

## Standart Yağış İndisi (SPI) ile Ege Bölgesinde Kuraklık Analizi

Gülay PAMUK<sup>1</sup> Mustafa ÖZGÜREL<sup>2</sup> Kıvanç TOPÇUOĞLU<sup>3</sup>

### Summary

#### Drought Analysis of Aegean Region by Standardized Precipitation Index (SPI)

Drought that has the greatest effect on human life and economy is the most significant natural hazard, and it develops under different meteorological and environmental conditions. Different drought monitoring indexes are used for determining the temporal and spatial specifications of droughts.

In this study, drought formations has been analyzed using a new method: Standardized Precipitation Index (SPI) with long-term precipitation data obtained from selected meteorological stations in Aegean Region.

**Key words:** Drought, standardized precipitation index (SPI), Aegean Region.

### Giriş

Genel anlamda kuraklık, bir değişkende belirli bir referans seviyesine göre görülen eksiklik olarak tanımlanmaktadır. Ancak bu kavram universal değildir, çeşitli araştırmacılar tarafından farklı şekillerde yorumlanabilir. Bir su biriktirme haznesi için talebin gelen ve mevcut sudan fazla olması yani talebin tam olarak karşılanamaması halinde kuraklık gözlenir (Şen, 1976). Kuraklık zamanda, alanda ya da her ikisinde su ihtiyacındaki eksiklik olarak tanımlanmaktadır. Su kaynaklarının plan, inşaat ve özellikle işletmelerinde ortalama olarak beklenebilecek kurak devrelerden çok daha uzun süreli kuraklıkların önceden objektif olarak belirlenmesi büyük önem taşır. Çünkü, kritik

---

<sup>1</sup> Dr., E.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Bornova-İzmir  
e-mail: pamuk@ziraat.ege.edu.tr

<sup>2</sup> Prof.Dr., E.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Bornova-İzmir

<sup>3</sup> İnş. Yüksek Müh., E.Ü. Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı, Bornova-İzmir

kuraklık adı verilecek maksimum kurak devrenin bir ülkenin ekonomik, politik ve sosyal durumu üzerine etkisi büyüktür. Önceden önlem alınabilmesi amacıyla kritik kurak devrelerin süre, şiddet ve etkisi altına aldığı bölgenin tahmin edilmesi gereklidir (Şen,1980; Sırdaş ve Şen,1999).

Kuraklığın başlangıç ve bitişinin belirsiz olması, kümülatif olarak artması, aynı anda birden fazla kaynağa etkisi ve ekonomik boyutunun yüksek olması onu diğer afetlerden ayıran en önemli özellikleridir (Kömüşçü ve ark. 2002). Kuraklık, diğer doğal afetlerden farklı olarak daha fazla insanı etkileyen ve en az anlaşılabilen felakettir.

Yağış alanda ve zamanda büyük değişimler gösterdiğinden birçok sistem için su varlığını etkileyen ana faktör durumundadır. Bu nedenle, birçok kuraklık indisi esas olarak yağış koşullarına dayanmaktadır. Kuraklığın saptanmasında kullanılan yağış koşulları; alınan yağışla merkezi eğilim ölçüleri (ortalama -medyan vb.) arasında bir karşılaştırma yapmayı, standart sapma değişim aralığı gibi dağılım ölçülerinin kullanımını, kurak - nemli dönemlerin karakteristiklerini ve çeşitli sistemlerin su ihtiyaçlarının bilinen hassas seviyeleriyle ilişkili bazı yağış sınırlarının kullanımını içermektedir (Sırdaş, 2002).

Standart Yağış İndisi (SPI), McKee ve arkadaşları (1993) tarafından kuraklığı tanımlamak ve izlemek amacıyla geliştirilmiştir. SPI, yağışın belirli bir zamanda ortalamadan çıkarılıp standart sapmaya bölünmesi ile elde edilen değerdir. SPI ile herhangi bir bölgede belirli bir zaman ölçeğinde kurak veya nemli olaylardaki anormallikler belirlenebilir.

