayır	POD 0.36	Tahmin	İst.=190	Evet	Hayır	POD 0.48
	Evet	3		TS 0.75		Evet	5	1	TS 0.33		Evet	14	8	TS 0.38
	Hayır	1	186	BIAS 0.75		Hayır	9	175	BIAS 0.43		Hayır	15	153	BIAS 0.76

Türkiye Geneli Yıllık SPEI Zamansal Değişimler

Türkiye genelinde SPEI-12 Aralık ayı yıllık zamansal değişimlerine bakıldığında; 6 yıl orta kurak, 3 yıl ise şiddetli kurak olmak üzere toplam 9 yıl (1989, 1990, 1999, 2008, 2013, 2017, 2020, 2021, 2022) kurak geçmiştir. En kurak yıl 2008'dir. Türkiye genelinde %66 normal, %17 kurak dönem ve %17 nemli dönem olarak geçmiştir (Şekil-8). 2005 yılından itibaren kuraklığın daha sık ve daha şiddetli seyrettiği görülmektedir.



Şekil 8. Türkiye Geneli SPEI-12 Aralık Ayı Zamansal Değişim

SONUÇLAR

Sonuç olarak, ülkemizde 2005 yılından itibaren kuraklığın daha sık ve daha şiddetli seyrettiği görülmektedir. Aralık ayı SPEI-12 tahmin ve gözlem kuraklık haritalarının ortalama isabet oranları sırasıyla şunlardır: 2018 yılı %81, 2019 yılı %78, 2020 yılı %63, 2021 yılı %77, 2022 yılı %78 ve 2023 yılı %83. Tahmin ve gözlem kuraklık haritaları hemen hemen benzer desenleri göstermektedir. En düşük tutarlılık 2020 yılında gerçekleşmiştir. 2020 yılında tahmin edilenden daha fazla kuraklık gözlemlenmiş ve en fazla yanlış alarm (FAR) şiddetli kuraklık ve orta kuraklık sınıflarında görülmüştür.

ECMWF'nin Türkiye için mevsimsel tahmin tutarlılığının düşük olmasının başlıca nedenleri arasında modelin 36 km grid çözünürlükte çalışması, 7 aylık uzun tahmin süresi, atmosferin karmaşıklığı ve değişkenliği, hava kütlelerinin hareketi, enlemsel etkiler, sıcaklık değişkenliği, uzun vadeli yağış tahminlerinin tutarlılığının düşük olması ve topografyanın detaylı olarak dikkate alınmaması yer almaktadır. Kullanılan doğrulama yöntemleri içerisinde FAR değeri, tahmin edilen olayların gerçekte gerçekleşmemiş kısmını göstermesi bakımından önemlidir; bu değer ne kadar düşükse, tahmin sisteminin güvenilirliği o derece yüksektir.

Kuraklık yavaş başlayan ve sinsi ilerleyen bir olaydır. Bu sebeple, diğer afetler gibi (sel-taşkın vb.) kısa vadede görülebilen etkiler yaratmadığından önemsenmemektedir. Ülkemizde kuraklık daha ziyade kriz odaklı yaklaşımlarla yönetilmektedir. Bu çalışma, kuraklıkla mücadele ve yönetiminde, kuraklık öncesi olası olumsuz etkilerin azaltımı ve kuraklık sonucunda ortaya çıkabilecek problemlere ilişkin gerekli tedbirlerin alınmasında erken uyarı sistemlerinin (izleme-tahmin) önemini vurgulamayı amaçlamaktadır.

REFERANSLAR

- Carrao, H., Naumann, G., Dutra, E., Lavaysse, C., Barbosa, P., "Seasonal Drought Forecasting for Latin America Using the ECMWF S4 Forecast System", Climate 2018, 6, 48
- Çamalan, G., ve Çetin, S. (2022). *Türkiye Kuraklık Projeksiyonları*. V. M. Coşkun, H. Doğan, H. Eroğlu (Ed.) Çevre ve Meteoroloji içinde (s. 97-137). Sonçağ Yayıncılık
- Çamalan G., 2022, *SPEI Yöntemi İle Türkiye Kuraklık Tahmini*, 11. Ulusal Hidroloji Kongresi, 13-15 Ekim, Gaziantep
- ECMWF-SEAS5 User Guide, 2021
- Svoboda M, Fuchs BA., *Handbook of Drought Indicators and Indices*. World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP), 2016: Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2. Geneva.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2023). *GAR Special Report: Measuring Resilience for the Sustainable Development Goals*. Geneva.
- Vicente-Serrano, Sergio M., Begueria, S., Lopez-Moreno, JuanI., 2010, *A Multi-Scalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index*

Web siteleri:

Web-1: https://files.emdat.be/reports/2023_EMDAT_report.pdf, 09 Ağustos 2024 tarihinde erişilmiştir.

Web-2: <https://www.drought.gov/sites/default/files/2024-04/NIDIS-2023-Annual-Report.pdf>, 09 Ağustos 2024 tarihinde erişilmiştir.

Web-3 : https://www.ecmwf.int/sites/default/files/medialibrary/2017-10/System5_guide.pdf, 09 Ağustos 2024 tarihinde erişilmiştir.

Web-4: <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/kitaplar/kuraklikprojeksiyon.pdf>, 09 Ağustos 2024 tarihinde erişilmiştir.

Web-5: https://www.cawcr.gov.au/projects/verification/Stanski_et_al/VerificationSWBPart2.pdf, 09 Ağustos 2024 tarihinde erişilmiştir.