Yalnızca yağış değerlerine bağlı olan ve kolay hesaplanan bir indis olan standart yağış indisi, sadece olasılıkla ilgilidir ve devam eden periyotta yağış eksikliğini hesaplamaktadır. SPI, normal dağılımdır. Böylece kurak dönemin yanı sıra nemli dönemlerde anılan yöntem ile izlenebilir. Yöntem, kar yığını, su biriktirme haznesi, akış, toprak nemi ve yeraltı suyu gibi değişkenler için hesaplanabilir ve normalleştirilmiş olduğundan kurak ve nemli periyotlar aynı yolla temsil edilebilir (McKee ve ark. 1993).

Pratikte SPI sonuçlarında, yağış serisinin normal dağılımına uyması gerekmektedir. Genellikle yağış serisi normal olmayan dağılıma sahiptir. SPI ortalama yağışın yüzdesi ve yağış eksiklerinin toplamı gibi geçerli şartların olasılığı hakkında bilgi vermektedir. Standart yağış indisinde kuraklık SPI'nın negatif ve -1.0 veya daha küçük değerlere ulaştığı durum olarak tanımlanır. Diğer bir deyişle,

kuraklık SPI'nin ilk önce sıfırın altına indiği zaman başlar ve tekrar pozitif olduğunda son bulur.

Bu çalışmada Standart Yağış İndisi yöntemiyle Ege bölgesinde kuraklığın irdelenmesi amaçlanmıştır.

### **Materyal ve Yöntem**

Standart yağış indisi (SPI) yöntemiyle Ege Bölgesinde kuraklık oluşumunun analiz edilebilmesi için bölgede yer alan istasyonlara ait aylık ortalama yağış miktarlarına gerek duyulmuştur. Bu amaçla bölgede yer alan istasyonların 1971-2001 dönemine ait yağış değerleri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Bölgede yer alan istasyonların seçiminde, yeri zaman içerisinde değişmemiş, yağış gözlemleri 30 yıl ve kesintisiz olanlar kullanılmıştır.

SPI, belirlenen zaman dilimi içinde yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir.

$$SPI = \frac{x_i - \bar{x}_i}{\sigma}$$

Gerçekte indisin hesaplanması yağışın 12 ay ve daha az periyotlarda normal dağılıma uymaması sebebiyle komplikedir ve bu yüzden yağış dizileri öncelikle normal dağılıma uygun hale getirilir. Sonuçta elde edilen SPI değerleri yağış eksikliği ile lineer olarak artan ve azalan bir eğilim gösterir. SPI değerlerinin normalize edilmesi sonucu seçilen zaman dilimi içerisinde hem kurak ve hem de nemli dönemler aynı şekilde temsil edilmiş olur. SPI değerleri dikkate alınarak yapılan bir kuraklık değerlendirmesinde indisin sürekli olarak negatif olduğu zaman periyodu “kurak dönem” olarak tanımlanır. İndisin sıfırın altına ilk düştüğü ay kuraklığın başlangıcı olarak kabul edilirken indisin pozitif değere yükseldiği ay kuraklığın bitimi olarak değerlendirilir (McKee ve ark. 1995). Bu yöntemle göre kurak ve nemli dönemlerin sınıflandırılması Çizelge 1'de gösterilmiştir (Anonim, 2003).

Çizelge 1. SPI Değerlerine İlişkin Sınıflandırma

SPI	Kuraklık Kategorisi
$2 \leq$	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

SPI değerlerinin hesaplanmasında; en az 30 yıllık sürekli periyoda sahip aylık yağış dizileri (m boyutunda) hazırlanır. Yağış eksikliğinin farklı su kaynaklarına etkisi dikkate alınarak indislerdeki değişimlerin gözleneceği 3, 6, 12, 24 ve 48 aylık (i) gibi farklı zaman dilimleri belirlenir. Bu zaman dilimleri yağıştaki eksikliğin kullanılabilir su kaynaklarına olan etkisinin ne kadar sürede hissedilebileceği gibi subjektif bir mantığa göre seçilmiştir. Örneğin herhangi bir ayda yağışta meydana gelen azalma toprak nemine hemen etki edebilirken, yeraltı sularının ve nehirlerin bundan etkilenmesi daha uzun süreli bir zaman dilimi içinde olur. Her zaman dilimindeki veri dizileri kayan bir özellikte olup o ayın indis değeri önceki (i) ayları değerlerine göre belirlenir. Daha sonra her veri setine Gama dağılımı uydurulur ve böylece gözlenmiş yağış olasılıkları tanımlanır.

Gama dağılımı klimatolojik zaman serilerine en uygun dağılımdır. Gama dağılımı, dağılım frekansı veya olasılık yoğunluk fonksiyonu ile tanımlanmaktadır (Thom, 1958).

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

$\alpha > 0$ ,  $\alpha$  şekil parametresi;  $\beta > 0$ ,  $\beta$  ölçek parametresi;  $x > 0$ ,  $x$  yağış miktarını ve  $\Gamma(\alpha)$  gama fonksiyonunu ifade eder. Yine  $\alpha$  ve  $\beta$ 'nin tahmininde maksimum olasılık çözümlerini kullanılır. Buna göre;

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad \text{ve} \quad \beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad \text{olarak tanımlanır.}$$

Bu eşitliklerde,

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

n: yağış gözlemlerinin sayısıdır. Eldeki mevcut verilerden elde edilen bu olasılık tanımlamaları daha sonra herhangi bir ayda gözlenmiş bir değer için kümülatif olasılığını bulmak için kullanılabilir. Bu durumda kümülatif olasılık dağılım fonksiyonu aşağıdaki şekilde tanımlanır.

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

Gama fonksiyonu  $x=0$  için tanımsızdır ve yağış dağılımı sıfır (0) değerler içerebilir; bu durumda kümülatif olasılık dağılımı aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$H(x) = q + (1 - q).G(x)$$

Yukarıdaki eşitlikte  $q$  sıfır değeri için olasılığı ifade eder. Eğer  $m$  herhangi bir yağış serisindeki sıfır (0) değerleri ifade etmek için kullanılırsa  $q=m/n$  olarak tanımlanabilir. Kümülatif olasılık değeri  $H(x)$ , ortalaması sıfır (0) ve bir (1) varyans değeri taşıyan, SPI değerini ifade eden standart normal rastgele değerli  $Z$  değişkenine dönüştürülür.  $H(x)$ , SPI'nin değeridir. Bu durum Panofsky and Brier (1958) tarafından tanımlanan formun dağılımının, bir değişim olarak yeni bir dağılıma dönüşümü için gerekli olan bir özelliktir. SPI değerlerinin normalize edilmesi ile o istasyona ait yağış dizilerinde hem zaman ve hem de alan bazında olan değişkenliklerin dikkate alınması sağlanmaktadır (McKee ve ark. 1993; Guttman, 1999; Kömüşçü ve ark. 2002).

### **Bulgular ve Tartışma**

Ege bölgesinde ele alınan istasyonlara ait aylık ortalama SPI serileri incelendiğinde, Kış dönemi ortalamalarının “orta derece kurak” sınırına yakın olmakla birlikte tüm aylık ortalama değerlerin “normal” sınırlar içerisinde yer aldığı görülmektedir (Çizelge 2).

Çizelge 2.Ege Bölgesinde Yer Alan Bazı İstasyonlar İçin Standart Yağış İndislerinin Dağılımı

İSTASYON	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	ORT.	MAX.	MİN.	ST.SAPMA	
DİKLİ	-0.83	-0.57	-0.27	0.41	0.63	0.08	-0.43	-0.42	-0.19	0.36	-0.45	-1.02	-0.23	0.63	-1.02	0.51	
AKHİSAR	-0.77	-0.61	-0.31	-0.10	0.46	0.71	0.35	0.25	0.28	0.36	-0.51	-1.32	-0.10	0.71	-1.32	0.61	
MANİSA	-0.80	-0.54	-0.26	0.13	0.54	0.40	0.17	-0.03	0.15	0.31	-0.44	-1.23	-0.13	0.54	-1.23	0.53	
UŞAK	-1.14	-1.22	-1.20	-1.02	-0.77	0.09	0.67	1.07	0.79	-0.41	-1.11	-1.60	-0.49	1.07	-1.60	0.91	
AFYON	-1.24	-1.27	-1.40	-1.64	-1.50	-0.97	-0.31	-0.04	-0.09	-1.14	-1.03	-1.61	-1.02	-0.04	-1.64	0.57	
İZMİR	-0.75	-0.44	-0.06	0.42	0.51	-0.18	-0.70	-0.68	-0.16	0.24	-0.36	-1.09	-0.27	0.51	-1.09	0.49	
KUŞADASI	-0.66	-0.38	-0.07	0.35	0.34	-0.79	-1.27	-1.27	-0.61	0.19	-0.31	-0.98	-0.45	0.35	-1.27	0.58	
AYDIN	-0.78	-0.65	-0.25	0.08	0.43	0.31	-0.19	-0.22	0.08	0.39	-0.27	-1.20	-0.19	0.43	-1.20	0.50	
DENİZLİ	-0.89	-1.04	-0.95	-0.58	-0.21	0.55	0.72	0.83	0.72	0.23	-0.67	-1.46	-0.23	0.83	-1.46	0.81	
MUĞLA	-1.04	-0.67	-0.07	0.44	0.53	0.34	-0.17	-0.18	-0.02	0.50	-0.24	-1.41	-0.17	0.53	-1.41	0.61	
KÜTAHYA	-1.34	-1.31	-1.38	-1.30	-1.13	-0.70	-0.02	0.16	0.01	-0.87	-1.18	-1.80	-0.90	0.16	-1.80	0.64	
BERGAMA	-0.87	-0.57	-0.27	0.02	0.42	0.65	0.28	0.17	0.19	0.33	-0.68	-1.15	-0.12	0.65	-1.15	0.57	
GEDİZ	-0.90	-0.93	-0.81	-0.66	-0.04	0.50	0.73	0.87	0.67	-0.41	-1.03	-1.47	-0.29	0.87	-1.47	0.81	
SALİHLİ	-0.81	-0.88	-0.92	-0.34	0.28	0.64	0.59	0.68	0.53	0.04	-0.64	-1.36	-0.18	0.68	-1.36	0.73	
ORTALAMA	-0.92	-0.79	-0.59	-0.27	0.03	0.12	0.03	0.09	0.17	0.01	-0.64	-1.33					
MAKSİMUM	-0.66	-0.38	-0.06	0.44	0.63	0.71	0.73	1.07	0.79	0.50	-0.24	-0.98					
MİNİMUM	-1.34	-1.31	-1.40	-1.64	-1.50	-0.97	-1.27	-1.27	-0.61	-1.14	-1.18	-1.80					
ST. SAPMA	0.20	0.31	0.50	0.68	0.69	0.57	0.59	0.64	0.40	0.51	0.33	0.24					
													ORT.	-0.33	0.56	-1.36	0.63

Çizelge 2' de görüldüğü gibi; bölgede yer alan istasyonların ortalama, maksimum, minimum ve standart sapma değerleri sırasıyla; (-0.33), (0.56), (-1.36) ve (0.63); standart yağış indisi değerlerinin aylık ortalama, maksimum, minimum ve standart sapma değerleri ise sırasıyla (-0.34), (0.21), (-1.28) ve (0.47) olarak bulunmuştur. Ege bölgesi aylık ortalama SPI değerlerinde Yaz mevsimi dahil olmak üzere kuraklık sınırında bir bulguya rastlanılmamıştır. Ancak istasyon bazında inceleme yapıldığında özellikle Temmuz ve Ağustos ayında normal seviyenin üzerinde kuraklık yaşandığı görülmektedir.

Eldeki mevcut verilerden elde edilen olasılık tanımlamaları daha sonra herhangi bir ayda gözlenmiş bir değer için kümülatif olasılığı bulmak için kullanılmaktadır. Elde edilen seri, gamma dağılımına uydurulması ile normalize edilmektedir. Bu anlamda SPI aynı zamanda kuraklığı istatistiki anlamda inceleme yöntemidir.

Çizelge 2, aylık ortalamalar ve istasyon bağlantısı dikkate alınarak incelendiğinde diğer bir ifade ile istasyonlara ait düzenlenmiş aylık ortalama seriler ile aylara göre düzenlenmiş istasyon serileri ele alındığında, serilere ait maksimumlarda gözle görülür bir fark ortaya çıkmaktadır. Bunun nedeni bazı istasyonların bölge özelliklerinden farklı olmasıdır. Anılan bölge Aralık ve Ocak aylarında standart sapmanın ötesinde, Şubat ayında ise sınırda bir değer almaktadır. Afyon istasyonu da, benzer şekilde, bölge için standart sapma aralığının dışında kalmaktadır.

İlgili çizelge genel olarak incelenirse, Ege Bölgesi ikliminin iki uç grubu olduğu görülmektedir. Bunlar Uşak, Afyon, Kütahya ve Gediz'in oluşturduğu İç Batı Anadolu Bölümü ile Kıyı Ege'yi oluşturan Dikili, İzmir, Kuşadası ve Muğla istasyonlarıdır. Bu iki grup arasında, yağış dönemi içerisinde Kıyı Ege kuşağı daha kurak, İç Batı Anadolu Bölümü daha nemli; Yaz döneminde ise İç Batı Anadolu Bölümü daha kurak, Kıyı Ege ise daha nemli bir profil çizmektedir. Bu durum istasyonların kendilerine ait normallerinden sapma miktarlarıyla ilişkilidir, SPI değerlerinin standart sapmalarının dışında kalmaları göz önüne alınarak ortaya konmuştur ve istasyonların birbirlerine göre durumlarını göstermektedir. Değerlendirme, SPI kriterleri göz önüne alınarak yapılacak olursa Ege Bölgesi özellikle yağışlı dönemden sonra "normal" sınırlar içerisinde bir kuraklık süreci yaşamakta ancak yağış döneminde İç Batı Anadolu Bölümü nemli bir süreç geçirmektedir. Ayrıca, Bergama, Salihli ve Manisa istasyonlarının hiçbir ekstrem değerinin standart sapma aralığı dışına çıkmadığı görülmektedir. Bu

yüzden Ege Bölgesi iklimine ait ortalama bir değerlendirme için bu istasyonlar ele alınabilir.

### Özet

Kuraklık canlı yaşam ve ekonomisi için en büyük etkiye sahip, farklı meteorolojik ve çevresel şartlar altında gelişen en önemli doğal afettir. Kuraklığın alansal ve zamansal özelliklerini saptamak amacıyla farklı kuraklık indisleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada kuraklık analizinde ve kuraklığın izlenmesinde yeni bir yöntem olarak sunulan Standart Yağış İndisi (SPI) yöntemi ile Ege Bölgesinde seçilen uzun süreli yağış ölçümlerine sahip meteoroloji istasyonlarının verileri kullanılarak, söz konusu bölge için kuraklık oluşumları analiz edilmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Kuraklık, standart yağış indisi, Ege Bölgesi

### Kaynaklar

- Anonim, 2003. <http://www.drought.unl.edu/monitor/spi.htm>.
- Guttman, N.B., 1999. Accepting the Standardized Precipitation Index: A Calculation Algorithm, Journal of the American Water Resources Association, Vol.35, No.2, pp.311-322.
- Kömüşçü, A.Ü., Erkan, A., Turgu, E., 2002. Normalleştirilmiş Yağış İndeksi Metodu ile Türkiye’de Kuraklık Oluşumunun Coğrafik Analizi, DMİ Genel Müdürlüğü Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı Yayını, Ankara.
- Mckee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J., 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales, 8<sup>th</sup> Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA, pp.179-184.
- Mckee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J., 1995. Drought Monitoring with Multiple Time Scales, January 15-20, 1995. American Meteorological Society, Proceeding of The 9<sup>th</sup> Conference on Applied Climatology, Boston, pp.233-236.
- Panofsky, H.A., Brier, G.W., 1958. Some Applications of Statistics to Meteorology, Pennsylvania State University Press, 244 pp.
- Sırdaş, S., 2002. Meteorolojik Kuraklık Modellemesi ve Türkiye Uygulamaları, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi), İstanbul.
- Sırdaş, S., Şen, Z., 1999. Standart Yağış İndisinin (SPI) Isparta için Uygulanması, X. Mühendislik Sempozyumu, 2-3 Haziran 1999, Isparta.
- Şen, Z., 1976. Yıllık Akış Serilerinin Kurak Devreleri, Sakarya D.M.M. Akademisi Dergisi No.2, İstanbul.
- Şen, Z., 1980. Critical Drought Analysis of Periodic-Stochastic Processes, Journal of Hydrology, No.46, pp. 251-263
- Thom, H.C.S., 1958. A Note on the Gamma Distribution, Monthly Weather Review, 86 (4): 117-122.